

E. LEIPP

LE VIOLON



DECEMBRE 1965 - N° 16

G A M

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

Paris, le 22 Décembre 1965

Adresse Postale :

9, Quai St Bernard - PARIS 5°

BULLETIN N° 16

1°) REUNION DU 15 DECEMBRE 1965

Etaient présents :

M. le Professeur SIESTRUNCK, Président
M. LIENARD secrétaire général; Melle CASTELLENGO, Secrétaire
M. GAUTHIER Vice Doyen de la Faculté des Sciences nous avait honoré de sa présence.

Puis, par ordre d'arrivée :

M. LEBOS (violoniste); M. CARCHEREUX (maître luthier);
M. VUILLEMIN; M. POUBLAN (médecin biologiste) et Madame POUBLAN;
M. RAVET (luthier); M. TRAN VAN KHE (ethnomusicologue); M. FREDERICK (Journaliste Scientifique); M. DUBUC (Ingénieur CNAM);
M. CARZOU (journaliste); M. Jean SCHMITT (luthier); M. ISOIR (organiste); M. MARCIE (INSERM) M. Alain LIENARD (Etudiant);
Mme CHARNASSE (CNRS); M. JUNCK (Dir. Ets Pierret); M. CONDAMINES (ORTF); M. REIBEL (GRM ; ORTF) ; M. DASSE (CNRS); M. FRANCOIS (Labo Ac. EDF); M. ACOULON (Dir. Ets THIBOUVILLE LAMY); Mme EOREL MAISONNY (orthophoniste) accompagnée de deux étudiants mexicains
M. FORET (ex Chef de la Garde Républicaine); M. BENEDETTI (Professeur de violon au Conservatoire de Paris); M. FRIEDERICH (guitarier); M. BASCHET (GRM. ORTF); Dr. CLAVIE (Dr en médecine);
M. ROSA (Ed. HERMANN); M. LAVAUD (photographe); M. BATAISSIER (SIERE); M. DEWEVRE (journaliste scientifique); M. SAINT-GUIRON (IBM); Melle Odile VIVIER (Musée de l'Homme Dep. Musique);
M. TOURTE (professeur au Conservatoire); M. GEORGEAIS (Prof. Lycée La Fontaine); M. DUPARCQ (Dir. REVUE MUSICALE); M. PERROT (Dr es Lettres) et Madame PERROT; M. SKROTZKY (ORTF); Mme FULIN (CNRS); M. CHAVASSE (CNET) M. J.S. LIENARD (ingénieur Arts et Métiers) et Mme J.S. LIENARD; M. VATELOT (luthier); M. TACONNE (luthier); M. MERTIN (luthier); Melle GIGNOUX (prof. de musique) Mme LEIPP.

Excusés : M. GALLOIS-MONTBRUN; M. CH. MAILLOT; M. BEAUGNIER; M. LEON; M. MILLANT; M. CAMURAT; M. CAPELLE; M. CHARPEINE; Mme HELFFER; M. MOLES; M. MAUGUIN; M. BUGARD; M. AGOSTINI; Dr VALLANCIEN; M. COCHEREAU; M. GILOTAUX; M. CANAC; M. LE ROY; M. A. MEYER; Mme de BOISSIEU; Mme Nelly CARON; Melle Edith WEBER; M. SANVOISIN; Mme Y. GRIMAUD; M. MALERNE; M. FAYBULLE; Melle Martine ROCHE.

2°) ATTENTION : La Faculté des Sciences nous demande de faire adresser le courrier 9 Quai Saint Bernard - Paris 5°

- 3°) REUNION DU 28 JANVIER 1966 : Nous rappelons que M. TOURTE nous fait un exposé sur les percussions.
- 4°) Le Laboratoire d'Acoustique vous présente ses Meilleurs Voeux pour l'Année 1966.

LE VIOLON

" Or les beautés et les gentillesses que l'on pratique dessus sont en si grand nombre que l'on le peut préférer à tous les autres instruments, car les coups de son archet sont parfois si ravissants, que l'on n'a point de plus grand mécontentement que d'en entendre la fin, particulièrement lorsqu'ils sont mêlés des tremblements et des flattements de la main gauche, qui contraignent les auditeurs de confesser que le violon est le roi des instruments. "

MERSENNE Harmonie Universelle, Livre IV°, 1636.

Le violon, comme tous les instruments de musique traditionnels, pose des problèmes nombreux et difficiles dont nous allons tenter de cerner rapidement les contours. Il est utile de préciser que ces questions nous sont bien familières pour avoir joué du violon pendant plus de 20 ans, appris le métier de luthier et celui de fileur de cordes harmoniques; D'autre part les recherches que nous avons faites sur l'acoustique de l'instrument ont abouti à une thèse en Sorbonne. Quoique la partie acoustique nous apparaisse actuellement comme la plus importante nous pensons qu'il convient aussi de résumer l'essentiel de nos résultats dans le domaine de l'historique de l'esthétique et de la facture de l'instrument.

I - HISTORIQUE

L'idée de frotter avec un archet une corde tendue sur un " résonateur " est vieille comme le monde, et dès l'origine la famille des cordes frottées comportait plusieurs branches collatérales. Celle du " violon " possède des caractères sonores et musicaux très particuliers, et instantanément reconnaissables sans ambiguïté à l'oreille.

.... /

Une vièle à roue n'est pas un violon parce que le timbre d'une corde excitée par une roue est différent de celui d'une corde excitée par un archet de crin. Une viole n'est pas un violon parce que les barrettes ou ligatures déterminent une façon de lier les notes ensemble, un " style " de jeu particulier. Un instrument à archet accordé par quarts et tierces n'est pas davantage un violon parce que les " résonances " des cordes voisines, les doubles-cordes, les arpèges etc... ne sont pas les mêmes. En bref le " violon " est défini par trois traits distinctifs :

- c'est un instrument à cordes frottées par un archet de crin
- il possède une touche lisse
- les cordes sont accordées par quintes successives.

On peut considérer le " ravanastron " hindou ou " vièle à deux cordes " comme l'ancêtre direct le plus lointain du violon. Cet instrument répond en effet aux conditions précitées; il fut inventé selon la légende plus de 5000 ans av.J.C... Il reste en usage en Chine et au Vietnam. Nous rappelons que M. TRAN VAN KHE nous a montré magistralement ce qu'on pouvait tirer d'un instrument d'apparence aussi rudimentaire... (bulletin G.A.M. n° 12, Juin 1965).

La " table " de cet instrument était en peau de serpent; elle est en bois dans le rebab arabe. Ce dernier instrument, probablement " importé " en Europe au moment des Croisades, devint le rebec dont l'usage se perpétue encore de nos jours en Yougoslavie et en Grèce.

Le rebec était un instrument populaire. A l'époque de la Renaissance Italienne, il coexistait avec des instruments " nobles "; luths et violes, dont la facture est plus raffinée.

Selon COUTAGNE (Gaspar DUFFOPRUGCAR et les luthiers lyonnais FISCHBACHER Paris 1893) le mot " violon " existait en France depuis le 14^e siècle au moins. En 1529 on trouve dans un registre de contribuables de Brescia le nom d'un certain d'ONEDA, facteur d'instruments qui " fa di violini ". La même année, les comptes de FRANÇOIS 1^o mentionnent le violon. Nous ne savons cependant rien de la forme et des dimensions exactes ni de l'accord de ces instruments; vraisemblablement il existait toute une famille d'instruments à cordes frottées désignée sous ce nom.

La première description précise de notre violon actuel se trouve dans le petit opuscule : " Epitome musical des tons, sons et accords des voix humaines, flutes allemandes, flutes à neuf trous, vièles et violons ", imprimé à Lyon en 1556. L'auteur PHILIBERT JAMBE DE FER, nous apprend que " le violon est fort contraire à la viole; premièrement il n'a que quatre cordes, lesquelles s'accordent à la quinte de l'une à l'autre... Il est en forme de corps plus petit et beaucoup plus rude en son; il n'a nulle taste (ligature)... au reste ne diffère en rien le français de l'italien quant au jeu."

...../

Notre violon actuel est-il le " français " ou l'italien " de Jambe de Fer ? Pour le savoir, nous avons recherché les unités métriques en usage à l'époque qui ont, d'après nos observations, servi de module pour tracer les moules. Ce module représente la distance entre le tasseau du haut et celui du bas (longueur interne de la caisse). Or pour l'unité française (pied de roi de 32,4 cm) on trouve une longueur extérieure de caisse de 35 cm environ, alors que le " demi-bras (la coudée) du nord de l'Italie (35,49 cm) on trouve une longueur de caisse de 38,5 cm.... Comme le violon actuel est voisin de 35 cm nous pensons que le modèle français s'est imposé en raison de sa plus grande maniabilité; on sait d'ailleurs que les premiers instruments des luthiers bresciens (da SALO, MAGGINI) étaient de grande taille.

En fait, un document iconographique de la plus haute importance confirme cette façon de voir : c'est le portrait célèbre du luthier lyonnais DUFFOPRUGGAR, daté de 1562. Parmi les instruments étalés devant le luthier on discerne parfaitement :

- un instrument qui répond à la description du " violon italien " espèce de petit alto dont la sonorité voilée correspondait assez à ce qu'on sait du goût de l'époque.
- un véritable violon, de petite taille, certainement plus " rude en son " (Jambe de Fer) mais qui devait être plus apprécié par les " professionnels " qui " en vivent par leur labeur, " en " dancerie, communément ", et qui de plus " était plus facile à porter, qui est chose fort nécessaire même en conduisant quelques noces ou mommerie " .

Tout semble donc bien clair. COUTAGNE, dans sa remarquable étude sur DUFFOPRUGGAR précise que dans les archives lyonnaises les mots " joueur de rebec, rebecquet... etc sont remplacés brusquement par le mot " violon " vers 1550. Tout porte donc à croire que notre violon actuel est le résultat d'une mutation brusque du rebec réalisée par quelque luthier habile ayant su faire une synthèse des avantages respectifs du rebec et de la viole, car le violon n'est rien d'autre qu'un rebec à caisse de viole... Quoiqu'il en soit, les magnifiques gravures de PRAETORIUS (1618) ne laissent subsister aucun doute : notre violon de 35 cm de longueur de caisse est connu dans toute l'Europe 50 ans après la mort de DUFFOPRUGGAR. Notons en passant que celui-ci était né en 1514 et André AMATI, le premier luthier italien fabriquant des violons de 35 cm, en 1535 seulement. Si on se rappelle que LYON était alors véritablement la " capitale des Gaules on admettra sans peine que DUFFOPRUGGAR fut véritablement le créateur du violon moderne.

II - ESTHETIQUE

Presque tous les instruments traditionnels concilient au mieux deux fonctions : celle de machine à fabriquer des sons et celle d'objet d'art.

L'aspect visuel d'un instrument dépend de sa couleur et de sa forme. Nous n'insisterons guère sur le premier point : tradition-

.... /

nellement la couleur des violons va du jaune au brun, en passant par toutes les nuances de rouge. On semble à l'origine avoir cherché à imiter les bois précieux car un violon " en blanc " n'est pas très joli à voir. La transparence d'un vernis dépend des rapports entre les indices de réfraction respectifs des résines, des solvants utilisés (s'ils ne sont volatils) et des colorants. L'aspect final de l'instrument dépend encore beaucoup des indices de réfraction des bois et des produits dont on l'enduit pour éviter les taches que causent des vernis colorés. Le " secret " de l'aspect particulier des vernis anciens peut se résumer en quelques mots : coloration des bois par vieillissement, préparation des surfaces, encollages, indices de réfraction des produits utilisés. Cette question a fait couler beaucoup d'encre, au début de ce siècle en particulier; on pourrait la reprendre actuellement avec beaucoup de chances de succès en utilisant les méthodes modernes d'analyse et de spectrographie optique. Nous ne pouvons insister ici.

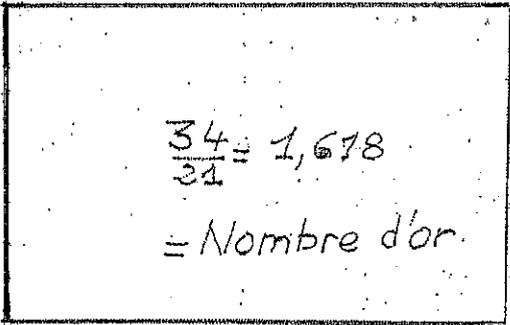
La forme d'un objet, par ailleurs, découle de ses dimensions. L'appréciation d'une forme résulte d'une série d'opérations mentales consistant à faire des rapports entre ces dimensions. Ce problème a préoccupé les architectes et les théoriciens de l'esthétique depuis la plus haute antiquité.

Prenons un exemple simple : celui des rectangles de FECHNER. Celui-ci proposait à des sujets de choisir, parmi une série de rectangles de proportions diverses, celui qui était le plus " beau ". Le rectangle choisi avait un rapport de $34/21$. Si nous effectuons

la division, nous trouvons 1,619 soit à un millième près le célèbre " nombre d'or " (1,618...). Les spéculations sur le nombre d'or sont restées longtemps quasi magiques; elles furent remises en honneur à la Renaissance et on sait que des artistes comme DÜRER et LEONARD DE VINCI s'en sont longuement préoccupés.

En fait, le nombre d'or n'a rien de mystérieux. Prenons un segment AB et découpons-le en deux segments irréguliers par un point C. Il existe un seul point C tel que le rapport entre le tout (AB) et la plus grande partie (AC) soit égal au rapport entre

la grande partie AC et la petite CB



$$\frac{AC}{AB} = \frac{AB}{BC} = 1,618$$

Ceci s'exprime par l'égalité de rapports (ou proportion) :

$AB/AC = AC/CB$ d'où on tire l'équation du second degré $AC^2 - AB \cdot CB = 0$.

Un calcul donne les deux racines $\frac{\sqrt{5 \pm 1}}{2}$

soit 1,618 et son inverse : 0,618

Du point de vue esthétique la signification du nombre d'or est simple; c'est le seul partage d'une droite tel que le tout et les parties soient reliés entre eux par un seul et même "module"; le nombre d'or.

Si le nombre d'or a été utilisé par des artisans, il ne pouvait être question de développements mathématiques. En fait, des manipulations arithmétiques ou géométriques très simples permettent d'obtenir très facilement le résultat désiré.

1°) La série de FIBONACCI. Posons une suite de nombres partant de 1 + 1 et telle que chaque nombre soit égal à la somme des deux précédents. On obtient :

1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 etc.

On vérifie que le rapport entre deux nombres successifs tend très rapidement vers le nombre d'or.

Exemple : 8 : 5 = 1,6 ; 13 : 8 = 1,62 (c'est déjà le nombre d'or à un centième près ...) etc. En passant on trouve le rectangle de FECHNER (neuvième terme).

2°) Méthode du triangle rectangle. On peut encore obtenir le nombre d'or par une construction géométrique très simple (fig.3). On trace un triangle rectangle dont les côtés sont 1 et 2 ;

$\frac{AE}{AC} = \frac{AC}{AG} = \frac{AG}{AH} \text{ etc} = 1,618$

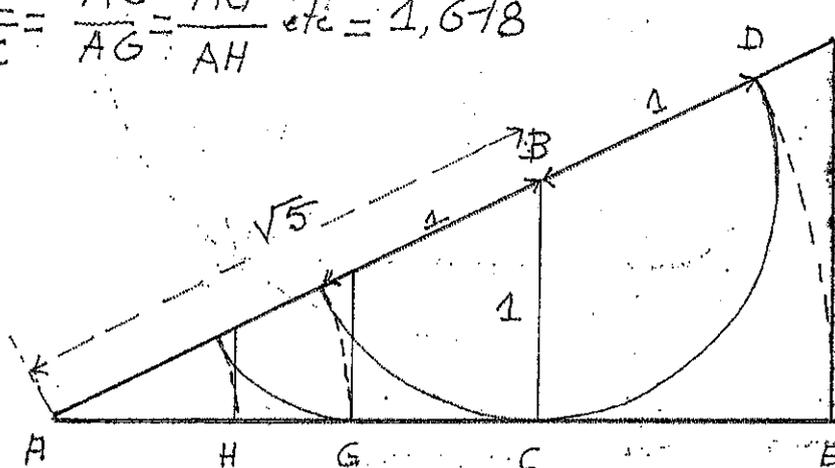


fig.3

L'hypothénuse est donc $\sqrt{5}$. On prolonge AB de l'unité (1) ce qui donne AD ($= \sqrt{5} + 1$) et on rabat AD sur AE. On aura ainsi $AE/AC = \frac{\sqrt{5} + 1}{2} = 1,618 \dots$

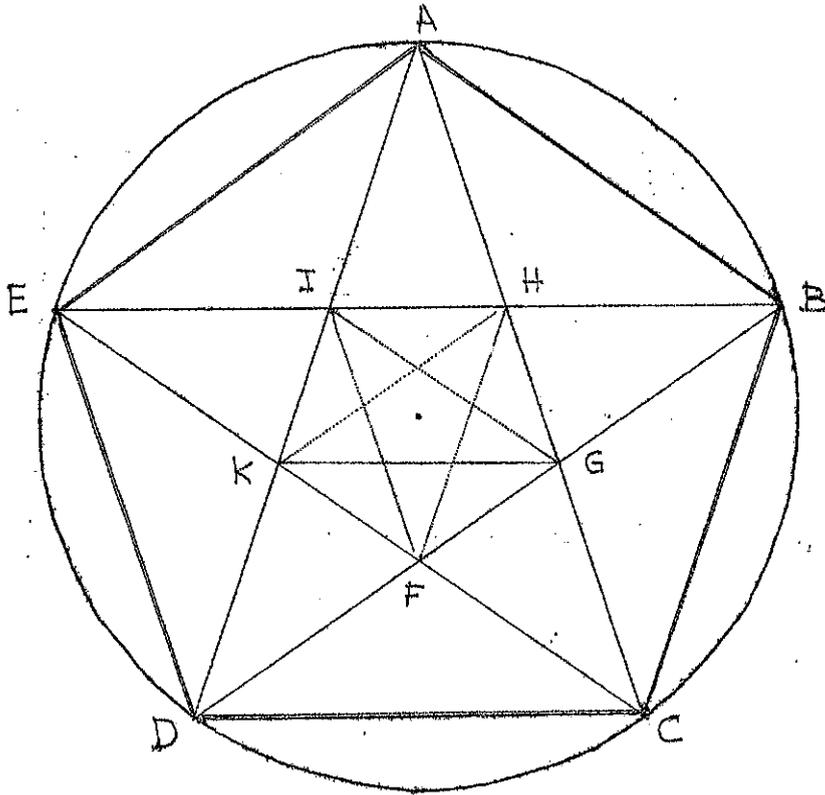
Il est de même possible d'enlever 1 de AB; ceci donne

$AF = \sqrt{5} - 1$. On rabat AF sur AC et on trouve $AG/AC = \frac{\sqrt{5}-1}{2} = 0,618$ (ou encore $AC/AG = 1,618$). On pourrait continuer à diviser AG en "section dorée" etc; on aboutit à une "série d'or" où tous les éléments sont reliés par le "thème" du nombre d'or.

Une forme architecturale ou autre réalisée à l'aide de tels éléments présente une "eurythmie" particulière, esthétiquement intéressante dans la mesure où on considère qu'une oeuvre visuelle doit présenter une "unité", où le tout et les parties sont reliés par un élément commun.

3°) Méthode des pentagones.

Une autre méthode géométrique pour obtenir une série d'or consiste à tracer un pentagone étoilé inscrit dans un pentagone convexe (Fig.4). On vérifie que le rapport entre le côté du pentagone étoilé et celui du pentagone convexe est rigoureusement égal au nombre d'or. Il en est de même, par similitude, pour les triangles AKG, AIH, etc ...



$$\frac{AD}{DC} = \frac{BE}{ED} = \frac{AK}{KG} = \frac{AI}{IH} \text{ etc } \dots = \text{NOMBRE D'OR} = 1,618 \dots /$$

Fig. 4

On peut d'ailleurs tracer à l'infini d'autres pentagrammes inscrits dans les premiers; tous les éléments de la figure seront reliés par le thème commun du nombre d'or.

4°) Le nombre d'or et le violon.

Quelle est la signification pratique de tels diagrammes pour le violon ? Nos recherches dans ce sens nous ont rapidement convaincu que la forme du violon n'était pas arbitraire... Voici des figures qui le montrent aisément.

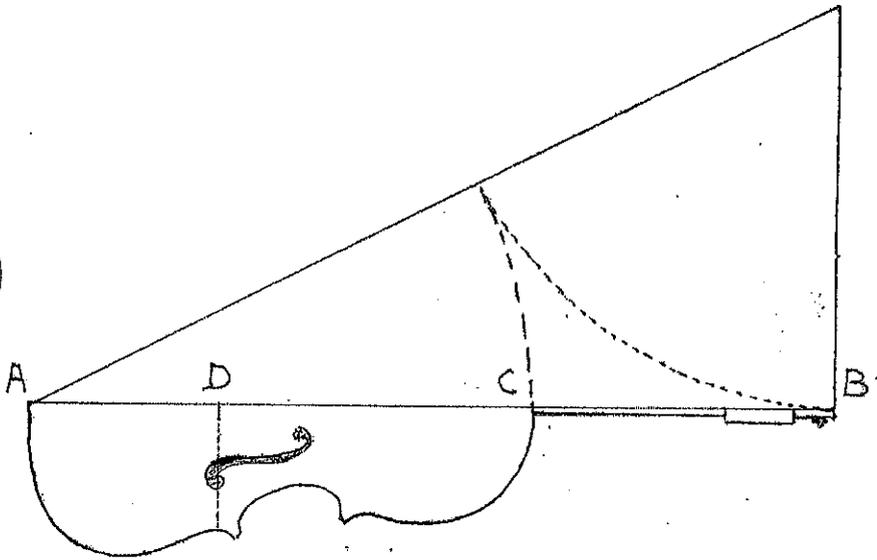
- C'est d'abord le rapport manche-caisse du violon (fig.5) ainsi que la situation des trous inférieurs des ouïes (dont le rôle est attesté par des dessins de luthiers de l'époque classiques)
- La tête et la volute s'encadrent parfaitement dans une construction en rectangle 2/1 (Fig.6). Chaque spire est liée à la précédente et à la suivante par le nombre d'or.
- Qu'en est-il de la caisse? Il suffit de tracer une série de cercles concentriques dont les diamètres sont dans le rapport du nombre d'or. Le module est le grand cercle dont le diamètre est égal à la moitié de la longueur totale de la caisse; des tangentes à ces cercles déterminent, par leurs intersections avec les cercles voisins les points remarquables de la forme (les quatre coins, la largeur du milieu, etc...)

Nous avons analysé ainsi de nombreuses oeuvres classiques; les coïncidences sont trop nombreuses pour être fortuites. Toutes ces choses étaient très bien connues à l'époque de la création du violon et ne supposent qu'une initiation à des manipulations géométriques simples. Nous avons dessiné nos modèles personnels à l'aide de telles manipulations plutôt que d'utiliser la technique "classique" de copie de modèles célèbres consistant à passer le crayon autour". Cette dernière pratique est usuelle mais stérile, alors que les procédés géométriques de traçage permettent d'imaginer des variantes, de "créer" autour d'un modèle-type

En résumé, notre tentative d'expliquer la forme du violon par le nombre d'or n'a rien que de raisonnable et les procédés de traçage que nous proposons s'inscrivent très bien dans les traditions techniques artisanales de la Renaissance. Divers indices confirment notre façon de penser; par exemple ces dessins anciens de violons comportant des cercles concentriques, reminiscences de traditions perdues et interprétées de façon erronée comme des "cercles d'épaisseurs" par divers auteurs depuis BAGATELLA.... Nous n'avons pu donner ici que les grandes lignes de nos résultats sur ce point. Nous renvoyons ceux que la question intéresse aux ouvrages spécialisés, en particulier ceux de MATILA C. GHYKA (GALLIMARD Paris 1931, actuellement réédité)

.... /

Fig 5



$$AB = 2 BY$$

$$\frac{AB}{AC} = \frac{AC}{CB} = \frac{DC}{AD} = 1,618$$

= Nombre d'or.

Fig. 6

$$\frac{FK}{KE} = \frac{EC}{KL} = \frac{FK}{ML}$$

= Nombre d'or

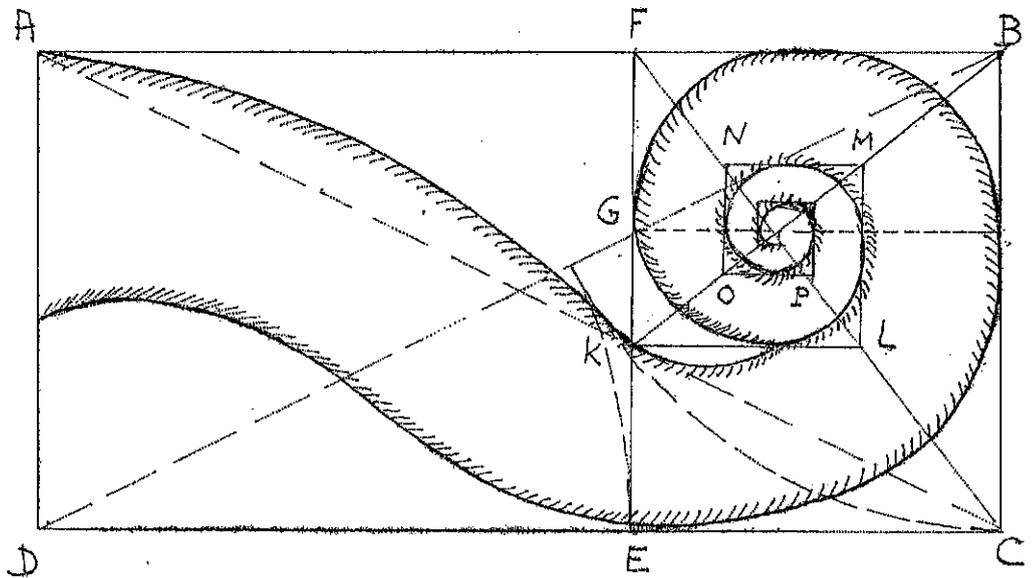
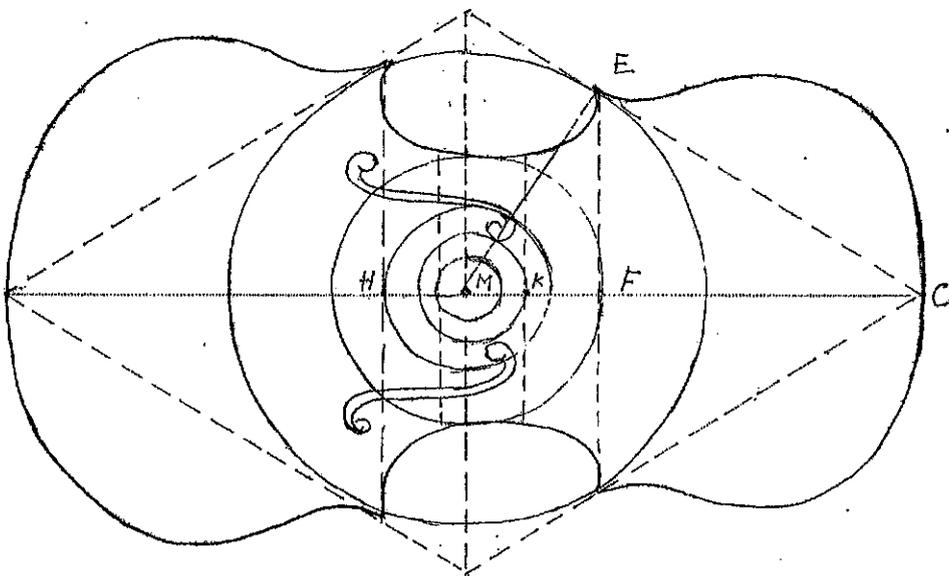


Fig. 7



$$\frac{ME}{MF} = \frac{MF}{MH} = \frac{MH}{MK}$$

= Nombre d'or

III - FACTURE DU VIOLON

Il nous est impossible d'entrer dans le détail de la fabrication de l'instrument, sur laquelle d'excellents ouvrages ont été écrits. Signalons tout particulièrement :

- TOLBECQUE : L'art du luthier chez Mercier NIORT 1903 (ouvrage malheureusement introuvable; TOLBECQUE était à la fois musicien et luthier).
- R. et M. MILLANT : Manuel pratique du luthier LAROUSSE Paris 1952
- MOCKEL-WINCKEL : Die Kunst des Geigenbaues chez VOIGT Berlin 1954

Nous voudrions cependant insister sur quelques points importants, relativement aux matériaux et à certains détails de facture.

MATERIAUX :

Le violon est généralement fait en épicéa (pour la table) et en érable (fond, éclisses, manche). Epicéa et érable sont des termes génériques comprenant de nombreuses variétés. Il importe de savoir que ces bois ont été choisis pour leurs propriétés mécaniques (résistance à la déformation en particulier), acoustiques (grande vitesse du son, modules élastiques élevés, faible densité etc...) et optiques (l'érable, en particulier, a souvent de belles ondulations chatoyantes).

Ces propriétés, pour une même espèce, varient encore selon la nature et l'orientation des terrains de croissance, l'altitude, le climat, le moment de la coupe etc... Elles varient aussi, pour un même tronc selon que l'échantillon est coupé près du sol ou près de la couronne, selon la génératrice du tronc que l'on choisit etc... En bref il n'existe pas deux morceaux de bois strictement identiques, même dans un tronc donné... Ce détail est important, car :

- ou bien on copie un modèle fixe de violon et alors le résultat sonore diffère chaque fois en fonction de nombreuses variables de chaque bois et selon l'association sapin-érable.
- ou bien on cherche à réaliser un optimum sonore défini; et alors on est obligé d'adapter chaque fois les éléments en cause les uns aux autres, en jouant sur les variables laissées au luthier (les épaisseurs, la forme des voûtes, etc...) Cela se fait en "lutherie d'art" dans la mesure où le luthier possède une expérience pratique : celle-ci est exclusivement empirique; mais il existe maintenant des méthodes de mesure permettant de définir avec précision les paramètres en cause, ainsi que des moyens de contrôle scientifiques applicables en cours de travail. Etant donné la complication des problèmes et le petit nombre de recherches faites en ce domaine, l'ère du violon scientifique n'est pas encore commencée, mais on peut envisager, dans la mesure où l'on se donnerait la peine de faire les recherches préalables, de construire les instruments de façon plus rationnelle et d'obtenir des résultats infini-

ment plus homogènes du point de vue rendement acoustique.

Il ne faut surtout pas se leurrer sur un éventuel remplacement des matériaux classiques par des produits synthétiques; de nombreuses personnes se sont laissé séduire par des idées simplistes de ce genre. Le violon s'est élaboré dans ses dimensions et sa forme en fonction des propriétés des bois utilisés, et essentiellement de leur anisotropie (dans un même morceau, les modules élastiques sont très différents selon le sens). Si l'on veut remplacer le matériau et obtenir des résultats similaires, il faut entièrement repenser la structure de l'instrument; la forme extérieure pourrait rester similaire. Il était prévisible, pour quelqu'un de bien informé, qu'un violon en plexiglass ou en laine de verre stratifiée ne pourrait avoir de rendement acoustique convenable comme on l'a naïvement imaginé. Le problème est cependant soluble. Un matériau synthétique aurait l'avantage énorme d'être toujours semblable à lui-même : difficulté majeure en facture traditionnelle qui est à la base du très faible pourcentage d'instruments réussis.

FACTURE :

On plie des planchettes minces d'érable (éclisses) autour d'un " moule ", planche de bois ayant la forme intérieure du violon. Le fond en érable, tiré de la masse à l'aide de gouges, de petits rabots à semelle bombée et de râcloirs est ensuite collé sur les éclisses pour former la " boîte ". La table est réalisé de la même façon; on y coupe des " ouïes ", et on y colle intérieurement, sous le pied gauche du chevalet, une règle de bois, la " barre ". Enfin la table ferme la " boîte ". Il ne reste qu'à enclaver le manche. Des filets incrustés enjolivent et consolident les bords. L'instrument " en blanc " est terminé. Nous avons trouvé que du point de vue statique, le schéma du violon (ainsi d'ailleurs que de l'alto et du violoncelle) pouvait être parfaitement justifié. La " tenue " dans le temps d'un violon dépend à la fois de la résistance à la déformation des matériaux utilisés, de la répartition des épaisseurs dans les tables, mais aussi de la forme des voûtes et de la disposition générale du système.

Pour les voûtes, les maitres luthiers de l'époque classique réalisaient statistiquement des courbures en " chaînette " forme mathématique bien connue et utilisées empiriquement dans de nombreux métiers. Un câble prend automatiquement cette forme lorsqu'il est fixé à ses deux extrémités sans être tendu.

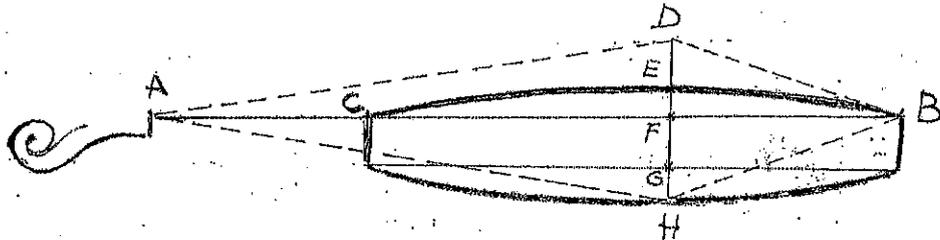
Pour les dispositions générales nous avons trouvé le schéma suivant (fig.8)

- La corde est AD (A est le haut du sillet du manche)
- Le point A est sur le prolongement du plan de la table (A,C,F,B sont sur une même droite)
- Si on additionne la hauteur du chevalet et la hauteur de voûte de la table, on trouve le même résultat qu'en additionnant la hauteur des éclisses et la hauteur de voûte du fond. On a donc un quadrilatère régulier ADBH qui détermine l'équilibre du système. Nous

...../

ne pouvons ici détailler davantage, mais il est évident que tout cela relève de problèmes de physique bien connus.

fig 8



$$DE + EF = FG + GH$$

L'instrument en blanc doit être verni, d'abord pour lui donner un aspect séduisant (le bois blanc n'est pas très joli et se salit vite...). Nous avons déjà signalé qu'il s'agissait de problème d'optique classique, c'est-à-dire d'indices de réfraction et d'état de la surface. Nous n'insistons pas davantage sauf pour signaler le rôle de l'oxydation du bois dans l'aspect final. TOLBECQUE a gratté des vernis anciens, les a redissous et a observé que le même vernis appliqué sur du bois neuf n'avait plus cette teinte chaude si appréciée des amateurs de patine, et qu'il est impossible d'imiter par teinture du bois neuf ou autres procédés. Pour ce qui est du rôle acoustique du vernis, nous y reviendrons plus loin.

Finalement le violon est monté de cordes; on y pose un chevalet en érable et on coince entre table et fond, un peu en arrière du pied droit une petite tige de sapin, l'âme, qui joue un rôle complexe et important en acoustique.

Le violon est terminé; on y colle l'étiquette du fabricant qui l'a fait (ou d'un autre plus illustre) et voilà l'instrument prêt à jouer son rôle essentiel de machine à fabriquer des sons.

IV - ACOUSTIQUE DU VIOLON

C'est un problème extrêmement compliqué où il faut distinguer deux parties essentielles : la " machine " elle-même en tant que générateur de signaux physiques, puis la perception et l'intégration de ces signaux par l'homme.

...../

A) FONCTIONNEMENT DU VIOLON.

Tout instrument de musique comprend un excitateur et une série plus ou moins complexe de résonateurs. L'excitateur d'un instrument à archet est constitué par le système archet-corde; le résonateur est l'ensemble de la caisse.

a) LES CORDES. Une corde frottée par un archet vibre de plusieurs manières dont aucune n'est indifférente du point de vue qui nous intéresse. Ce sont :

- La vibration transversale. Elle est bien connue. CHARRON a montré naguère qu'une corde excitée par un archet produisait une oscillation de relaxation en dents de scie (contenant donc une riche série d'harmoniques de tous rangs). La fréquence fondamentale est déterminée, aux corrections près, par la formule des cordes, soit

$$N = \frac{V}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}} \quad \text{ou } V \text{ est la vitesse du son dans le matériau}$$

L la longueur, T la tension totale
et m la masse linéique (poids en grammes d'un cm de corde par exemple).

- La vibration longitudinale. Une corde qui vibre transversalement s'allonge et se raccourcit périodiquement; on excite ainsi la vibration longitudinale dont la fréquence fondamentale (beaucoup plus aigüe que la transversale) est déterminée par la formule

$$N = \frac{V}{2L} \sqrt{\frac{E}{p}}$$

ou E est le module d'élasticité et p la densité.

- La vibration de torsion est plus grave que la vibration transversale. On montre facilement que sous l'effet du frottement par l'archet la corde vibre torsionnellement. La fréquence de ce mode est déterminée par la formule

$$N_t = \frac{V}{2L} \sqrt{\frac{G}{p}} \quad \text{ou } G \text{ est le module de rigidité}$$

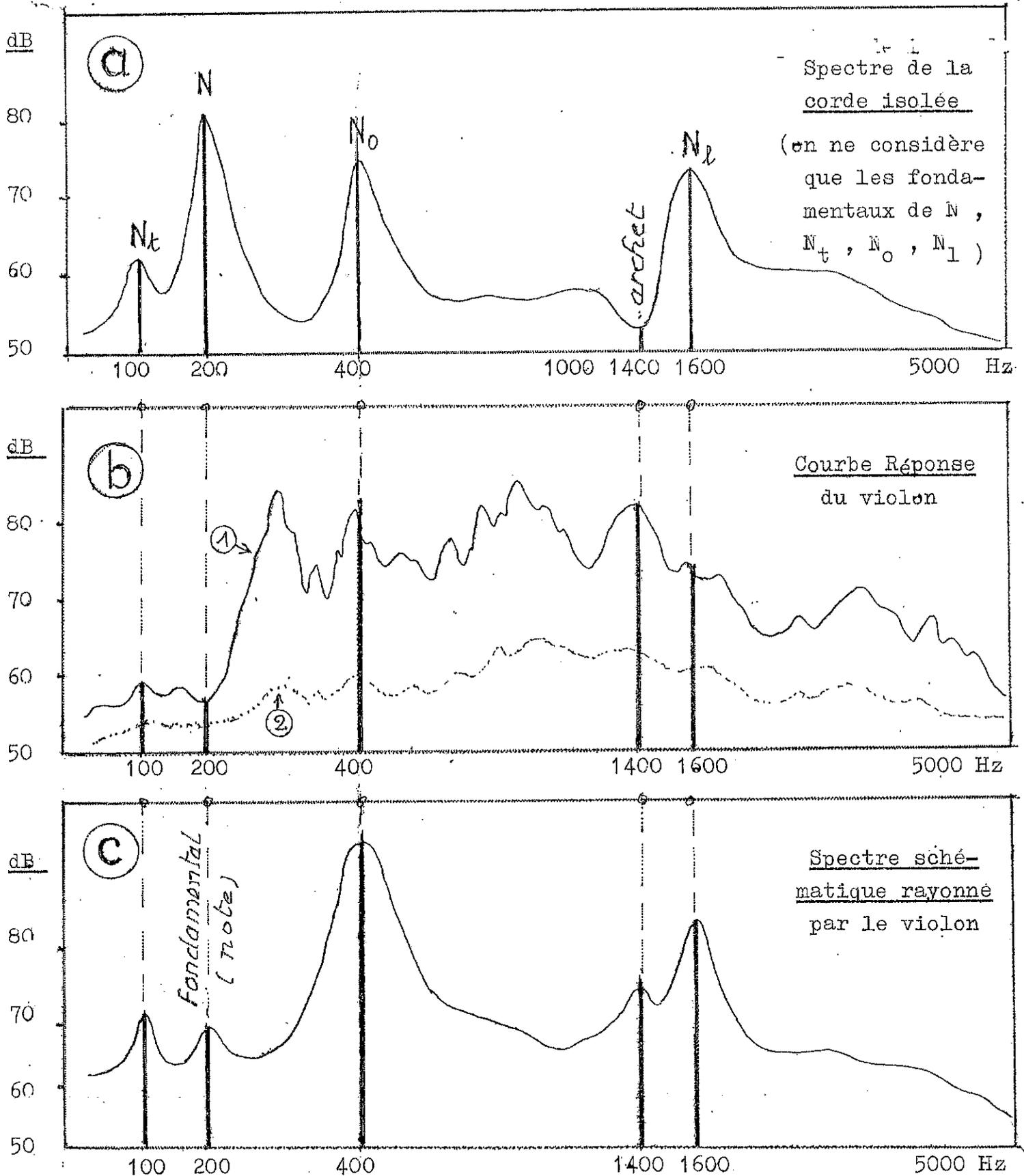
- La vibration d'octave. Le point de fixation de la corde est soumis à une traction périodique de fréquence double de la vibration transversale; il suffit de fixer une extrémité de la corde sur le centre d'une membrane pour entendre l'octave....

$$N_o = 2N$$

Ces quatre modes vibratoires sont bien entendu accompagnés de leur cortège d'harmoniques respectif. Portons pour simplifier, uniquement les fondamentaux dans un système de coordonnées ou les abscisses donnent les fréquences et les ordonnées les amplitudes relatives (fig. 9 a). Nous aurons alors le spectre schématique de la corde isolée. Prenons le cas d'un sol₂ de 200 Hz (fig. 9a). Il va sans dire que ce spectre varie selon les paramètres indiqués par les formules ci-dessus, c'est-à-dire selon les matériaux utilisés. On s'explique ainsi que des cordes de divers matériaux mais ayant même fondamental aient un " timbre " différent puisque E, G et p n'interviennent pas directement dans la formule de la vibration transversale.

..../

Fig. 9



FORMATION DU SPECTRE RAYONNE PAR LE VIOLON. Pour la clarté du dessin on ne porte pas les harmoniques respectifs de chaque mode vibratoire. Du fait de l'irrégularité de la courbe réponse, le spectre est différent pour chaque not.

Ce spectre est encore déformé par l'archet. On sait en effet qu'au point de contact de l'archet on crée un " ventre " de vitesse; l'harmonique qui a un noeud à ce point ne peut donc exister.... Autrement dit si on pose l'archet au $1/7^o$ de la corde on élimine l'harmonique 7 ! L'archet joue le rôle d'un filtre de réjection en électro-acoustique

Il va sans dire que tout cela est extrêmement simplifié et schématique, mais permet de se faire une idée du fonctionnement de la corde isolée et de son rendement acoustique.

B) LA CAISSE.

Elle est constituée par un certain nombre de parties couplées ensemble, et possédant chacune des propriétés particulières dues, comme pour les cordes, à ses dimensions, ses modules élastiques, ses modules de rigidité, sa densité et aussi son amortissement.

En frottant certaines de ces parties à l'aide d'un archet, on peut mettre en évidence les fréquences propres respectives; ce sont d'abord les cordes, leurs prolongements, le cordier, la touche, les chevilles, la tête, la table, le fond etc... On peut résumer tout cela en frappant aux points normaux d'excitation (chevalet et sillet) on entend alors un bruit complexe qui contient toutes les fréquences propres ci-dessus. L'analyse à l'aide de méthodes que nous avons mises au point donne la " courbe de réponse " du violon. Voici une représentation schématique de cette courbe pour un cas donné : (fig.9b)

On notera l'importance considérable de l'amortissement. Si les matériaux sont très amortis dans l'ensemble (ce qu'on peut obtenir expérimentalement en imbibant le violon d'huile fixe), la courbe de réponse devient beaucoup plus lisse (fig.9b); corrélativement elle baisse de niveau. Nous touchons ici directement au problème de vernissage sur lequel on a dit beaucoup de sottises. Selon encollage et vernis on modifie plus ou moins la densité des matériaux, leur hétérogénéité, leurs modules élastiques et de rigidité. Si le vernis sèche, tout cela change; s'il sèche très lentement, le changement est graduel dans le temps; s'il pénètre beaucoup et s'il est épais, la densité peut être modifiée de façon notable etc... Tout cela explique de façon raisonnable les innombrables expériences contradictoires sur le vernis où l'on ne tenait compte que d'un seul paramètre. Le mystère du vernis n'existe que dans la mesure de notre ignorance du problème.

- c) LE SON DU VIOLON . Il est tout simplement le résultat de la superposition du signal de l'excitation avec la courbe de réponse de l'instrument, compte tenu de la variable déterminée par la place de l'archet.

Reprenons le spectre schématique d'excitation (fig.9a) et la courbe de réponse (fig.9b) précédents et superposons-les. Nous observons que la vibration de torsion et la vibration transversale coïncident avec un " creux " de la courbe de réponse; leur amplitude dans le spectre rayonné sera donc faible (fig.9c). La vibration d'octave, par

contre, tombe sur une pointe de la courbe de réponse : cette vibration sera donc fortement amplifiée par résonance. Il en est de même pour la vibration longitudinale. L'archet d'autre part, avait provoqué un trou dans le spectre de la corde isolée; ce trou est compensé par une résonance importante de la courbe de réponse. Le mécanisme est donc clair; mais il ne faut se faire aucune illusion sur la simplicité des phénomènes réels. En effet, nous n'avons considéré que les fondamentaux des divers modes vibratoires, et les effets dus à l'archet sont beaucoup plus compliqués... Il était cependant important de montrer que la génération du " timbre " dans le violon n'a rien de mystérieux.

B) LA " SONORITE " DU VIOLON

Ce que nous venons de voir concerne le son " intrinsèque " et schématique du violon. Le mot " sonorité " implique l'introduction d'un auditeur portant un jugement de valeur sur ce qu'il entend. Or ce jugement dépend d'un grand nombre de variables, extérieures à l'instrument proprement dit, et dont nous avons tenté de montrer le rôle lors de la réunion du GAM en présentant diverses expériences; voici les conclusions que l'on peut en tirer :

1°) Le système auditif de l'auditeur.

L'auditeur normal porte un jugement qui est essentiellement lié aux caractéristiques de son " système auditif ". Celui-ci comprend d'abord l'oreille considérée du point de vue de son anatomie et de sa physiologie. L'oreille humaine est étudiée depuis fort longtemps; il existe maintenant des méthodes pour " relever " ses propriétés. On sait ainsi que d'un individu à l'autre les différences peuvent être énormes.

Nous considérons l'oreille comme un simple transducteur, un microphone. La nature n'a pas standardisé ces microphones; on trouve tous les cas de " courbes de réponse " possibles; tel individu perçoit 20 000 Hz, tel autre n'entend rien au-dessus de 5 000 Hz, tel autre ne possède qu'une toute petite " bande passante ". La plupart des personnes n'ont pas conscience des caractéristiques de leur oreille : elles sont nées ainsi et n'imaginent même pas qu'il puisse exister une autre façon de percevoir; de toute évidence la " bande passante " de l'oreille conditionne le jugement de façon extraordinaire. Un auditeur " sourd " au-dessus de 5 000 Hz donne sur un violon émettant beaucoup d'harmoniques entre 5 000 et 15 000 Hz un avis tout différent de celui qui possède une bande passante beaucoup plus large. De même il importe de signaler un fait susceptible d'expliquer les variations de goût avec l'âge chez un même individu. On sait très bien que l'oreille humaine évolue avec l'âge. La sensibilité aux fréquences aiguës diminue graduellement. Le fait d'être " sourd " au-dessus de 5 000 Hz n'empêche pas du tout d'écouter et d'apprécier de la musique puisque les " notes " extrêmes du piano s'arrêtent au voisinage de 4 000 Hz... Mais il est bien évident que les timbres sont perçus et jugés tout à fait autrement dans ces conditions.

Mais ce n'est pas tout. L'expérience montre que notre jugement est d'abord fonction du contenu de notre mémoire musicale (fonc-

...../

tion de l'environnement sonore auquel nous sommes conditionnés dès notre naissance). Pour juger, il faut des étalons de référence; or ceux-ci représentent précisément le contenu de notre mémoire.

En résumé, notre système auditif conditionne à peu près intégralement notre jugement de qualité sur un violon... mais pour un même auditeur ce jugement dépend encore d'autres variables. Voici quelques précisions à ce sujet :

2°) La salle.

Elle joue un rôle déterminant. Nous avons enregistré le même passage de violon dans une salle pratiquement dépourvue de réverbération, puis dans un local très réverbérant, et enfin dans un local moyen (bureau du laboratoire). L'audition successive de ces trois enregistrements est extrêmement éloquente; dans le premier cas, le jugement est très défavorable; l'instrument paraît sec et sans vie; on entend les bruits de frottement et le son paraît aigu. Dans le local très réverbérant par contre c'est le fouillis, avec deux ou trois "résonances" très perceptibles dues à la salle; les attaques paraissent imprécises; on a le sentiment que le violon ne "répond" pas sous l'archet et qu'on ne peut maîtriser le son. Dans le bureau, par contre, la "sonorité" est optimum à tous points de vue: on n'a manifestement pas l'impression qu'il s'agisse du même instrument. Les analyses que nous avons faites montrent effectivement des différences spectrales considérables.

Il faut ajouter une autre expérience de grand intérêt, que nous avons refaite avec le même instrument dans le local réverbérant précédent. On prend d'abord le son en disposant le microphone au voisinage immédiat de l'oreille (on enregistre ce qu'entend le violoniste), ensuite on place le microphone à la place normale où se trouvait l'auditeur. L'audition comparée successive des deux échantillons sonores montre une différence considérable; dans le premier cas, le son comporte juste la petite quantité de réverbération nécessaire pour le rendre séduisant; tout semble parfait. Mais de la place de l'auditeur on retrouve l'impression de fouillis, de "tonneau" de mauvaise qualité de l'instrument. Violoniste et auditeur n'entendent donc absolument pas la même chose. Or, le violoniste règle son jeu selon ce qu'il entend; il ne faut donc pas s'étonner des divergences entre les avis donnés par le violoniste et l'auditeur. Beaucoup de déceptions proviennent de la méconnaissance de ces faits: les caractéristiques acoustiques d'une salle et la situation de l'oreille de l'auditeur normal peuvent changer du tout au tout la "qualité" d'un même violon.

3°) Le violoniste.

Il est capable de "métamorphoser" un instrument - en bien ou en mal... Entrent en jeu son système auditif, son anatomie, son système nerveux, son entraînement, son conditionnement musical préalable qui détermine son style de jeu etc... L'expérience montre que le style est un élément important dans l'appréciation de la "sonorité" du violon. Il est donc indispensable, si on veut comparer deux instruments, de ne jouer que des gammes ou des formules dépouillées de

...../

signification musicale. C'est ce que nous avons fait; si on oublie ce " détail ", les résultats sont faussés.

4°) La forme de la caisse.

MERSENNE avait déjà signalé que la forme de la caisse d'un instrument ne joue qu'un rôle secondaire. Nous l'avons montré en jouant, à l'abri de la vue et de la suggestion, un violon trapézoïdal fabriqué par SAVART en 1818. SAVART se passionnait pour les instruments de musique; il fut le premier expérimentateur sérieux en lutherie. Il construisit des violons en forme de trapèze, à tables plates; la barre était collée au milieu de l'instrument. Il écrivit un long mémoire sur cette question et soumit l'instrument à l'appréciation auditive de l'ACADEMIE DES SCIENCES ET DES BEAUX ARTS réunies (1819); parmi les membres du jury se trouvaient BIOT, CHERUBINI etc... Ce violon fut jugé tout à fait comparable au violon classique que jouait normalement le violoniste professionnel sollicité pour faire l'expérience. L'expérience, que nous avons renouvelée, a confirmé le jugement du jury; elle est intéressante parce qu'elle justifie l'opinion de MERSENNE.

5°) Le vernis.

On a répandu, depuis un siècle, d'innombrables légendes sur ce sujet. Nous avons joué, à l'abri de la vue, un violon en blanc; à l'audition personne ne soupçonnait qu'il ne fut pas verni.... Nous avons en cours au laboratoire, une étude systématique sur cette question; enregistrements et analyses seront faites au cours des opérations de vernissage et nous publierons nos résultats en temps voulu. Le vernis est susceptible de modifier, dans certaines conditions, l'amortissement du système et d'agir, par conséquent, sur la régularité de la courbe de réponse. Nous avons dans ce domaine une assez large expérience pratique et les moyens d'analyse dont nous disposons actuellement nous permettront de traiter ce problème de façon un peu plus raisonnable qu'on ne l'a fait jusqu'alors.

6°) Détails de facture.

Pour montrer l'importance de certains détails de facture, nous avons utilisé une simple pince à linge, fixée de façon diverses sur le chevalet latéralement ou verticalement. Chacun peut aisément vérifier que le timbre et le volume sonore changent à l'infini; on peut imiter toutes les " sonorités " que l'on veut, entre le sourd, l'éclatant, le nasillard etc... Le réglage du chevalet et de l'âme jouent donc un rôle considérable dans le violon.

7°) Les cordes.

Nous avons monté successivement le même violon avec un ré boy et un ré filé aluminium; la différence est extraordinaire; on voit combien les progrès en filage de cordes ont modifié la sonorité du violon depuis son origine.

...../

8°) On pourrait citer d'autres facteurs importants, par exemple l'humidité, le froid etc... Il faudrait tout un chapitre pour parler du rôle de la suggestion en perception, problème bien connu des psychologues, qui nous préoccupe et dont les effets sont d'importance capitale dans l'appréciation de la " sonorité " d'un violon; il faudrait encore parler des incidences commerciales souvent déterminantes, et la liste ne serait pas close...

VI - CONCLUSIONS

Après quelques incursions dans le domaine de l'histoire de l'esthétique et de la facture, nous avons essayé de montrer ce qu'était un violon considéré objectivement comme machine à fabriquer des sons musicaux. Nous avons insisté sur l'extrême complexité des phénomènes physiques et psycho-physiologiques en cause. Il est impossible par conséquent de définir la " sonorité " d'un violon à l'aide d'un chiffre unique, comme on a tenté de le faire lors des nombreux concours de sonorité de violons qui ont eu lieu à Paris dès 1909. Les organisateurs espéraient trancher la " querelle des anciens et des modernes "; chaque fois des instruments modernes furent victorieux. Faits à l'abri de la vue et de la suggestion, ces concours mirent en évidence la complexité du problème et firent justice d'un certain nombre de légendes et de préjugés. On pourrait reprendre actuellement ces expériences dans de bien meilleures conditions, car entre temps l'acoustique et l'audition ont fait de grands progrès; de plus nous disposons maintenant de méthodes et d'appareillage qui nous permettent de baser nos avis sur des documents objectifs. Nous avons prévu des recherches dans ce sens au laboratoire. La métaphysique et le romantisme dont on a entouré le violon n'y trouveront pas leur compte, mais la facture pourrait certainement en tirer d'utiles conclusions.

o
o o

NOTA : Ceux que le violon intéresse trouveront de nombreux compléments dans l'ouvrage qui vient de paraître aux Ed. HERMANN, " LE VIOLON " par E. LEIPP, 1965.