T 03,62
1973/02

# THÈSE

présentée à

## L'UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE DE GRENOBLE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR ÈS-SCIENCES PHYSIQUES

par

**Pierre ESCUDIER**

DEUXIÈME SUJET

# Le violon de Savart

---

Soutenue le 20 Décembre 1973 devant la Commission d'Examen

| | |
|---|---|
| M. L. NÉEL | Président |
| M. G. AUBERT<br>M. J.C. BARBIER<br>M. F. GAUTHIER<br>M. R. LEMAIRE | Examinateurs |

GRENOBLE

Je dois l'originalité de ce second sujet de thèse à Monsieur le Professeur AUBERT. J'ai ainsi appris, en survolant le problème physique du violon, à mieux comprendre ce qui m'est cher.

Je tiens à remercier particulièrement Madame JOLIBERT, professeur au Conservatoire Régional de Musique de Grenoble, et Monsieur TEIXEIRA pour la compétence et la gentillesse avec lesquelles ils m'ont donné conseil.

Monsieur LEIPP et Mademoiselle CASTELLENGO m'ont aimablement prêté les bandes enregistrées permettant la comparaison entre le Savart et le Stradivarius. Je les en remercie vivement.

C'est à Messieurs VERGNE, BERTHIER et COTILLARD que je dois les analyses spectrales faites par autocorrélation. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Enfin, je remercie beaucoup Monsieur MAURIN, des établissements Hi-Fi Maurin, et Monsieur MAEDER qui ont respectivement bien voulu prêter leur meilleur matériel et me faire bénéficier de leur assistance technique.

SOMMAIRE

*Introduction* 1

*1 - Le violon classique* 3

1 - 1 Description 3

1 - 1 - 1 Description du système excitateur 3

1 - 1 - 2 Description du corps sonore 3

1 - 2 Fonctionnement 5

1 - 2 - 1 Fonctionnement de l'excitateur 5

1 - 2 - 1 - 1 Les quatre modes vibratoires de la corde 5

1 - 2 - 1 - 1.1 La vibration transversale 5

1 - 2 - 1 - 1.2 La vibration longitudinale 7

1 - 2 - 1 - 1.3 La vibration de torsion 7

1 - 2 - 1 - 1.4 La vibration d'octave 8

1 - 2 - 1 - 2 Les autres paramètres du spectre de la corde 8

1 - 2 - 2 Fonctionnement du corps sonore 9

1 - 2 - 2 - 1 Statique du violon 9

1 - 2 - 2 - 2 Dynamique du violon 13

1 - 2 - 2 - 2.1 Recherche du rendement maximum 13

1 - 2 - 2 - 2.2 Ce qu'impose l'oreille au violon 14

1 - 3 Courbe de réponse du corps sonore 17

1 - 4 Notion de timbre 20

1 - 4 - 1 Timbre harmonique 20

1 - 4 - 2 Timbre dynamique 20

*2 - Le violon de Savart* 20

2 - 1 Les voûtes 20

2 - 1 - 1 Point de vue statique 22

2 - 1 - 2 Point de vue acoustique 22

2 - 2 La place de la barre et le problème de la symétrie en lutherie 23

2 - 3 Le problème des ouies 23

3 - *Un peu d'histoire* 24

4 - *Nos expériences comparées d'un Stradivarius et d'un Savart* 26

*Conclusion* 30

# *INTRODUCTION*

Universellement connu, considéré comme le plus parfait des instruments à archet, le violon est le résultat d'une longue évolution empirique.

Son origine très obscure met aux prises deux écoles.

La première regroupe les partisans du système oriental qui cherche l'origine du violon en Inde, berceau du premier instrument à archet dont le prototype serait le ravanastron, né il y a plus de cinq mille ans. Cet instrument serait apparu en Europe au moment des croisades.

La seconde regroupe les partisans du système scandinave qui pensent que l'existence des instruments à archet est antérieure aux croisades. Le prototype serait le crouth trithant dont on trouve trace dans un poème du VI ème siècle.

Malgré l'imprécision quant à son origine, le violon entre enfin dans l'histoire en 1556 grâce au lyonnais Philibert Jambe de Fer donnant une description précise de l'instrument. Un luthier contemporain de Jambe de Fer, Duiffoprugcar établit l'usage du violon actuel avec ses dimensions.

Les grands luthiers classiques de l'école de Crémone, Amati puis ses deux élèves Guarnérius et Stradivarius n'ont que légèrement modifié la forme du violon. Ils se sont distingués surtout par leur technique de fabrication et par la qualité des bois employés.

Depuis, de nombreuses tentatives de perfectionnement du violon ont eu lieu. On peut citer Savart, Chanot (violon guitare, sans coin avec volute renversée), Sureau (tables ondulées et violon à trois tables), Tolbecque (ouies dans les éclisses) et Tarle (amplification électronique des graves).

Les tentatives pour établir une véritable physique des instruments de musique restent toujours très limitées. Les premières recherches sérieuses sur les instruments à cordes datent du début du XIXème siècle. A cette époque Savart avait fait une étude expérimentale du violon et réalisé un violon nouveau, trapézoïdal, populaire en lutherie. Ses observations, consignées dans un mémoire, furent présentées à l'Académie des Sciences puis à l'Académie des Sciences et des Beaux Arts réunies

le 31 Mai 1819. Le rapporteur Biot rédigea les conclusions (cf § 3).

Les physiciens ne se sont jamais beaucoup intéressés aux instruments de musique, c'est en partie parce que Savart innova dans ce domaine que son expérience est intéressante.

# 1 - LE VIOLON CLASSIQUE

On ne peut parler d'une modification sans parler au préalable de l'objet auquel elle se rapporte ; c'est pourquoi nous commencerons par un bref rappel des éléments constituant le violon d'une part et de son fonctionnement d'autre part.

Comme de nombreux instruments il comprend un système excitateur et un corps sonore.

## 1 - 1 Description (figure 1)

### 1 - 1 - 1 Description du système excitateur

Il est composé de quatre cordes. Ces dernières attaquées par un archet produisent des oscillations de relaxation riches en harmoniques. L'accord se fait par quintes successives: sol, ré, la, mi, correspondant respectivement aux fréquences 196, 293, 440 et 660 Hz environ.

La monture classique d'un violon est la suivante:

| | |
|---|---|
| corde de sol:: | boyau filé en argent |
| corde de ré : la : | boyau filé en aluminium |
| corde de mi : | acier de 25/100 de mm |

La tension totale des quatre cordes est de l'ordre de 20 kg.

### 1 - 1 - 2 Description du corps sonore

Il comprend:

- le manche: rapporté à la caisse à l'une de ses extrémités, il porte le chevillier à l'autre extrémité. Il est en érable. Les chevilles assurant la tension des cordes sont en buis, palissandre,ou ébène. Enfin le manche porte la touche en ébène.

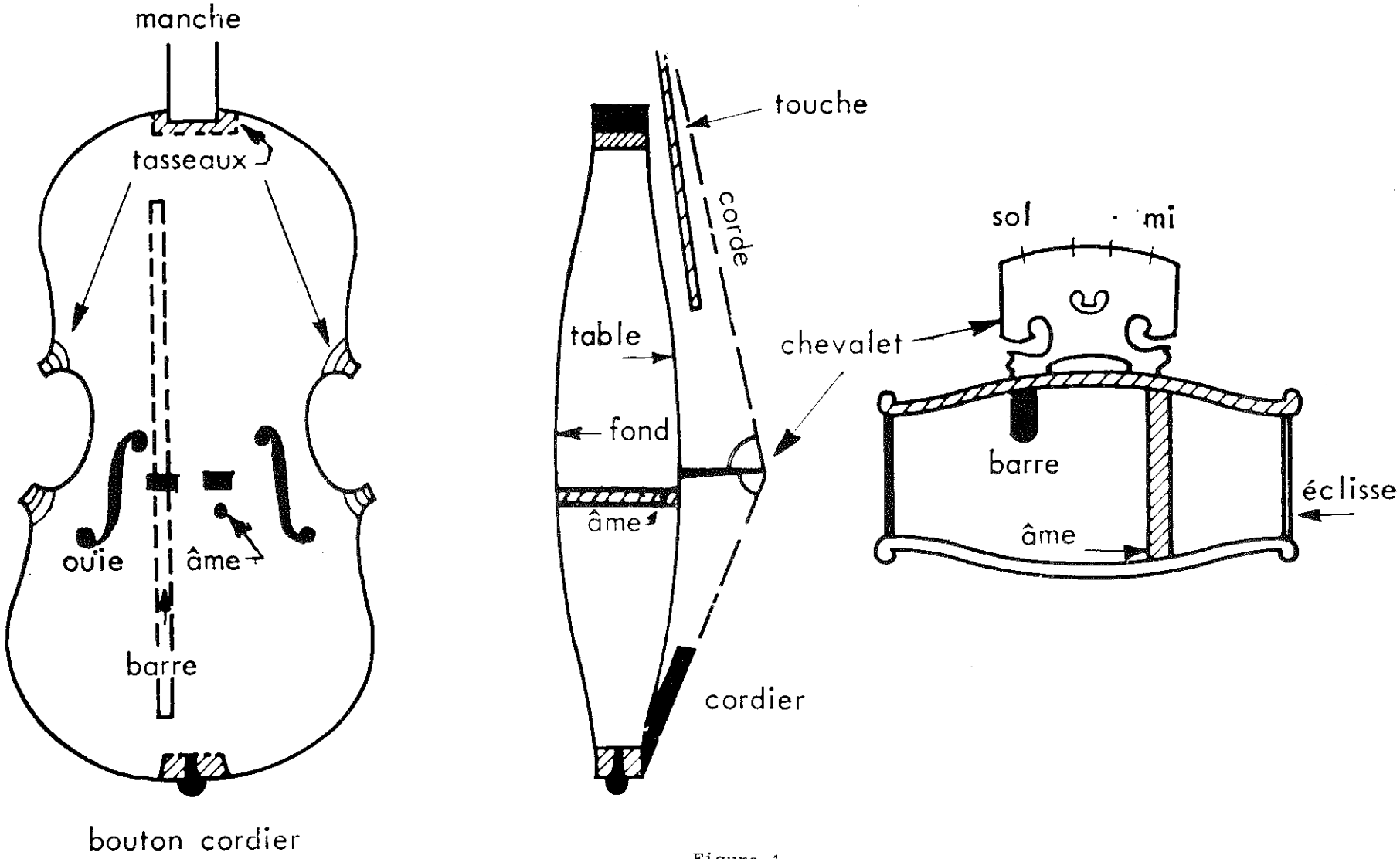



Figure 1

Réf. [2]

- la table: Elle est bombée, sa flèche (hauteur de vôûte) varie de 14 à 20 mm selon l'instrument. Les luthiers la réalisent en épicéa pour les trois raisons suivantes:

  . grand module d'élasticité

  . grande résistance à la déformation permanente

  . plie beaucoup plus facilement dans le sens transversal aux fibres que dans le sens longitudinal (cf § 1 - 2 - 2 - 2.2)

Son épaisseur est de 1,5 à 3 mm.

A 15 mm de l'axe longitudinal de la table, sous le pied gauche du chevalet on colle la barre:règle de sapin de 4 à 5 mm d'épaisseur dont la largeur décroît du milieu (15 mm environ) jusqu'aux extrémités et dont la longueur est d'environ 27 cm.

- le fond: Il a pratiquement la même forme que la table. C'est l'érable qui fournit le matériau (résistance à la déformation, module d'élasticité, critère esthétique). Son épaisseur varie de 4 à 2 mm.

- les éclisses assurent la liaison entre la table et le fond. Ce sont de minces planchettes d'érable (1 mm).

- reliant la table et le fond, l'âme, petit cylindre d'épicéa.

- enfin, les cordes tendues entre le chevillier et le cordier reposent sur un chevalet maintenu au contact de la table par la seule tension des cordes.

## 1 - 2 *Fonctionnement*

### 1 - 2 - 1 Fonctionnement de l'excitateur

#### 1 - 2 - 1 - 1 Les quatre modes vibratoires de la corde

##### 1 - 2 - 1 - 1.1 La vibration transversale (figure 2a)

Cette vibration observée à l'oeil nu et liée à certaines grandeurs physiques de la corde a une fréquence transversale fondamentale $f_t$ donnée par la loi des cordes vibrantes de Taylor:

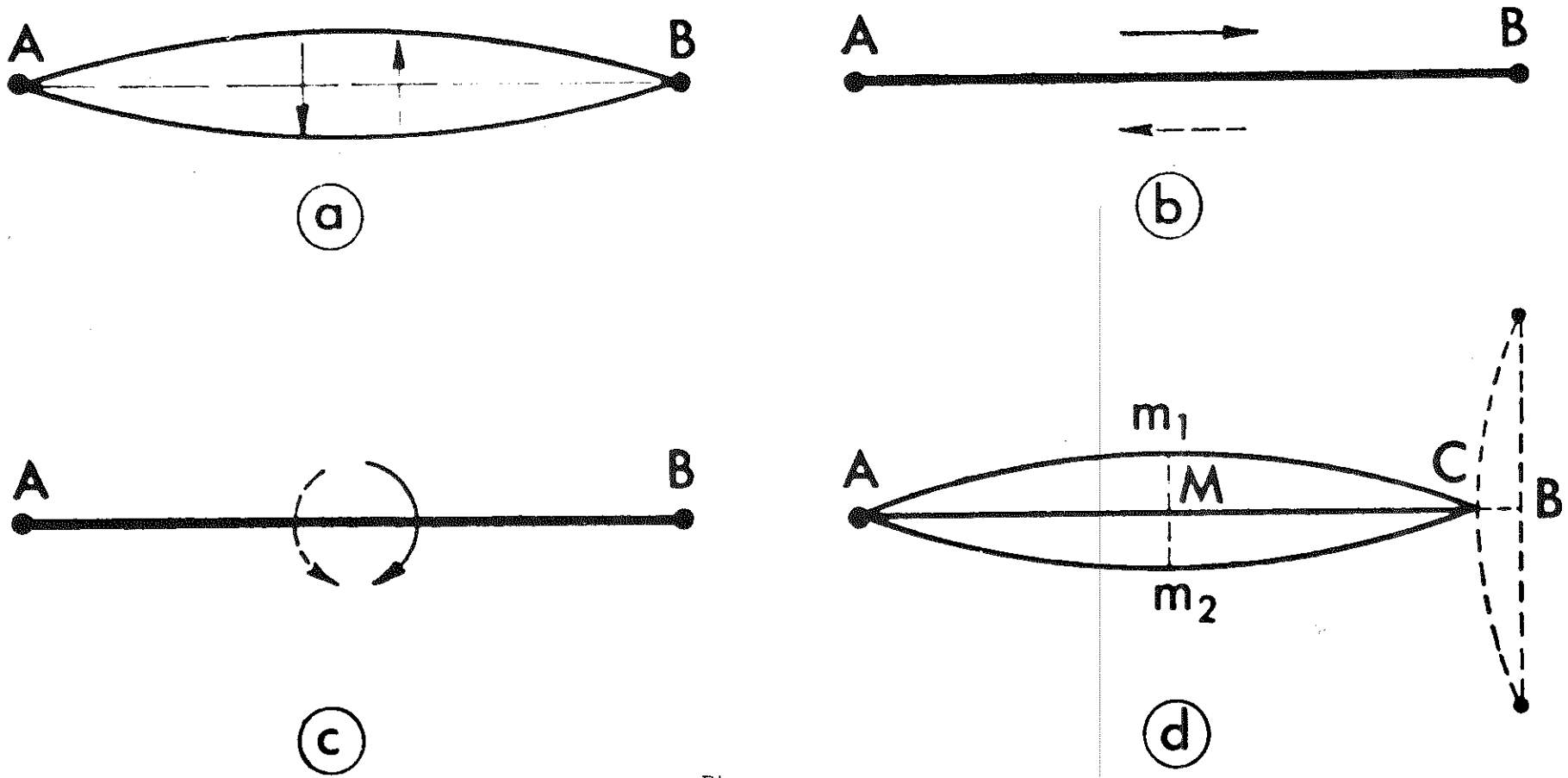



Figure 2

Réf. [2]

$$f_t = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

dans laquelle:

$f_t$ est la fréquence

L la longueur de la corde

T la tension

m la masse linéique

Ce fondamental est accompagné de toute une série d'harmoniques.

1 - 2 - 1 - 1.2 La vibration longitudinale (figure 2b)

La corde peut se contracter et s'étirer périodiquement. Les amplitudes sont très faibles et donnent naissance à un son beaucoup plus aigu que le fondamental de la vibration transversale.

La fréquence $f_l$ de la vibration longitudinale est donnée par:

$$f_l = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$f_l$ fréquence

L longueur de la corde

E module d'élasticité ou module d'Young

$\rho$ masse volumique

Ce fondamental est aussi accompagné de ses harmoniques.

1 - 2 - 1 - 1.3 La vibration de torsion (figure 2c)

Il existe des vibrations torsionnelles dans une corde frottée par un archet. Le son qui en résulte est en général plus grave que le fondamental transversal.

Sa fréquence fondamentale est donnée par la formule:

$$f_r = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

$f_r$ fréquence

L longueur de la corde

G coefficient de rigidité de la corde

$\rho$ masse volumique

Ce fondamental a aussi son cortège d'harmoniques.

1 - 2 - 1 - 1.4 La vibration d'octave (figure 2d)

Elle est générée par la vibration transversale. En effet, dans les instruments, les points de fixation des cordes ne sont jamais rigoureusements fixes. Considérons alors la corde passant par sa position de repos M. Son extrémité, légèrement mobile est en B. Quand la corde prend la position $M_1$ son extrémité est en C. Cette dernière revient en B quand la corde repasse par M et ainsi de suite. On voit donc que l'extrémité de la corde vibre avec une fréquence égale au double de celle du fondamental de la vibration transversale.

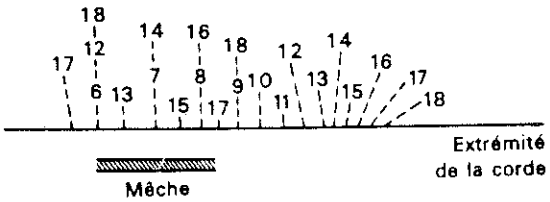
La vibration d'octave renforce l'harmonique 2. Elle est synchronisée sur la vibration transversale et s'accompagne de sa propre série d'harmoniques.

Ces quatre modes de vibrations coexistent et constituent le spectre de la corde. Leur importance relative dépend de la façon d'attaquer la corde. Grâce à ce dernier point, le musicien peut exploiter à loisir le champ de liberté des timbres.

1 - 2 - 1 - 2 Les autres paramètres du spectre de la corde

La mèche de l'archet (1 cm de large environ) repose sur la corde en un point qui est un ventre de vitesse puisque ce point va être déplacé par l'archet. Tous les points de la corde ainsi couverts par la mèche ne pourront en aucun cas être des noeuds. La présence de l'archet ôte donc du spectre de la corde isolée les harmoniques, qui si alors existaient, entraîneraient la présence de noeuds de vibrations à l'emplacement de la mèche.

Le point d'attaque de la corde joue donc le rôle d'un filtre de réjection.



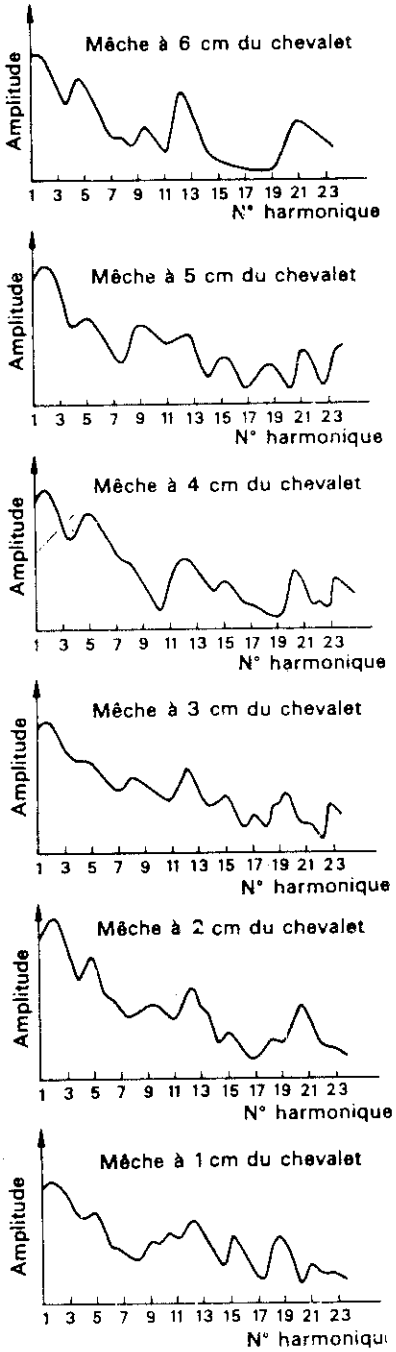




Figure 3

Réf. [1]

## FLUCTUATIONS DES SPECTRES EN FONCTION DE LA PLACE DE L'ARCHET.

a. *Les harmoniques sensibles varient avec la place de la mèche. La mèche de l'archet de violon a une largeur d'environ 1 cm ; elle recouvre donc toujours un certain nombre de nœuds de vibration de la corde, dont les harmoniques corrélatifs sont les harmoniques sensibles de l'archet. On notera que la place de l'archet conditionne les numéros des harmoniques sensibles. D'autre part, le violoniste peut systématiquement modifier le nombre d'harmoniques sensibles en inclinant plus ou moins la mèche : selon l'effet esthétique désiré, il utilise une largeur de mèche variant d'un millimètre à un centimètre.*

b. *Évolution du spectre avec la place de l'archet : en abcisse le n° des harmoniques, en ordonnée les amplitudes.*
*Le spectre change considérablement : l'effet subjectif est bien connu des instrumentistes. On a enregistré une note sol à vide de violon en glissant graduellement l'archet sur la corde entre 1 et 6 cm à partir du chevalet et on a relevé le spectre tous les centimètres. On voit que les phénomènes réels sont beaucoup plus complexes que ne le laisse supposer la théorie élémentaire. En gros, à 6 cm du chevalet* (sul tasta), *le spectre présente des trous ; près du chevalet, le spectre est beaucoup plus riche, surtout en harmoniques élevés (de 15 à 19). L'effet auditif est bien connu des violonistes. L'archet permet de modeler systématiquement le spectre dans une très large mesure : il est connu que la technique de la main droite est un élément capital dans la « sonorité » du violoniste.*

On peut alors se rendre compte du spectre final de la corde attaquée par un archet sur la figure 3.

1 - 2 - 2 Fonctionnement du corps sonore

1 - 2 - 2 - 1 Statique du violon (figure 4)

Soit $T_1$ la tension des cordes s'exerçant à l'extrémité du manche (sillet). L'équilibre du manche ABH implique l'annulation du système de forces auquel il est soumis. L'annulation des moments pris par rapport à B implique que le fond exerce sur le manche une force $\vec{f}_4$ parallèle à AB telle que:

$$|\vec{f}_4| = |\vec{f}_2| \frac{AB}{BH}$$

L'annulation des forces s'exerçant sur le manche implique que la table exerce sur le manche une force $\vec{f}_5 = - \vec{f}_2$ le long des éclisses et une force $\vec{f}_6 = - \vec{f}_3 - \vec{f}_4$ . On voit donc que le fond est soumis de la part du manche à une force $- \vec{f}_4$ tandis que la table est soumise à la force $\vec{f}_3 + \vec{f}_4$.

Sous l'action de $- \vec{f}_4$ le fond tend à diminuer sa hauteur de vôûte (flambement) et par l'intermédiaire de l'âme exerce sur la table puis sur le chevalet une force $\vec{f}_7$ proportionnelle à $|\vec{f}_4|$.

Sous l'action de $\vec{f}_3 + \vec{f}_4$ exercée en B et de la tension $T_2$ exercée en C, la table tend à augmenter sa hauteur de vôûte et de ce fait exerce une force $f_8$ sur le chevalet. C'est l'effet de $T_1$ et $T_2$ sur le chevalet, soit $f_9$ , qui équilibre $f_7 + f_8$.

On peut déterminer avec un raisonnement analogue les forces appliquées en C et S définissant l'équilibre de la table du fond. Nous ne mentionnons pas ces forces sur la figure 4.

Avant d'entreprendre la dynamique du corps sonore nous ferons une remarque importante pour notre discussion future.

La résistance à la déformation est non seulement fonction du choix des matériaux mais aussi de la répartition des forces en présence et particulièrement de la forme des vôûtes. La coupe transversale du fond ou de la table est en forme de chaînette (figure 5). Ils ont aussi un maximum de résistance

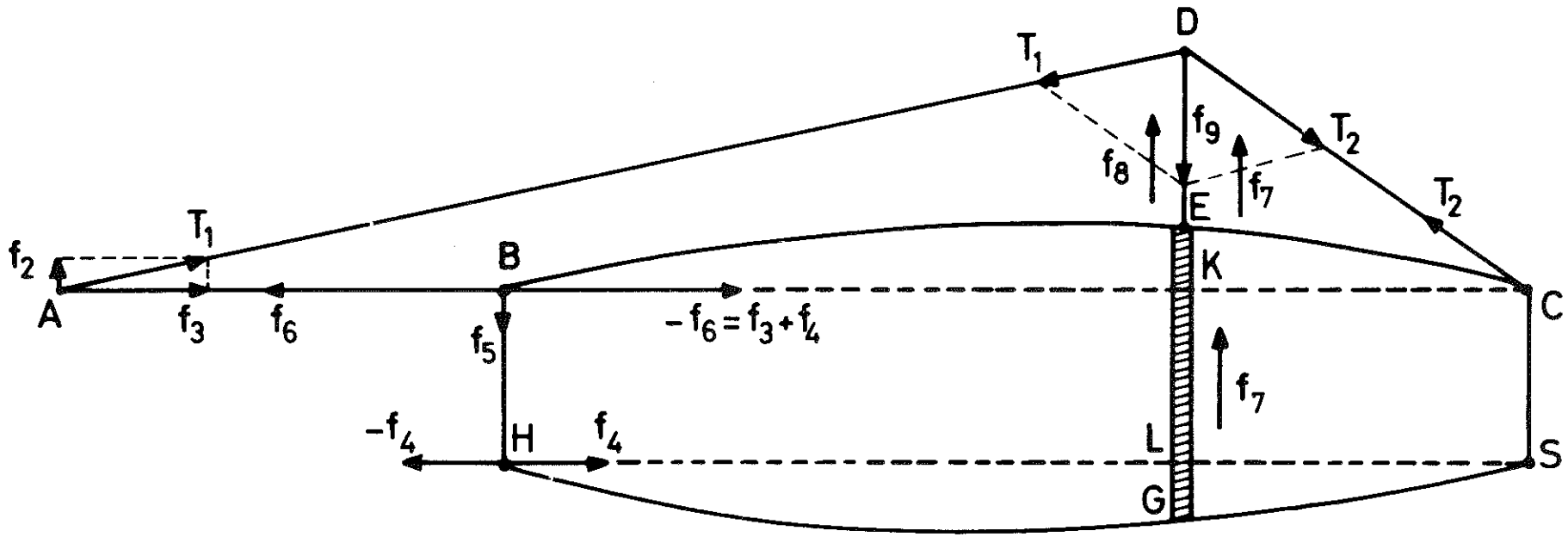
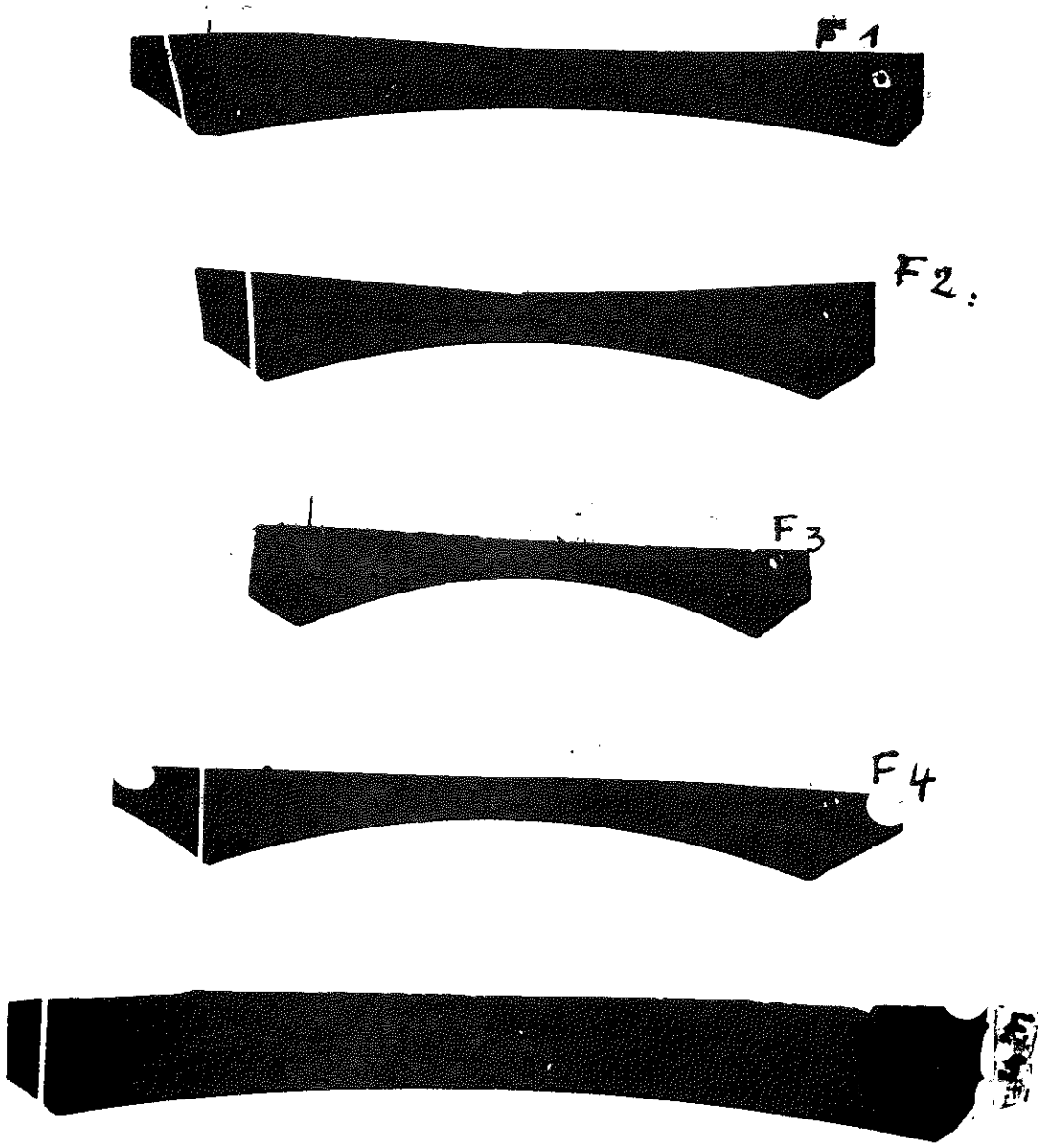



Figure 4




*Gabarits des voûtes du fond. Cinq sections transversales. Ces gabarits, relevés traditionnellement par copie approximative d'instruments anciens, sont réalisés ici à l'aide de « chaînettes ». La forme est obtenue très simplement par voie photographique ; une chaînette de métal est suspendue, avec la flèche désirée, entre deux points : un papier photographique reproduit directement la forme à découper. Le profil longitudinal de la voûte des tables est réalisé de même manière ; en définitive, la table est constituée de séries de chaînettes raccordées on trouve ces formes à l'état presque pur chez certains grands maîtres comme Stradivarius, Amati, etc.*

Figure 5

Réf. [1]

pour un minimum de masse.

### 1 - 2 - 2 - 2 Dynamique du violon

Toute excitation des cordes par l'archet entraîne la simultanéité des quatre modes vibratoires (cf § 1 - 2 - 1 - 1). Mécaniquement cette excitation se traduit par une variation de tension en direction et en module.

L'étude statique précédente montre que les fluctuations de tension dûes à l'excitation implique une fluctuation correspondante de chaque force appliquée au corps sonore par l'intermédiaire du chevalet et de l'âme d'une part, des points A et C d'autre part. La table et le fond ainsi sollicités excitent les masses d'air environnantes.

#### 1 - 2 - 2 - 2.1 Recherche du rendement maximum

En dépensant une énergie W nous excitons une corde fixée entre deux points non couplés à un corps sonore; elle vibre longtemps et cède lentement son énergie à l'air dans lequel elle baigne. La surface de la corde étant faible, le niveau sonore obtenu est bas car la puissance rayonnée p est faible.

Si maintenant nous fournissons la même énergie W à une corde couplée à un corps sonore, elle vibre moins longtemps et la puissance p rayonnée par toute la surface du corps sonore est beaucoup plus grande.

Dans le cas du violon (instrument de concert) nous devons, pour une énergie W fournie par l'opérateur (le violoniste) obtenir la plus grande puissance rayonnée possible.

Il est bien évident que la table et le fond doivent se déplacer perpendiculairement à leur surface afin d'exciter la plus grande masse d'air possible. Les forces qui doivent alors s'exercer sur la table et le fond leur seront perpendiculaires ou, compte tenu de leur forme, parallèles à BC (figure 4). On a donc intérêt à disposer de forces verticales $\vec{f_2}$ et horizontales $\vec{f_6}$ maximum. Cette condition est réalisée quand les points A B C (figure 4) sont alignés.

Dans le violon classique, le quadrilatère A D C G (figure 4) est tel que les triangles A D C et A G C sont égaux. Ceci se traduit par la relation:

hauteur du chevalet + hauteur de voûte de la table =

hauteur des éclisses + hauteur de voûte du fond.

On peut justifier la symétrie du quadrilatère A D C G de la manière suivante:

L'étude statique montre que la table et le fond vibrent en phase. Si l'amplitude de la table et du fond sont les mêmes, le couplage par l'âme n'introduira aucune contrainte supplémentaire (l'âme est ici une garantie supplémentaire de mise en phase). Cette condition impose la symétrie du quadrilatère A D C G.

1 - 2 - 2 - 2.2 Ce qu'impose l'oreille au violon

Nous savons que l'oreille, à sensation égale, doit disposer de plus de puissance aux fréquences basses qu'aux fréquences hautes (courbes de Fletcher). Donc pour une excitation donnée, le violon devra amplifier plus les graves que les aigus.

Considérons alors la figure 6 et 7:

Soit: d la trace du pied droit du chevalet sur la table

g la trace du pied gauche du chevalet sur la table

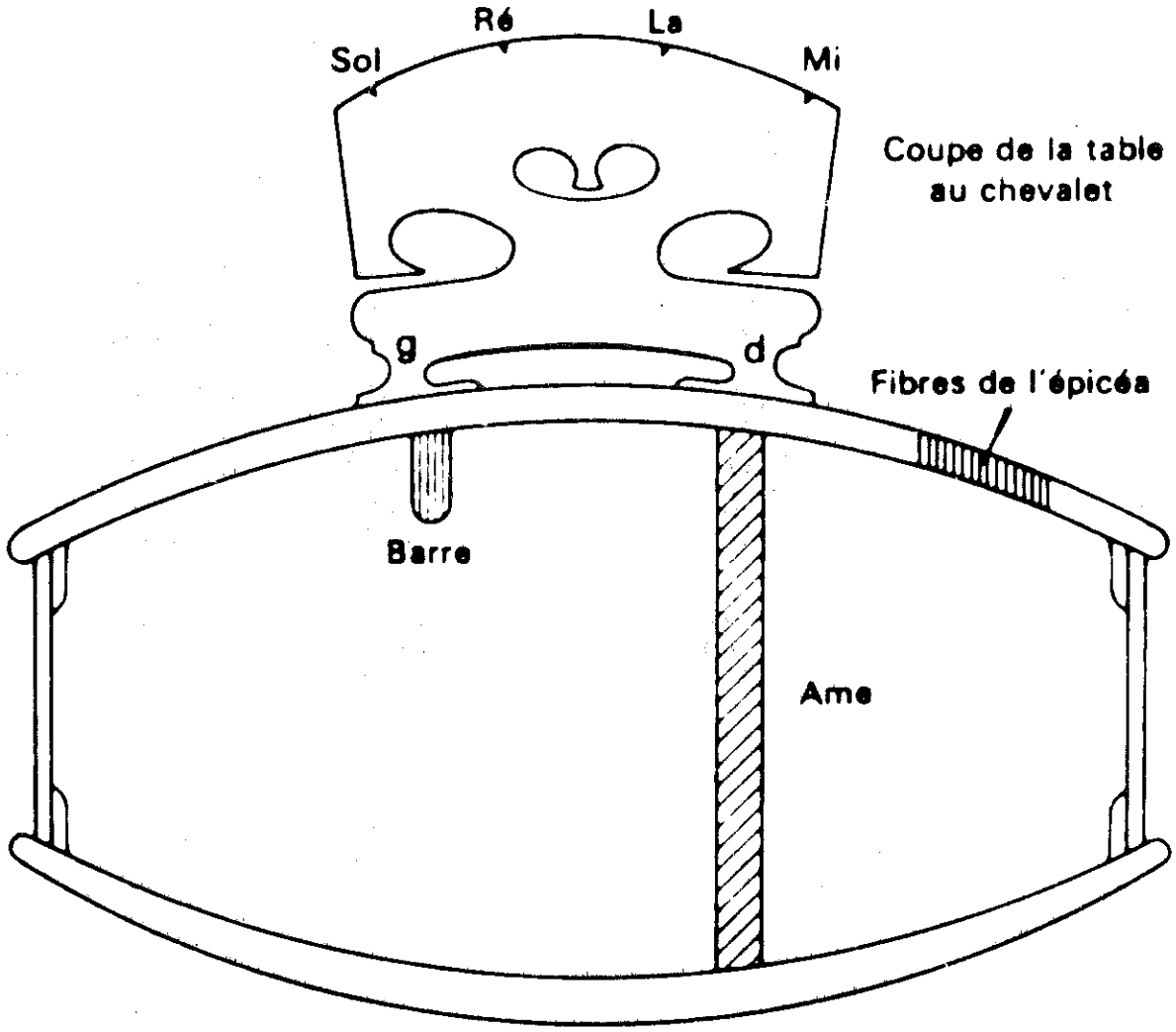
a la trace de l'âme sur la table

on a environ ad = 5 mm

gd = 30 mm

Ces trois points sont acoustiquement importants. Leur degré de liberté est réglable par les épaisseurs des tables et les dimensions de la barre, par les distances pied droit pied gauche et pied droit âme.

Les cordes aigues sont tributaires du pied droit relativement fixe.



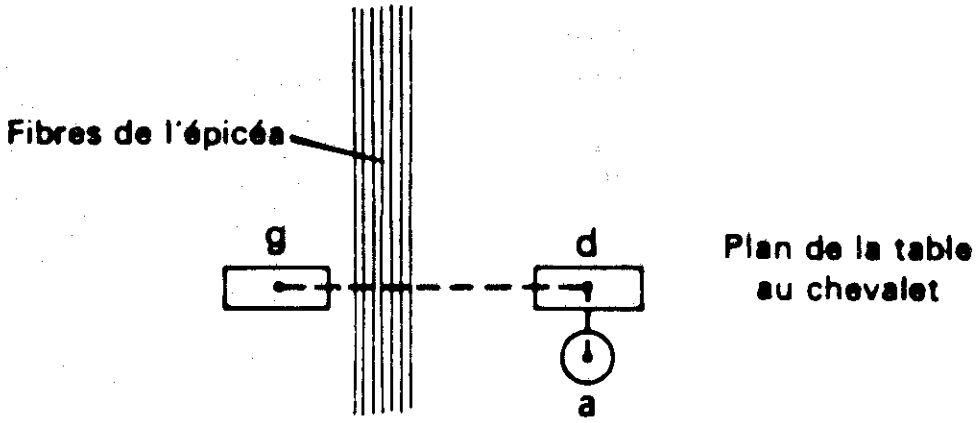




Figure 6

Réf. [1]

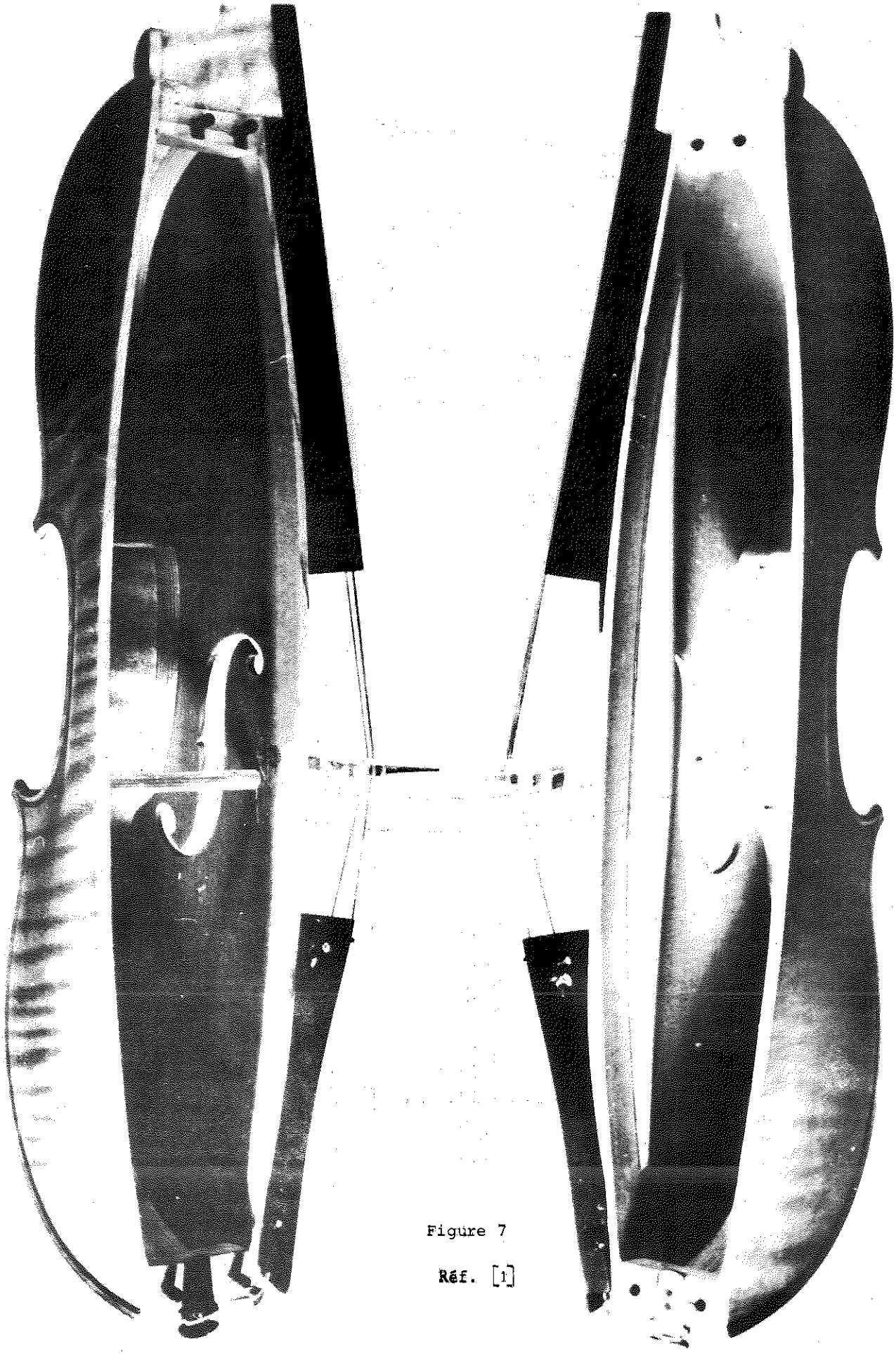


Figure 7

Réf. [1]

Les cordes graves sont tributaires du pied gauche. Ce dernier a un plus grand degré de liberté. L'épicéa, pliant beaucoup plus facilement dans le sens transversal aux fibres que dans le sens longitudinal (§ 1 - 1 - 2), ne fait d'ailleurs qu'augmenter ce degré de liberté. De plus, la présence de la barre augmente l'inertie de cette partie de la table. C'est grâce à ce dispositif que le violon amplifie de façon à peu près homogène plus de quatre octaves et demi.

L'instrument terminé, le luthier peut encore régler les degrés de liberté des pieds du chevalet par le réglage de l'âme qui conduit à faire varier la distance âme pied droit.

Nous ferons ici une remarque importante pour la suite: si de l'extérieur, le violon paraît parfaitement symétrique, l'intérieur a un caractère essentiellement dissymétrique.

## 1 - 3 *Courbe de réponse du corps sonore*

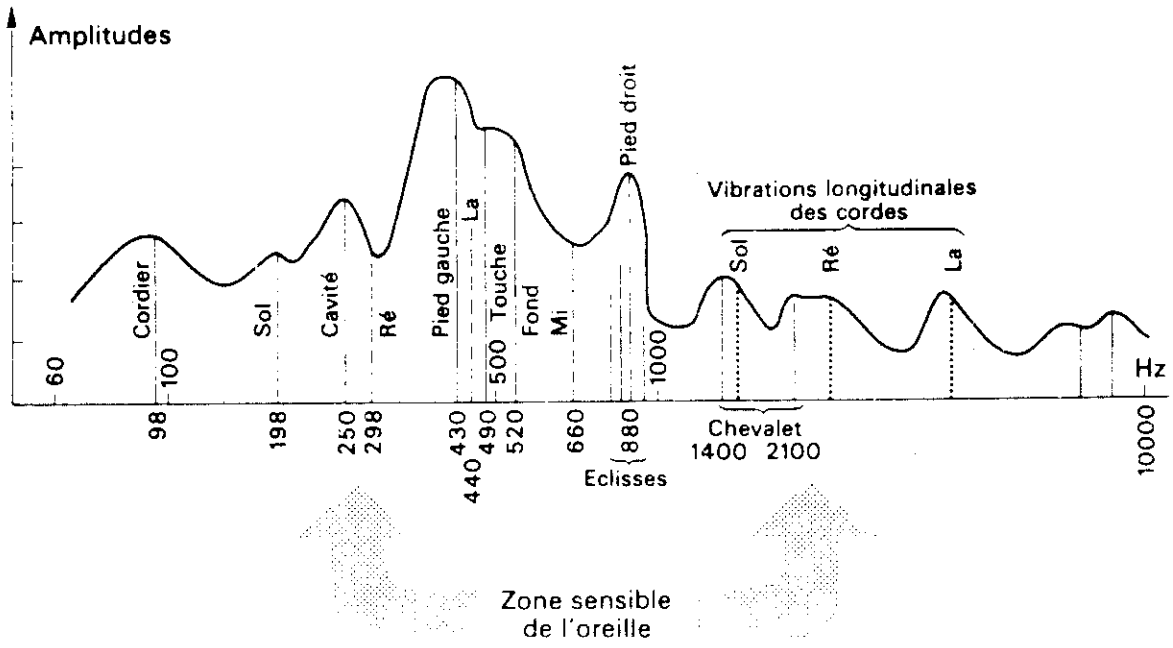
On peut considérer le corps sonore comme un ensemble de résonateurs ayant chacun une fréquence propre. A l'aide d'une masselotte ou simplement par frottement de l'archet, on peut exciter celle du cordier, de la touche, du chevalet, etc... Si nous traçons la courbe enveloppe de ces diverses résonances sur un graphique amplitudes-fréquences, on obtient la courbe réponse du corps sonore (figure 8).

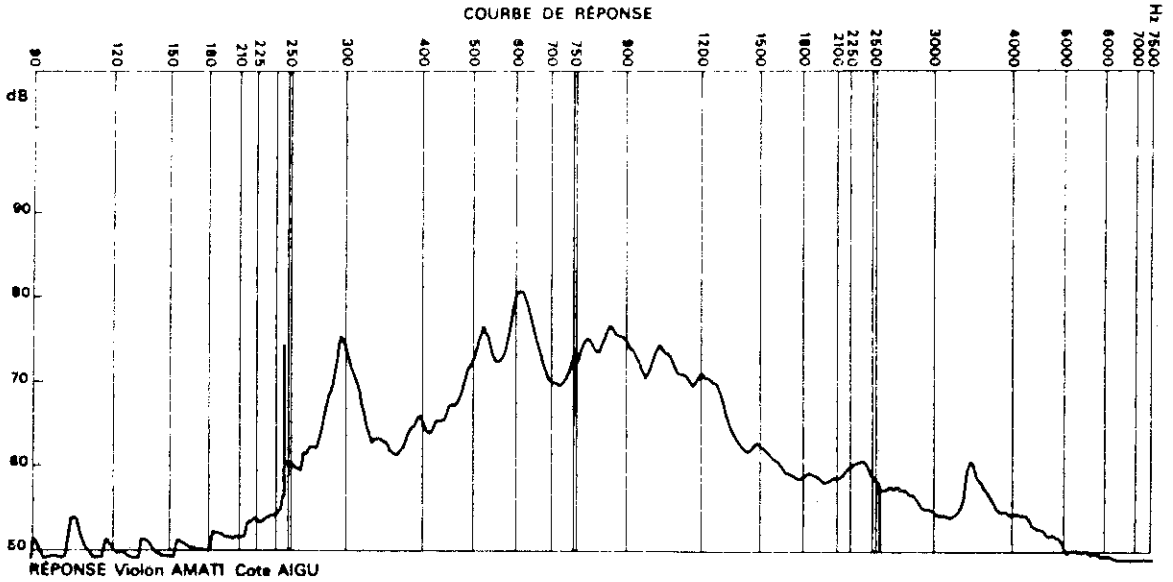
Cette courbe de réponse est fixe sur l'échelle des fréquences. Au cours de l'exécution d'un morceau le spectre de l'excitation (modes vibratoires de la corde) se déplace continuellement sur l'échelle des fréquences.

Le spectre du signal rayonné résulte de la transformation, par la courbe de réponse du corps sonore, du spectre de l'excitation.

Il résulte de ce qui précède que le spectre du signal rayonné par l'instrument change de forme à chaque note émise.

On ne peut donc pas parler du spectre du violon.




*La « courbe de réponse » d'un violon, établie à partir des fréquences propres, fondamentales, de chaque partie constituante de l'instrument. On voit qu'un grand nombre de fréquences élémentaires sont groupées dans la zone sensible de l'oreille (300-3 000 Hz environ).*

*Courbe de réponse d'un violon d'Amati relevée au spectrographe acoustique.*
*Le spectre rayonné est le résultat de la combinaison de la forme de l'excitation avec la courbe de réponse. Pour avoir un instrument homogène, il faudrait une courbe de réponse plate ; si les matériaux ont un fort coefficient de frottement interne, les sommets sont aplatis, d'où la justification de l'utilisation des matériaux traditionnels : boyau, bois, vernis mous, etc.*

Figure 8

Réf. [1]

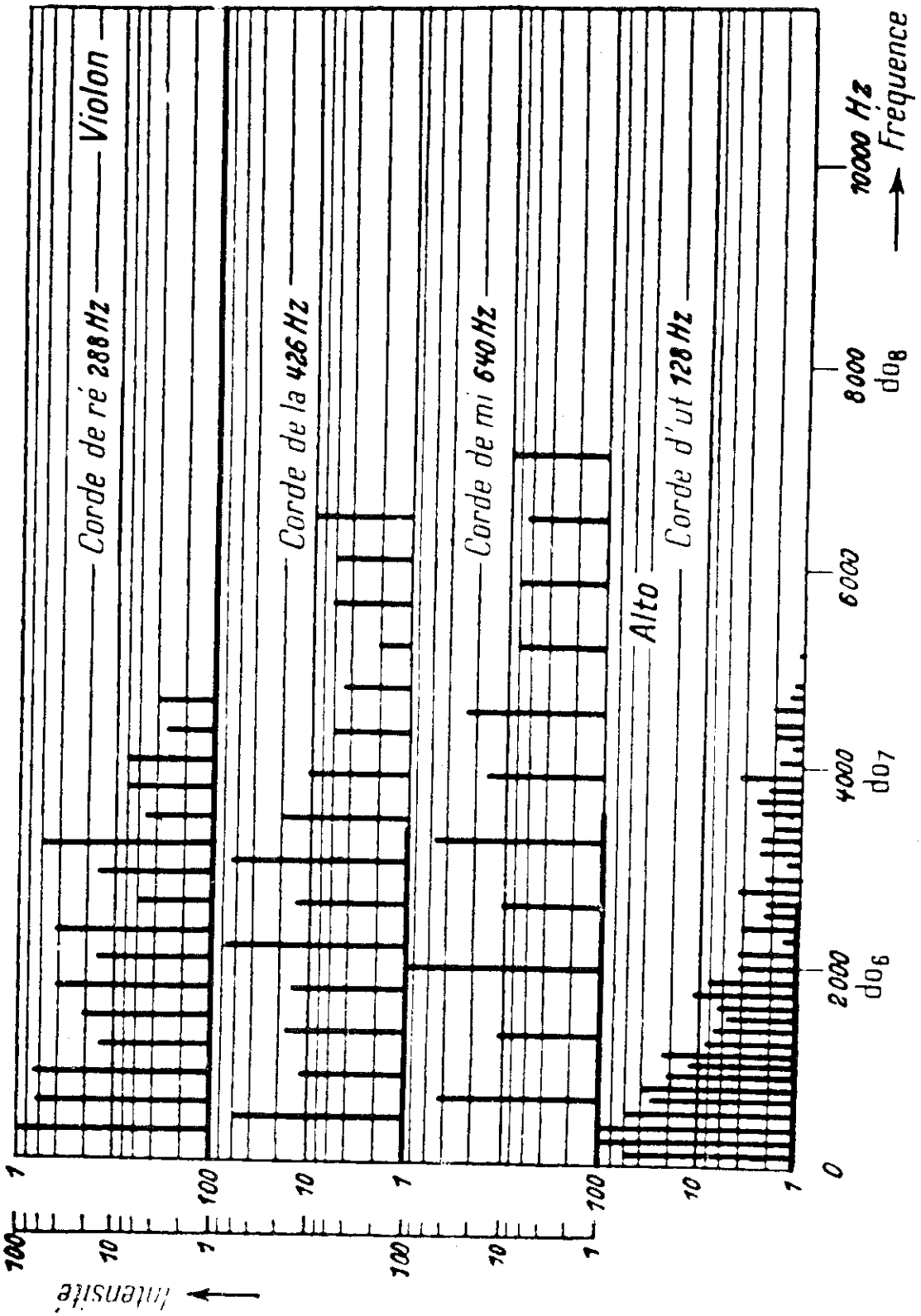



Figure 9

Réf. [3]

## 1 - 4 *Notion de timbre*

### 1 - 4 - 1 Timbre harmonique

Comme nous venons de le voir, à chaque note correspond un spectre rayonné. Dans ce spectre on distingue des zones de fréquences où l'amplitude des raies est plus importante. Ces zones appelées formants sont au nombre de deux ou trois dans la zone de plus grande sensibilité de l'oreille (500 à 3000 Hz). Si la note change, les formants restent à la même place dans l'échelle des fréquences mais changent de forme (figure 9).

Ce sont les fréquences de ces formants qui définissent le timbre harmonique.

### 1 - 4 - 2 Timbre dynamique

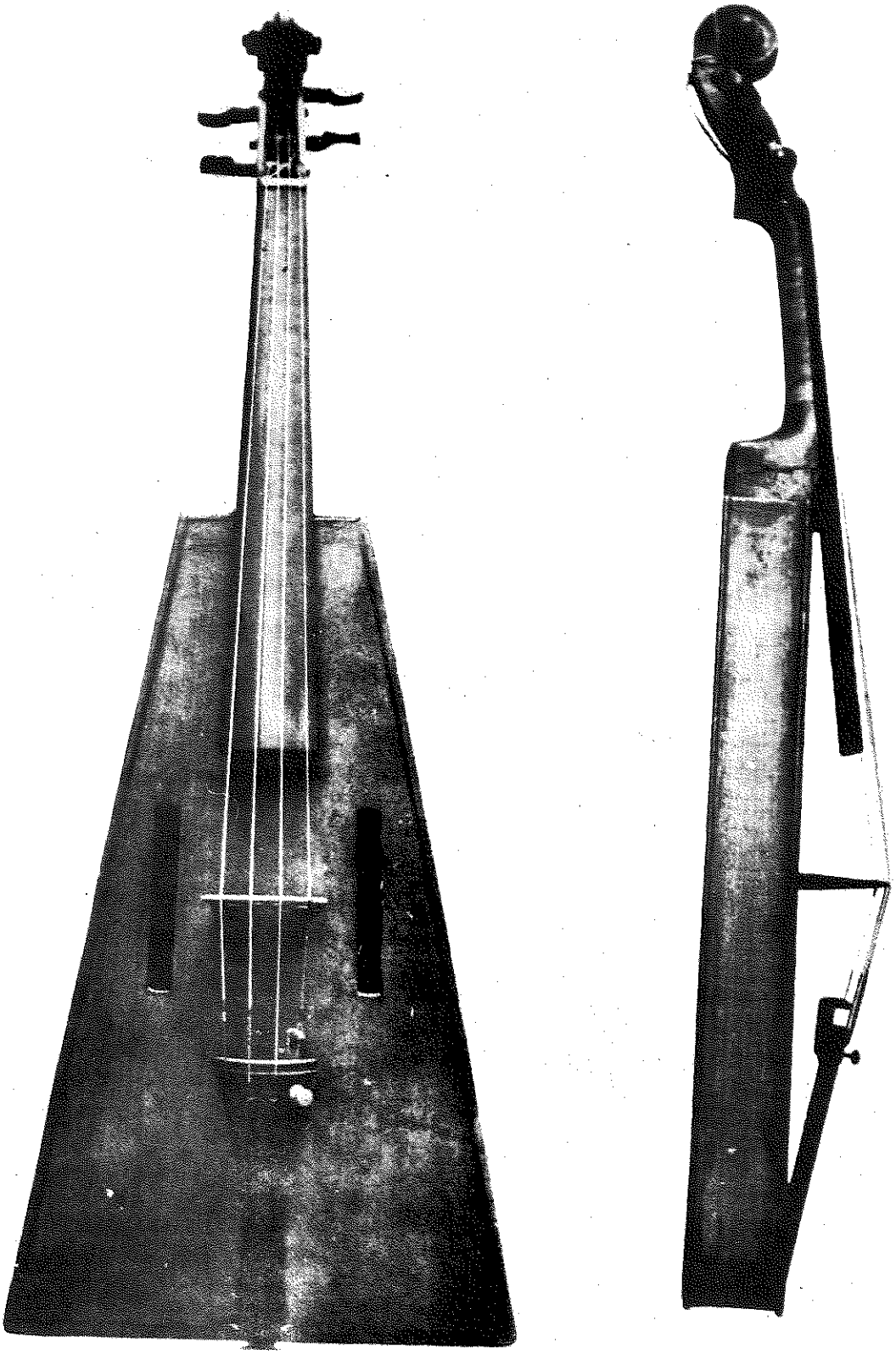
L'expérience montre que si, lors d'un enregistrement, on supprime les transitoires d'établissement d'un son du violon, il devient impossible de le distinguer du son d'un autre instrument auquel on fait subir la même opération. Ceci montre que l'attaque, malgré sa courte durée (de l'ordre de 50 ms pour le violon) est essentielle dans la reconnaissance des timbres. La courbe représentative de la puissance rayonnée en fonction du temps, jusqu'à l'établissement du régime permanent, définit le timbre dynamique. Cette courbe est appelée bathygramme dans le langage des acousticiens.

## 2 - *LE VIOLON DE SAVART* (figure 10)

C'est par souci de simplification que Savart propose son violon. Le contour, la place de la barre et les voûtes distinguent essentiellement le violon de Savart du violon classique.

## 2 - 1 *Les voûtes*

Savart propose un violon dont la table et le fond sont plats. Cette forme présente de gros inconvénients tant du point de vue statique que du point de vue accoustique.



***Savart cherchait** à simplifier la facture du violon ; forme **trapézoïdale**, **absence** de voûtes, ouïes droites.*
***Le rendement** acoustique de l'instrument était inférieur à celui du violon normal, surtout dans les notes graves. L'expérience montra que la forme de la caisse ne jouait qu'un rôle secondaire dans le timbre du violon.*

Figure 10 Réf. [1]

### 2 - 1 - 1 Point de vue statique

Une des qualités du violon est sa stabilité dans le temps. Toute déformation permanente de la table ou du fond entraîne une modification du timbre. En effet, toute déformation permanente appliquée à un résonateur modifie ses caractéristiques mécaniques donc acoustiques. Il s'ensuit un déplacement des formants dans l'échelle des fréquences et donc une modification du timbre harmonique. Il en est de même pour le timbre dynamique.

Or la table plate résiste moins bien à la pression du chevalet que la table voûtée. Savart lui-même se rendit compte que son violon ne "tenait" pas et proposa une consolidation intérieure.

Les luthiers ont en général réalisé les voûtes en forme de chaînette. On ne sait pas si cette forme est la plus résistante mais il est bien évident qu'ils la choisirent par commodité technique de réalisation. Il leur suffisait en effet de suspendre un fil entre deux points pour l'obtenir.

Des violons ont été réalisés au laboratoire d'acoustique musicale de Paris VI. La coupe de leur table réalise au mieux la chaînette. Ces instruments faits ainsi depuis quinze ans ne se sont jamais déformés.

### 2 - 1 - 2 Point de vue acoustique

Comme pour le violon classique, c'est une fluctuation de tension des cordes qui entraîne l'excitation du corps sonore. Considérons les premiers instants de l'excitation. La fluctuation de tension de la corde attaquée ne peut aller que dans le sens d'une augmentation de tension. Considérons alors la figure 4:

Dans le cas du violon classique:

- $\vec{f_3} + \vec{f_4}$ croît ce qui entraîne l'excitation de la table.
- $- \vec{f_4}$ croît ce qui entraîne l'excitation du fond.

Dans le cas du violon de Savart:

- $\vec{f_3} + \vec{f_4}$ augmente ce qui entraîne aussi l'excitation de la table.
- $- \vec{f_4}$ augmente, mais le fond étant sans voûte ce dernier ne peut être excité.

Il apparaît donc que l'excitation du corps sonore ne se fait pas de la même façon dans les deux violons.

On peut ainsi supposer que le violon de Savart n'aura pas le même timbre dynamique que le violon classique.

## 2 - 2 *La place de la barre et le problème de la symétrie en lutherie*

Savart, dans son souci permanent de simplification, rend le violon entièrement symétrique du point de vue géométrique. Il place alors la barre sur l'axe de symétrie de la table.

On a vu (§ 1 - 2 - 2 - 2.2 et figure 6) que les aigus sont conditionnés par le degré de liberté du pied droit du chevalet c'est-à-dire par le bras de levier a-d,tandis que les graves sont conditionnés d'une part par le degré de liberté du pied gauche du chevalet c'est-à-dire par le bras de levier a-g, et d'autre part par l'inertie de la table au niveau du pied gauche c'est-à-dire par la barre.

Savart, mettant la barre au milieu, diminue le degré de liberté du pied gauche. Il perd donc dans le grave. De ce point de vue, son instrument peut être aussi parfait qu'un Stradivarius mais seulement dans un intervalle de fréquence plus faible. Il est bien évident que l'exécution sur le violon de Savart d'une oeuvre ne comportant pas de note extrêmement grave (musique ancienne) ne fait pas apparaître cette lacune.

## 2 - 3 *Le problème des ouies*

Les figures 1 et 10 mettent en évidence la place respective des ouies dans le violon classique et dans le violon de Savart.

Dans le violon classique, elles commencent au niveau de deux trous (trous du haut des ouies) dont le gauche est tangent à la barre. La distance entre ces deux trous est d'environ 4 cm. Elles se terminent pas deux autres trous (trous du bas des ouies) situés environ au niveau des coins et distants de quelques 12 cm. Les ouies "entament" et affaiblissent la table. Savart écarte de 8 cm les ouies droites de son violon. Son violon perd donc dans les aigus comme dans les graves.

En effet si nous rapprochons les trous du haut, nous renforçons les aigus

puisque nous favorisons le fonctionnement de la table dans le sens roulis (bras de levier a-d figure 6). De même nous renforçons les graves puisque nous favorisons le fonctionnement de la table dans le sens tangage (bras de levier a-g figure 6).

On voit ici l'importance de la place des ouies qui ne servent pas selon une opinion très répandue à permettre au son de sortir de la caisse! Le violon de Savart, par la place des ouies, perd encore dans le grave par rapport au violon classique.

## 3 - UN PEU D'HISTOIRE

En 1819 Savart présente son Mémoire sur les instruments à cordes et à archet à l'Académie des Sciences, devant Biot, Hauy, Charles et de Prony. Ceux-ci décident une réunion commune avec l'Académie des Beaux Arts. Le violon trapézoïdal est joué devant une assemblée de scientifiques et de musiciens.

Les scientifiques sont:

Biot (qui rédige le rapport): 45 ans, professeur de physique au Collège de France et d'astronomie à la Faculté des Sciences.

Hauy: 76 ans, professeur de minéralogie à la Faculté des Sciences.

Charles: 73 ans, connu en outre pour ses voyages en ballon et Elvire...

de Prony: 64 ans, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les musiciens sont:

Chérubini: 59 ans, compositeur, directeur du Conservatoire.

Catel: 46 ans, compositeur, professeur d'harmonie.

Berton: 52 ans, compositeur, directeur de l'Opéra Italien, professeur au Conservatoire.

Le Sueur: 56 ans, professeur de composition puis directeur du Conservatoire.

Suite à cette séance commune des deux académies, Biot fit un rapport dont nous donnons quelques extraits:

" Le sujet traité dans ce mémoire intéressant à la fois la physique expérimentale et la musique d'exécution, offrait une de ces occasions, toujours utile à saisir et à faire remarquer, dans lesquelles la réunion des diverses Académies

en un seul corps se fait sentir, non seulement comme un avantage, mais comme une nécessité. L'Académie des Sciences, à laquelle M. Savart avait d'abord présenté son travail, avait chargé MM. Hauy, Charles, de Prony et moi (Biot) d'en prendre connaissance: elle avait en même temps désiré que l'Académie des Beaux Arts voulut bien charger quelques-uns de ses membres de l'examiner. Cette compagnie a désigné MM. Chérubini, Catel, Berton et Le Sueur. Nous nous sommes réunis plusieurs fois pour vérifier les expériences annoncées dans le mémoire, pour éprouver les applications que l'auteur en a faites, et discuter le degré de perfection qu'on peut leur attribuer. Ce sont les résultats de ces conférences que nous venons aujourd'hui vous soumettre."

Puis plus loin:

" Après avoir examiné en détail les modifications nombreuses et toutes nouvelles apportées par M. Savart dans la construction d'un instrument dont les qualités exquises n'avaient été jusqu'ici que le résultat d'une pratique heureuse, il nous restait à faire une dernière épreuve, la plus importante et même la seule complètement décisive; c'était de prier quelque artiste habile d'essayer le nouveau violon de M. Savart, comparativement avec un violon ordinaire d'une excellente qualité..... La commission a invité M. Lefebvre, Chef de l'Orchestre du Théatre Feydau, à vouloir bien en faire l'essai devant elle. Cet habile artiste ..... a souhaité comparer le violon de M. Savart à celui dont il se sert habituellement. Il a d'abord joué devant nous successivement l'un et l'autre: on a remarqué, dans le nouveau violon, une grande pureté de son, jointe à l'égalité la plus parfaite. On sait combien cette dernière qualité est rare et recherchée. Le nouveau violon entendu ainsi de près paraissait avoir un peu moins d'éclat que l'autre; pour mieux nous assurer de la différence, nous avons prié M. Lefebvre de passer dans une chambre voisine, et de jouer alternativement les mêmes phrases sur les deux instruments, sans nous avertir de l'ordre qu'il mettrait entre eux: alors ils se sont égalés si complètement que les personnes les plus exercées les ont confondus constamment l'un avec l'autre; ou si le nouveau violon a offert quelque différence qui pût parfois le faire reconnaître, c'était un peu plus de suavité dans les sons. Grâce à la complaisance d'un habile artiste qui voulait bien se prêter à toutes nos épreuves, les mouvements les plus divers, les plus lents, les plus rapides, les plus austères et les plus tendres ont été essayés tour à tour. L'opinion unanime a été que le nouveau violon pouvait passer pour un violon excellent..."

Et le rapport se termine ainsi:

"Nous croyons que ce travail, rempli d'invention et de sagacité, mérite l' approbation des deux académies et nous pensons qu'il est très digne d'être imprimé dans le recueil des Savants Etrangers."

Signé sur l'original:

Hauy, Charles, de Prony, L. Cherubini, Catel, H. Berton, Le Sueur, Biot rapporteur.

Certifié conforme Delambre, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Certifié conforme de Quincy, secrétaire perpétuel de l'Académie des Beaux Arts.

En 1971, M. Leipp, directeur du laboratoire d'Acoustique de l'Université de Paris VI et secrétaire général du Groupe d'Acoustique musicale, reprend l'étude du violon de Savart et des expériences mentionnées dans le rapport de Biot.

Le virtuose B. Calame jouant d'habitude sur un Stradivarius (le Mendelsohn, considéré comme un étalon en lutherie et en acoustique) accepte de s'entraîner sur le Savart.

Les enregistrements ont lieu dans la salle de l'Ecole Normale de Musique de Paris.

Nous avons disposé des enregistrements concernant un significatif de quelques mesures du Concerto de Max Bruch. Ces quelques mesures couvrent pratiquement toute la tessiture de l'instrument (voir § 4).

L'expérience réalisée par les deux académies fut refaite au laboratoire d' acoustique de M. Leipp. Les auditeurs conclurent comme l'a fait Biot.

Ce dernier point est tout à fait compréhensible. En effet, si nous faisons jouer deux violons différents dans une pièce voisine il n'est pratiquement pas possible de les distinguer car plus on filtre (effet des murs) plus le signal de sortie (celui entendu par l'auditeur) devient indépendant du signal d'entrée (celui rayonné par le violon).

## 4 - NOS EXPERIENCES COMPAREES D'UN STRADIVARIUS ET D'UN SAVART

Ne disposant ni d'un stradivarius (hélas) ni d'un Savart, mais ayant accès aux

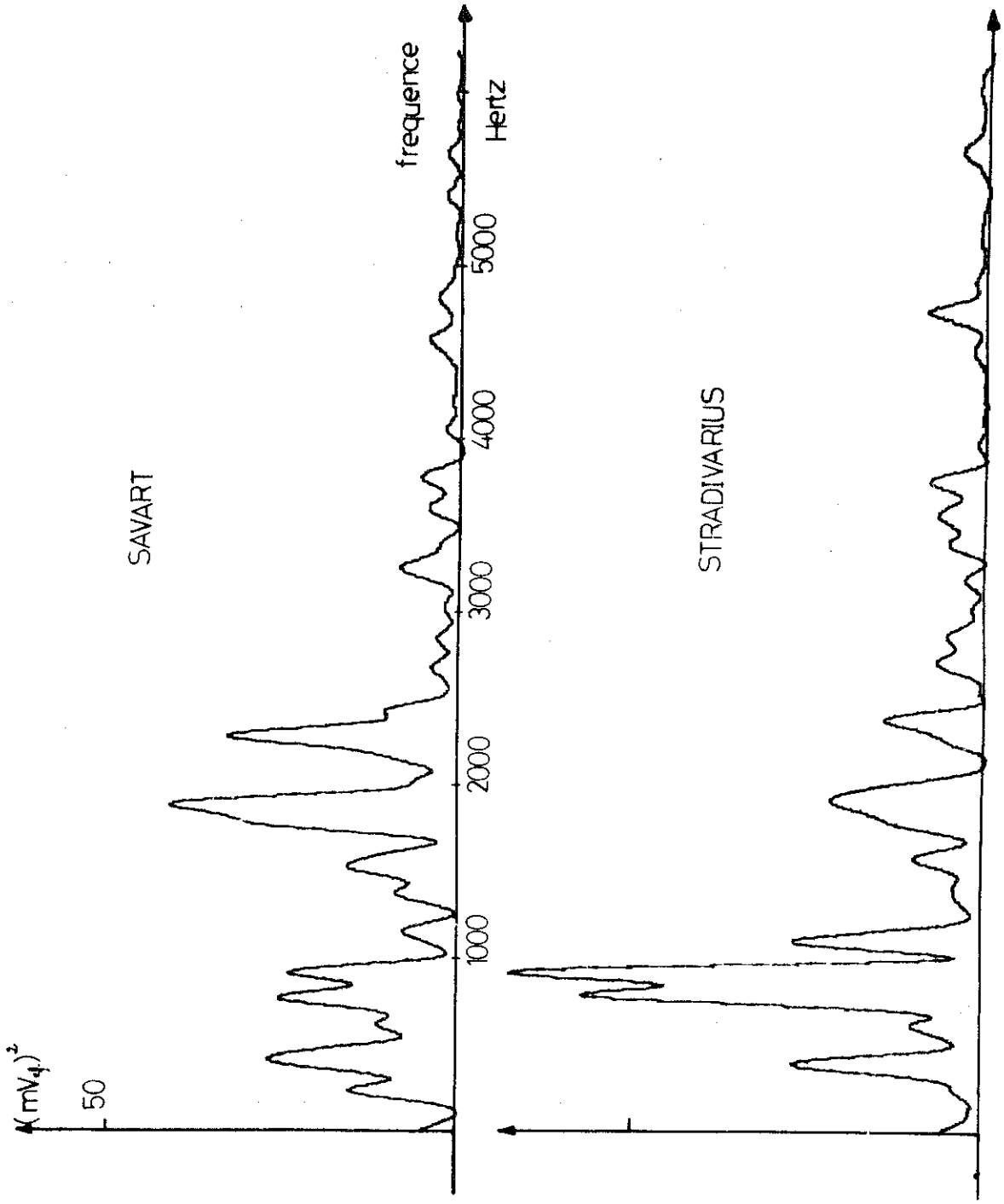

SAVART
STRADIVARIUS
frequence
Hertz
1000
2000
3000
4000
5000
50
$(mV_4)^2$

Figure 11

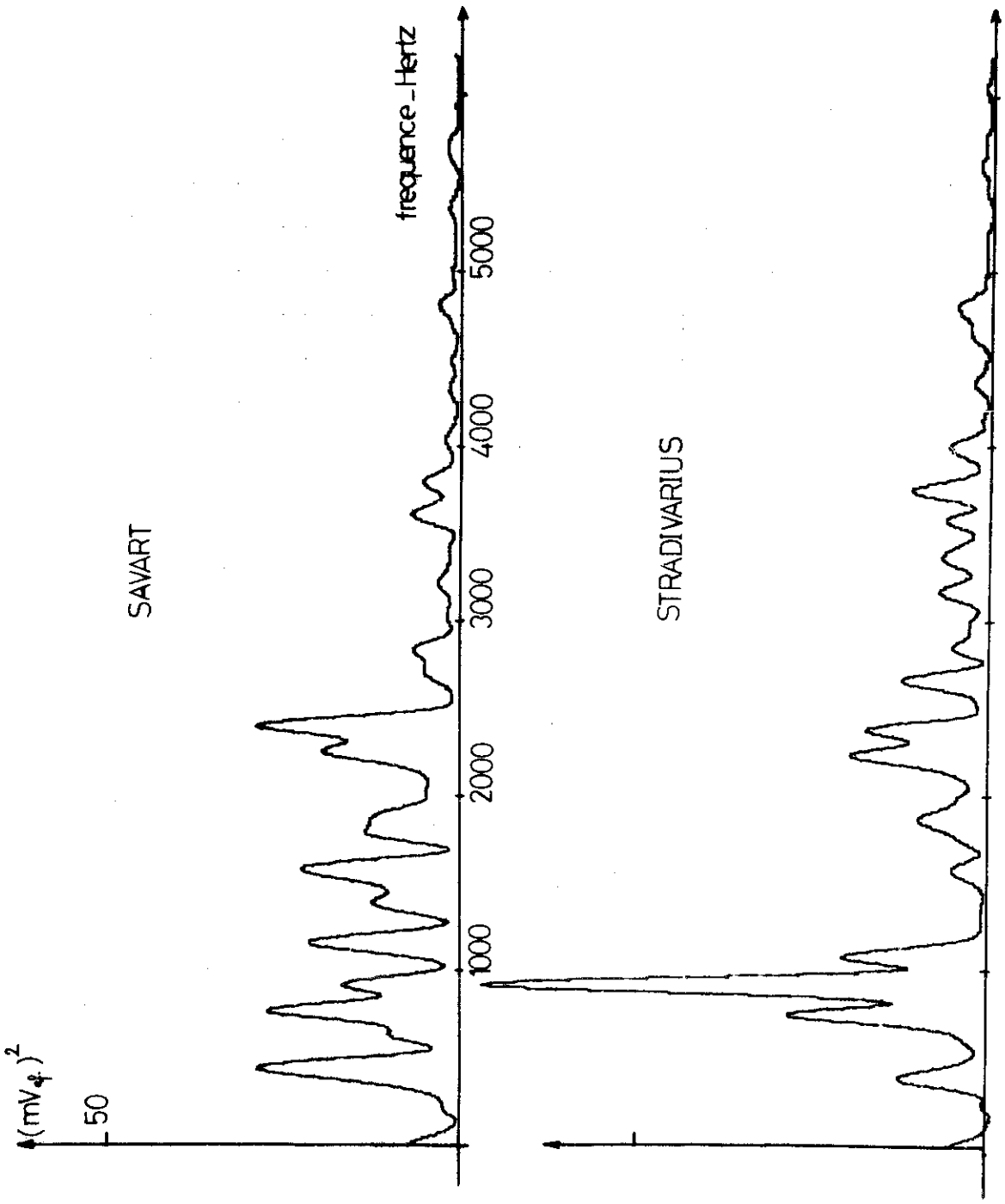

SAVART
STRADIVARIUS
frequence_Hertz
1000
2000
3000
4000
5000
50
$(mV_\phi)^2$

Figure 12

bandes enregistrées à l'Ecole Normale de Musique, nous avons par une méthode d' autocorrélation extrait la densité spectrale des deux violons.

Les figures 11 et 12 représentent les densités spectrales du Stradivarius (le Mendelsohn) et du Savart enregistrés à une distance égale à 1 mètre (figure 11) et depuis la salle (figure 12).

La musique est toujours la même phrase du Concerto de Max Bruch allant du grave au très aigu.

On constate que nos prédictions (cf § 2 - 2 et 2 - 3) sont confirmées. Le Savart a moins de graves que le Stradivarius.

Nous n'avons pas utilisé, par cette méthode, les autres enregistrements qui nous paraissaient beaucoup moins significatifs.

## *CONCLUSION*

Le violon de Savart, de construction si simple que sa réalisation est à la portée de tout le monde, n'a été comparé qu'à des super violons. Il s'est fort bien comporté, excepté dans le grave où il a montré une faiblesse relative.

Sur un plan plus général, le violon comme tout instrument de musique est une machine à fabriquer des sons; à ce titre il relève de la physique. Depuis toujours des affirmations que nous qualifierons d'hérétiques courent dans les milieux de la lutherie: "La Science n'a jamais rien apporté et n'apportera jamais rien en lutherie" (Congrès International des Luthiers). Si les luthiers ont raison dans la première partie de cette affirmation, ils ont à coup sûr tort dans la seconde.

Si acousticiens et physiciens décidaient un jour de résoudre le problème physique du violon en ayant d'une part les moyens techniques et en acceptant d'autre part de dépenser le potentiel intellectuel nécessaire, il n'y aurait plus de mythe en lutherie et le Stradivarius, d'ailleurs égalé et parfois dépassé par de nombreux violons modernes, cèderait peut-être sa place soit à meilleur que lui soit à une autre machine sonore n'ayant que peu en commun avec le violon classique.

La Science peut apporter à la lutherie à condition qu'elle le veuille.

# *BIBLIOGRAPHIE*

[1] Le violon, E. LEIPP, Hermann.

[2] Acoustique et Musique, E. LEIPP, Masson et Cie.

[3] Vues nouvelles sur le monde des sons, F. WINCKEL, Collection Sciences et Progrès.

[4] Bulletin n° 57 du Groupe d'Acoustique Musicale, Université Paris VI, Tour 66, Place Jussieu, Paris 5è.

[5] Physique et Musique, G. ANFILOF, Editions de Moscou.

# MÉMOIRE

SUR LA

## Construction des Instruments à cordes et à archet

*Par* F. SAVART (1).

Ce Mémoire est divisé en trois sections : dans la première, on expose sur quel principe la construction des instruments à cordes est fondée; dans la seconde, on traite des corps renforçants du son, employés jusqu'à présent, et des moyens de les disposer convenablement; enfin, dans la troisième, on décrit dans tous les détails un violon d'une forme particulière, déterminée d'après les principes établis dans les deux sections précédentes.

## PREMIÈRE SECTION

### *Principes de la Construction des Instruments à cordes.*

I. — La construction des instruments à cordes est fondée sur le renforcement du son d'un corps, par les

(1) Afin de compléter ce volume, nous y avons joint le Mémoire de M. F. Savart sur les Instruments à cordes et à archet, actuellement épuisé et presque introuvable. Ce travail contient une série d'expériences sur les vibrations et la sonorité des corps, qui seront ainsi sauvées de l'oubli et que nos lecteurs liront avec intérêt et profit. Ce Mémoire était suivi, dans l'édition originale, d'un Rapport fait par M. Biot à l'Académie des Sciences, que son étendue ne nous a pas permis d'insérer. (*Note de l'Éditeur*).





vibrations d'autres corps avec lesquels on met le premier en contact immédiat ou même médiat. D'après ce principe, que quand un corps mis en vibration est en contact immédiat avec un autre, il y excite toujours un mouvement oscillatoire dont la période est égale à celle qu'il observe lui-même. C'est ainsi que si l'on fait résonner un diapason sans l'appuyer sur un corps solide, et qu'ensuite on le pose sur une table résonnante quelconque, dans le premier cas le son produit est très faible, tandis que dans le second il est beaucoup plus fort et plus plein. Dans cet exemple, le diapason représente les cordes; la table résonnante représente la caisse de l'instrument.

Pour démontrer ce principe d'une manière plus complète, on peut prendre une plaque mince de cuivre ou de verre, ronde et bien égale d'épaisseur, ou même une plaque de plomb, laminée avec soin, parce que ce métal ayant peu de rigidité, il obéit facilement à tous les mouvements qui lui sont communiqués, et qu'il a encore l'avantage de s'écrouir plus également. On place cette plaque sur une règle étroite en bois, en mettant entre le bois et le métal, pour les empêcher de se toucher, un petit morceau de bois ou mieux de liège, parce que cette substance cède aux mouvements de la plaque et n'est pas un obstacle à la régularité des figures. On fixe à l'un des bouts de la règle une corde de violon, et on la tend à l'autre bout par le moyen d'une cheville; on place un chevalet de violon sur la plaque, qu'on recouvre d'une couche de sable fin; on tend la corde



qu'on a préalablement posée sur le milieu du chevalet et, au moyen d'un archet, on en tire un son. A l'instant le sable se réunit sur certains points et en abandonne d'autres, ce qui forme une figure d'autant plus régulière, que la plaque est bien partout de la même épaisseur, et que les pieds du chevalet sont placés à égale distance du centre de la plaque, sur un de ses diamètres; si l'on tend la corde plus fort, de manière que le son soit d'un ou plusieurs tons plus haut, on obtiendra une autre figure : il en sera de même si l'on baisse d'un ton, d'un demi-ton, et même d'une moindre quantité.

Dans la planche II, figures 1 et 2, est représenté l'appareil qui a servi à faire ces expériences : *a* représente la plaque de métal ou de verre, *b* la règle de bois, *c* le chevalet, *d* la corde, *e* la cheville qui la tend, *f* le petit morceau de bois ou de liège qui empêche la règle et la plaque de se toucher.

Malgré que cette expérience soit assez difficile à bien faire, on pourra facilement voir, quand même elle ne réussirait qu'imparfaitement, que le mouvement de la corde, communiqué par le chevalet, est partagé par la plaque; et les figures diverses que le sable formera chaque fois qu'on tirera un son différent, indiqueront que chacun de ces sons est renforcé par un mode de vibration particulier de la plaque en rapport pour la période avec celui de la corde.

On remarquera en passant que presque toutes les figures qu'on obtient par ce procédé, sont composées

de lignes nodales concentriques, et d'autres lignes qui forment des étoiles composées d'un plus ou moins grand nombre de pointes, figures qui sont les plus difficiles à obtenir, quand on applique l'archet à la circonférence même de la plaque, qui, dans ce cas, donne des sons bien plus beaux que dans toute autre circonstance.

Dans cette expérience, si, en place d'une plaque de cuivre ou de plomb, on en prend une de verre, le timbre sera changé, ce qui indique que la corde et la plaque rendent des sons simultanés. Sans doute que les sons qui sont ainsi le résultat de vibrations communiquées seraient très faibles s'ils existaient séparément; mais, pour les employer, comme on donne de grandes surfaces aux corps qui les produisent, et que ces surfaces agissent sur une très grande masse d'air, déjà ébranlée par des mouvements analogues, le son primitif acquiert beaucoup d'intensité.

Les figures 3, 4 et suivantes jusqu'à la 15e de la planche II, représentent les modes de vibration que l'on obtient dans une seule octave, en marchant par demi-tons; les figures 16, 17, 18, 19 et 20 représentent les modes de vibration de quelques autres sons plus aigus qui suivaient l'octave précédente : on pourrait aller plus loin, mais il faudrait employer des cordes plus fines que celles dont on se sert pour le violon. Il y a cependant un point où il ne se produirait plus de figures du tout, parce que les parties vibrantes devenant toujours plus petites à mesure



que les tons deviennent plus aigus, les nœuds se trouveraient si rapprochés les uns des autres qu'on ne pourrait plus distinguer de figures. Au contraire, quand on produit des sons très graves, les vibrations de la plaque sont si lentes que le sable ne paraît que faiblement agité et qu'il ne forme point non plus de figures. Il y a même un point où la plaque ne sert probablement plus au renforcement du son; c'est quand le son de la corde est plus grave que le plus grave que la plaque peut produire. Ce son le plus grave n'est pas, comme l'a avancé M. Chladni, celui que la plaque donne en se divisant en quatre parties qui restent fixes et en quatre parties qui oscillent ; ce n'est pas même celui où la plaque serait traversée par un seul nœud dans la direction d'un de ses diamètres, et qui est plus grave que le précédent de deux octaves; mais c'est celui où la plaque n'a plus qu'un seul point qui ne vibre pas et qui en occupe le centre, et dont le son est encore plus grave que celui de la figure précédente.

Cette expérience prouve que les plaques sont susceptibles d'une infinité de modes de vibration différents, depuis celui dans lequel il n'y a qu'un seul point qui ne vibre pas, jusqu'à ceux dans lesquels les nœuds sont extrêmement rapprochés, subdivision qu'on conçoit pouvoir s'étendre d'une manière illimitée.

On pourrait penser que la plaque ne vibre que dans le cas où le son de la corde est un de ceux



que la plaque peut rendre elle-même, ou quand les modes de vibration de celle-ci sont des harmoniques de la corde; mais en répétant l'expérience, on peut se convaincre du contraire. Par exemple, si l'on tire un son directement de la plaque et qu'ensuite on mette la corde à l'unisson avec ce son, on aura la même figure que la plaque rendait en la faisant vibrer directement, mais si l'on tend la corde d'une très petite quantité, la figure se modifiera un peu, et en continuant ainsi, l'on verra que les figures produites par plusieurs tons successifs ne sont en quelque sorte que des distorsions d'un des modes de vibration connus de la plaque. Les figures 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 de la planche II, sont toutes des modifications d'un seul nœud concentrique; la figure 3 et la figure 9 sont presque pareilles; cependant dans cette dernière, le nœud est bien plus près du bord de la plaque. On peut faire les mêmes rapprochements entre les figures qui suivent; elles sont presque toutes des modifications de la division de la plaque en six parties. Si l'on répète plusieurs fois l'expérience sur une même octave, en dessinant chacune des figures qu'on obtient, si chaque fois on ne part pas exactement du même ton, on aura des modes de vibration tout à fait différents, et l'on sera étonné de la multitude de figures qu'on peut ainsi obtenir dans une seule octave.

On peut conclure de ceci que la période des oscillations de la plaque est toujours égale à celle des oscillations de la corde, en sorte que toutes les fois



que deux corps sont en contact immédiat, on peut les considérer comme étant à l'unisson; et que, si l'on en fait vibrer un, l'autre est ébranlé d'une manière analogue.

On peut varier cette expérience de plusieurs manières. Si l'on prend deux plaques de mêmes dimensions et de même matière, donnant le même son, qu'on les unisse en mettant entre les deux une tige de bois, comme on le voit figure 21 de la planche II; si on les saupoudre de sable et qu'on tire le son d'une des deux plaques avec un archet, elles produiront toutes deux la même figure. On pourrait penser que l'air est pour beaucoup dans ce mode de propagation des vibrations; on peut s'assurer que son action y est nulle ou presque nulle, en mettant entre les deux plaques une planche épaisse de bois, percée d'un trou pour passer la tige; en la recouvrant d'une couche légère de sable, on verra que, quand les plaques vibrent, le sable qui recouvre la planche n'est pas du tout agité.

On peut donner une explication assez satisfaisante de la propagation des mouvements dans ce cas, ainsi que dans ceux qui y sont analogues. Supposons que la plaque mise primitivement en jeu soit traversée par un seul nœud qui soit dans la direction d'un de ses diamètres; quand elle oscillera, l'une de ses moitiés s'abaissera tandis que l'autre se relèvera, comme on le voit en A et en C, figure 21. A communiquera à la tige M, dans un espace de temps infiniment petit, un mouvement qui s'étendra

à une certaine distance en formant une espèce d'onde analogue à celles qui se forment dans l'air; dans l'instant suivant A passera en D, C passera en B et communiquera à la tige un petit mouvement analogue à celui qui lui a été communiqué du côté opposé un instant plus tôt; à la seconde vibration, il se formera une nouvelle onde qui courra après la précédente, et ainsi de suite jusqu'à ce que le mouvement soit arrivé à l'extrémité de la tige, où les ondes arriveront toujours un instant plus tôt en *a* qu'en *b*; par conséquent, les oscillations communiquées à la plaque inférieure auront une période parfaitement égale à celle des oscillations de la plaque supérieure, et la figure devra être la même.

On conçoit que tous les modes de vibration, dans lesquels les nœuds sont des lignes diamétrales, devront se transmettre de cette manière ; dans le cas où les nœuds sont des lignes concentriques, la même explication est encore satisfaisante. Supposons le cas d'un seul nœud concentrique, comme dans la figure 22, planche II, à la première vibration, A frappera la tige M et lui communiquera un petit mouvement qui formera une onde; à la seconde vibration, A passera en B, et celui-ci viendra occuper la place de A et communiquera à la tige une nouvelle onde qui suivra la précédente. Il en sera de même jusqu'au bout de la tige, où les ondes arriveront avec une période égale à celle des vibrations de la plaque supérieure; par conséquent, elles communiqueront à la plaque inférieure un mouvement



oscillatoire analogue qui produira la même figure, puisque chaque figure est le produit d'un certain nombre de vibrations dans un temps donné.

Si les plaques n'avaient pas les mêmes dimensions, le mouvement se transmettrait de la même manière, mais la figure ne serait pas la même dans les deux plaques. Par exemple, si l'on prend deux plaques rondes d'égale épaisseur, dont les diamètres soient entre eux comme un est à deux, on sait qu'elles devront rendre des sons qui seront à la double octave l'un de l'autre, celui de la plus grande étant *do*, celui de la plus petite sera $do_3$. Si on les unit au moyen d'une tige de bois, comme dans l'expérience précédente, quand on tirera de la plus grande le son qui est fourni par la division de la plaque en quatre ventres de vibration, la plus petite, pour ne faire que le même nombre de vibrations et rendre le même son, ne devra être traversée que par un seul nœud, qui sera une ligne diamétrale, puisque ce mode de vibrations donne un son qui est de deux octaves plus grave que celui où la plaque est traversée par deux diamètres qui se croisent à angle droit : c'est aussi ce que l'expérience confirme parfaitement.

Si, au lieu de deux plaques, on en réunit plusieurs par des tiges, le mouvement se transmet également bien de l'une à l'autre, en n'en mettant qu'une seule en jeu; les figures sont telles que le comportent les dimensions de chacune des plaques, pour s'accommoder au mouvement de celle qui est primitivement ébranlée.



Nous venons d'examiner la manière dont les vibrations se transmettent d'un corps à un autre, et après avoir observé ce phénomène dans les cas les plus simples. On peut l'étudier dans ses complications, en examinant sur un violon à tables planes, les différents modes de vibration qui s'y produisent en tirant des sons différents des cordes : on recouvre la table de sable comme dans les expériences précédentes, et il se forme des figures aussi régulières (voyez les figures de la planche III); d'où l'on peut conclure que les tables des instruments ne sont que des plaques dont les vibrations ont pour usage de renforcer le son primitif. On conçoit maintenant à quoi servent le chevalet et l'âme : ce sont des corps destinés à transmettre aux tables les mouvements de la corde, sans que la période de ces mouvements soit changée. Les éclisses et les tasseaux remplissent des fonctions analogues : ainsi, dans la construction des instruments à cordes, on emploie principalement deux corps, l'un des vibrations duquel on peut se rendre entièrement maître, c'est-à-dire dont on peut tirer tous les tons possibles, et l'autre destiné à remédier à leur faiblesse par des vibrations dont la période est égale à celle des oscillations du corps primitivement mis en jeu.

II. — Les corps solides ne sont pas les seuls qui soient aussi susceptibles de transmettre les vibrations d'un corps à un autre. Les fluides élastiques peuvent produire le même effet, comme on peut le voir dans les diverses espèces de tambours qui sont formés de



deux membranes placées aux extrémités d'un cylindre creux. Pour prendre le cas le plus simple, supposons que la figure 23, planche II, représente une coupe passant par l'axe d'un tambour. Quand on frappera la membrane A, elle s'abaissera par exemple jusqu'en *a*, et communiquera à l'air contenu dans la caisse un petit mouvement qui formera une onde qui courra jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à la membrane inférieure B, qu'elle abaissera jusqu'en *b* en la frappant; ensuite *a* passera en $\alpha$ par la réaction élastique, *b* passera en $\beta$ un instant après, et ainsi de suite, de manière que la membrane inférieure prendra un mode de vibration dont la période sera égale à celle des oscillations de la membrane supérieure, et qu'elle rendra par conséquent le même son : les choses se passent ainsi dans la grosse caisse. Dans le tambour militaire, le phénomène est plus compliqué : il y a deux cordes de boyaux qui sont tendues à côté l'une de l'autre sous la membrane inférieure, dans la direction d'un de ses diamètres; mais comme elles sont moins tendues que la membrane, elles n'en suivent pas tous les mouvements, de manière que dans certains moments elles la frappent, tandis que dans d'autres elles sont appliquées contre elle, ce qui fait exécuter à la membrane un mode de vibration qui est deux fois plus rapide que si elle n'était frappée qu'en un seul point. Pour rendre ceci plus clair, si l'on soulève ou si l'on ôte les cordes de boyaux, quand on frappe sur la membrane supérieure, on a le son le

plus grave que donne l'instrument, et la membrane inférieure donne absolument le même nombre de vibrations que l'autre ; ensuite si l'on replace les cordes, le son devient beaucoup plus intense et monte d'une octave, parce que dans les instants où les cordes touchent la membrane, elles y produisent par leur présence une espèce de nœud; cette membrane entraîne ensuite l'autre à vibrer d'une manière analogue à la sienne, parce que l'ébranlement qu'elle reçoit des cordes étant plus fort et se faisant dans une plus grande étendue que celui qui est occasionné dans la membrane supérieure par le choc des baguettes, les excursions des parties vibrantes sont plus fortes et plus régulières.

Ce mode de propagation du son par l'air est absolument le même que celui qui a lieu dans un tube, à l'orifice duquel on fait vibrer un corps dont la surface est perpendiculaire à l'axe de ce tube.

Dans la caisse des instruments à cordes, l'air remplit les mêmes fonctions que dans le tambour ; mais comme il agit alors sur les tables qui offrent plus de résistance au mouvement que les membranes, l'action en est beaucoup plus faible, et l'on est obligé de le seconder par un autre moyen : de là l'origine de l'âme qui agit de la même manière, comme nous l'avons vu plus haut, et dont l'invention est sans doute due au hasard.

Quand l'air n'occupe pas un espace limité, de manière que le mouvement se transmette dans une seule direction, il paraît que pour qu'il propage les



vibrations d'un corps à un autre, il faut qu'ils soient tous deux susceptibles de rendre le même son, ou que l'un des deux fasse un nombre de vibrations tel, qu'il soit un des harmoniques de l'autre. Par exemple, quand on joue du violon dans un appartement où il y a des instruments à cordes, et que l'on fait une note qui est un des harmoniques d'une des cordes à vide d'un de ces instruments, elle entre aussitôt en vibration, et on la voit se diviser en un certain nombre de parties, de manière à s'accommoder au mode de mouvement de la corde qui rend le son. Si l'on pose sur la paume de la main un violon dont on ne joue pas, tandis que quelqu'un joue, à côté, d'un instrument quelconque, on sent la table frémir à certains sons. Enfin tout le monde sait que quand, dans une chambre, il se rencontre à une des fenêtres un carreau à l'unisson avec l'un des sons tirés d'un instrument, aussitôt ce carreau entre en vibration et rend un son qui est très appréciable. Ce phénomène se répète tous les jours, il ne s'agit que de le remarquer.

Le plus ordinairement les vibrations communiquées ainsi ne produisent point des sons appréciables à l'oreille ; ils existent cependant, puisqu'il y a production d'un mouvement aussi rapide que celui du corps mis directement en jeu : les deux sons ne diffèrent l'un de l'autre que par le degré plus ou moins fort de l'ébranlement. Cela est si vrai, que si sur un violon on fait résonner, par exemple, *ré* quatre doigts sur la quatrième, le *ré* à vide entrant



en vibration par la communication de l'air, comme dans les expériences qui précèdent, le son est bien plus fort que si l'on empêche le *ré* à vide de vibrer; et si, après avoir tiré le son de la quatrième, on en arrête tout d'un coup les vibrations, on entend encore quelque temps le son que le *ré* à vide continue de donner.

La propagation du son se faisant de la même manière par l'air que par les corps solides, on serait induit à croire que ce fluide propage aussi dans toutes les circonstances les oscillations qui lui sont communiquées, et qu'il n'est pas indispensable que le second corps puisse produire un nombre de vibrations tel, qu'il soit à l'unisson ou qu'il soit un des harmoniques du premier. On pourrait penser que quand ce rapport n'existe pas, les mouvements que l'air excite sont si faibles qu'ils sont inappréciables, ce qui ne serait pas une raison pour en nier l'existence. En effet, comment le son se transmettrait-il à travers les vitres, les murailles, etc., si ce n'était en occasionnant dans ces corps, par le moyen de l'air, un mouvement oscillatoire d'une période déterminée. Il est hors de doute que les excursions des parties vibrantes sont alors extrêmement faibles ; mais il paraît cependant qu'elles suffisent pour transmettre le mouvement à l'air contenu dans la chambre, et de là à l'oreille.

Quelquefois le son excité par communication, par le moyen d'un fluide intermédiaire, est aussi fort et même plus fort que le son primitif, ce qui prouve



qu'il peut y avoir une infinité de degrés dans l'ébranlement, depuis les vibrations inappréciables jusqu'au son le plus intense qu'un corps puisse produire, la période des oscillations restant la même.

On pourrait, d'après cela, diviser les vibrations en perceptibles et en imperceptibles, quoiqu'étant toutes de la même nature, et ne différant entre elles que par l'intensité; ce qui conduirait à cette hypothèse, que les vibrations imperceptibles sont le vrai moyen de propagation du son, et que cette propriété n'est que la plus ou moins grande facilité qu'un corps a pour partager le mouvement oscillatoire qui lui est communiqué, et pour le transmettre à un corps inerte ou à l'oreille.

On a recherché, dans cette section, sur quel principe est fondée la construction des instruments à cordes, et on croit avoir démontré qu'elle repose entièrement sur le renforcement du son des cordes par les vibrations communiquées aux tables minces de la caisse, spécialement par le moyen du chevalet, de l'âme et de l'air, vibrations dont la période est toujours égale à celle des oscillations de la corde. Dans la section suivante, on examinera quelle est la manière la plus convenable de disposer les différents corps renforçants du son, employés jusqu'ici. On sait par expérience que ce sont les tables minces de bois, assemblées et collées avec soin, de manière à former une caisse dont l'intérieur ne communique avec l'air que par de petites ouvertures pratiquées convenablement; mais une chose à laquelle on a fait peu d'attention, et qui

en mérite cependant beaucoup, c'est la régularité et la symétrie de la forme, indispensables pour obtenir les meilleurs résultats. Je vais donc en parler d'abord, ensuite je parlerai des tables minces, puis de la caisse, et enfin de la forme.

## DEUXIÈME SECTION

### *Vibration des corps sonores.*

I. — Les expériences de M. Chladni ont fait voir que toutes les fois qu'un corps rend un son, les parties qui le composent tendent toujours à vibrer régulièrement et symétriquement. Par exemple, si l'on prend une plaque ronde de cuivre ou de verre dont les deux surfaces sont bien parallèles, qu'on la recouvre d'une couche légère de sable fin, et qu'après l'avoir saisie fortement avec le pouce et l'index d'une main, ou avec une machine appropriée à cette expérience, on la mette en vibration au moyen d'un archet appliqué sur le bord, on verra le sable se mouvoir et former une figure régulière qui ressemblera à une étoile à quatre ou à six pointes, etc., comme on en voit deux exemples dans les figures 24 et 25 de la planche II.

Si l'on prend un verre ordinaire ou une cloche d'harmonica, qu'on les remplisse d'eau, et qu'ensuite on en tire un son au moyen d'un archet promené sur le bord, des crispations régulières en étoiles, formées par un plus ou moins grand nombre de pointes, se montreront sur la surface du liquide; elles indiqueront que la circonférence du vase s'est partagée en



nœuds et en ventres de vibrations, c'est-à-dire, en parties qui restaient fixes, et en parties qui allaient alternativement en dedans et en dehors; de même que, dans l'expérience précédente, le sable, en se retirant de certains points et en se réunissant sur d'autres, indique ceux qui restent en repos et ceux qui sont en mouvement.

Il n'est personne qui n'ait remarqué comme les cordes se divisent régulièrement en deux, en trois, en quatre parties, etc., phénomène qu'on rend sensible en appuyant le doigt très légèrement sur l'un des nœuds de vibration, ce qui produit les sons harmoniques. On pourrait augmenter le nombre des expériences de ce genre; mais celles que je viens de citer suffisent pour montrer que tous les corps qui sont mis en vibration tendent toujours à se diviser avec régularité en parties oscillantes et en parties qui restent fixes.

Cette régularité et cette symétrie sont si nécessaires à la production des sons, que ce n'est que dans les corps dont les molécules sont presque homogènes et dont la forme est symétrique elle-même, qu'il faut chercher les sons les plus beaux et les plus agréables. C'est pour cette raison que les instruments à vent et la voix de certains êtres animés fournissent les sons les plus flatteurs, parce que c'est l'air qui est alors corps sonore, et que ce fluide est susceptible de vibrer avec toute la régularité possible; la beauté du son des instruments de verre dépend aussi de la même cause.





D'après ce qui précède, on conçoit que, quand les parties qui composent un corps ne peuvent pas vibrer régulièrement et symétriquement, il ne peut y avoir production d'un son déterminé, et que le résultat de cette confusion de mouvement est ce qu'on appelle le bruit.

On peut encore se convaincre de la nécessité, de la régularité et de la symétrie de la forme pour obtenir les sons les plus parfaits qu'un corps puisse donner, en faisant attention à ce qui rend une corde fausse : il suffit d'une petite éminence dans quelque point de son étendue, ou qu'elle ne soit pas bien cylindrique, pour que le son n'en soit pas pur, c'est-à-dire, pour que les nœuds et les ventres de vibration ne se fassent pas régulièrement. De même, pour qu'une cloche d'harmonica ne produise pas des sons purs, il suffit qu'elle ne soit pas bien égale d'épaisseur dans toute sa circonférence, ou que cette circonférence ne soit pas régulière, parce qu'alors elle ne peut pas se diviser symétriquement en parties qui restent fixes et en parties qui oscillent.

On peut donc établir que, plus la forme d'un corps est régulière, plus les vibrations s'y produisent avec facilité, et que plus un corps est susceptible de vibrer régulièrement et symétriquement, plus les sons qu'il produit sont beaux.

On voit maintenant combien il est nécessaire que toutes les parties qui composent un instrument soient parfaitement symétriques, et l'on cesse d'être étonné de la difficulté de rencontrer des violons et des basses



dont l'intensité de son, soit la même pour toutes les notes, quand on considère que la barre d'harmonie placée sous le pied gauche du chevalet est une cause plus que suffisante pour produire cet effet, puisqu'elle détruit la symétrie : il est donc nécessaire de placer la barre au milieu, dans la direction de l'axe de la table, en manière de couvre-joint.

Le manque de symétrie dans le violon ordinaire (non-seulement celui qui provient de la position de la barre, mais encore celui qui naît de la difficulté de bien exécuter une forme si composée), en occasionnant de l'irrégularité dans les vibrations, est cause que le son est mêlé d'un peu de bruit, ce qui le rend éclatant, dur et quelquefois criard. Souvent un violon qui paraît très fort de son quand on l'entend de près, ne paraît pas en avoir quand on l'entend de plus loin, ce qui dépend de la production simultanée du bruit, dont les vibrations irrégulières ne se communiquent pas si bien à l'air que celles du son, qui sont régulières.

II. — Nous allons chercher maintenant la raison pour laquelle on emploie des tables minces plutôt que des tables épaisses, pour renforcer le son des cordes.

Si l'on prend deux plaques rondes, de même matière, exactement de même diamètre, mais dont l'une ait une épaisseur double de celle de l'autre, la plus mince, la figure obtenue étant la même, rendra un son qui sera d'une octave plus grave que celui de la plaque la plus épaisse. Cette expérience, facile à répéter, est contraire à ce que pensent la plupart des

musiciens et des luthiers, que les tables minces sont favorables aux tons aigus, et que les tables plus épaisses sont favorables aux tons graves. Il est cependant facile de concevoir que tout le reste demeurant le même, à l'exception de l'épaisseur qui est double, la rigidité doit être augmentée, et que, par conséquent, le son doit devenir plus aigu; c'est ce que la théorie démontre rigoureusement. Il doit donc y avoir un certain degré d'épaisseur relativement au diamètre où les excursions des parties vibrantes seraient si peu étendues qu'elles ne produiraient plus des sons perceptibles tant ils seraient aigus, quoique néanmoins on pourrait les produire. Dans cet état, ce corps serait susceptible de propager le son, puisque les vibrations imperceptibles suffisent pour cela; mais il ne conviendrait pas pour le renforcer. Il faut donc, pour que le renforcement du son ait lieu dans toute sa plénitude, que la plaque ait une épaisseur telle en raison de sa grandeur, que les sons qu'on en peut tirer ne soient pas tellement aigus ni tellement graves qu'ils soient imperceptibles. La manière de tirer le son étant la même, il y a une épaisseur où les excursions des parties vibrantes sont aussi grandes qu'il est possible : c'est cette épaisseur-là qui est la plus favorable au renforcement du son. Elle est par conséquent relative aussi à la densité, à la rigidité et à l'état plus ou moins avancé de sécheresse du bois.

Le tâtonnement et l'expérience ont depuis longtemps amené les luthiers à l'emploi des tables minces, et ils ne se sont trompés qu'en les faisant voûtées,



dans l'intention, sans doute, d'obtenir une plus grande résistance pour supporter la pression des cordes. Mais il est évident, et il serait superflu d'en donner des preuves, que les tables planes sont celles qui vibrent le plus facilement quand elles sont fixées par leur contour; c'est-à-dire, celles qui se divisent le plus facilement en parties vibrantes en-deçà et au-delà de l'axe qu'on peut supposer passer par ces tables; tandis que les tables voûtées, comme celles qu'on a employées jusqu'à présent, sont loin de remplir aussi bien le même but, parce qu'étant d'abord très résistantes par elles-mêmes, elles le deviennent encore plus quand elles sont fixées par tous les points de leur circonférence. D'ailleurs une considération qui devrait suffire pour les faire rejeter, c'est que les fibres du bois y sont tronquées de toutes les manières possibles, ce qui fait que la régularité de l'élasticité, propriété sans laquelle il n'y a point de son, s'y trouve détruite en partie, et que le mouvement communiqué par le chevalet est bientôt éteint; de là le son aigre, sec et faible de la plupart de nos instruments.

Rien n'est plus susceptible non plus de diminuer l'intensité du son et sa beauté que le contour courbe, d'abord parce que, dans les tables minces qui le forment, le bois est plié dans la direction des fibres, et que, par conséquent, les mouvements vibratoires y sont difficiles, ensuite, parce que ce n'est qu'avec beaucoup de peine qu'on peut atteindre à une symétrie exacte dans l'exécution.



Dans tous les instruments, on rencontre certaines notes dont le son se distingue par une plus grande pureté et une plus grande force; on sait que cela arrive quand quelque partie du corps renforçant est susceptible de faire, dans un espace de temps donné, le même nombre de vibrations que la corde qui rend le son, ou même d'en faire la moitié moins, ou le double, etc., toujours dans le même temps. Cette différence dans la qualité du son des différentes notes est une preuve que la forme des tables n'est favorable qu'à certains sons : elle devrait au contraire les favoriser tous également, si elle n'était pas elle-même un obstacle aux vibrations régulières et symétriques, puisque, comme nous l'avons démontré, quand deux corps sont en contact immédiat, il suffit d'en faire vibrer un pour que l'autre soit entraîné à vibrer de la même manière.

Il paraît donc indispensable de n'employer que des tables et des éclisses planes, afin que les fibres du bois ne soient point coupées, que la régularité de l'élasticité ne soit point détruite, que la symétrie de la forme soit plus facile à observer, et que le mouvement communiqué par le chevalet ne soit point interrompu; alors le renforcement du son aura lieu dans toute sa plénitude, et toutes les notes de l'instrument auront la même intensité. Stradivarius paraît avoir senti cette nécessité; les violons qui sont sortis de ses mains, sont très peu voûtés : aussi ont-ils une intensité de son bien plus considérable que ceux de Stainer, qui le sont beaucoup.



III. — La caisse est formée par la réunion de plusieurs tables minces, arrangées de manière que l'air qu'elle contient ne communique avec l'air environnant que par de petites ouvertures. Il est probable qu'on a été amené à ce genre de construction par hasard, ou en considérant, qu'en général les corps creux sont plus sonores que les autres; mais, d'après ce que j'ai dit précédemment sur les vibrations communiquées, il est facile de se rendre raison de cette construction.

La caisse remplit deux fonctions bien distinctes, qui tendent au même but : l'une consiste à resserrer, dans un espace limité de toutes parts, une certaine quantité d'air qui agit de la même manière que celui qui est contenu dans un tambour, c'est-à-dire que c'est un moyen de communiquer les mouvements de la table au fond et aux éclisses; l'autre consiste à donner, à l'aide des éclisses, un point d'appui aux tables dans tout leur contour; de manière que le mouvement étant communiqué au milieu par le chevalet et par l'âme, il est impossible qu'il s'y fasse un grand nombre de nœuds. En effet, l'action du chevalet et celle de l'âme peuvent, jusqu'à un certain point, être comparées, par rapport aux tables, à celle de l'archet sur une plaque ou sur une corde; or, on sait que le point d'une plaque ou d'une corde, où l'on promène un archet, ne peut jamais être un nœud. On peut se convaincre de la vérité de ce que nous avançons, en saupoudrant de sable la table d'un violon; si cette table est bien plane et bien égale d'épaisseur, on pourra remarquer, en tirant des sons tantôt graves,

tantôt aigus, que les figures qui se forment sont en général composées d'une ligne nodale qui suit le contour de la table, sans cependant être tout à fait sur le bord, et d'un nœud qui est dans la direction de l'axe; enfin, qu'il se trouve rarement des nœuds dans l'espace compris entre les ouvertures qui établissent la communication de l'air contenu dans la caisse avec l'air extérieur : c'est ce qu'on peut voir en considérant les figures de la planche III. Il est évident que le contraire aurait lieu si les tables étaient libres par leur contour, et que tous les nœuds se formeraient alors vers leur milieu et jamais sur leurs bords, ce qui serait un grand obstacle à la transmission des vibrations par le moyen de l'âme, comme nous allons le voir.

Malgré que l'espace compris entre les ouvertures ait le même mode de vibration que si elles n'existaient pas, cependant les excursions des parties vibrantes sont plus fortes que si cette partie était entièrement réunie au reste de la table, ce qui doit y rendre les nœuds plus parfaits, c'est-à-dire, qu'ils doivent se rapprocher d'une ligne très fine. Ceci est d'une grande importance pour la transmission du mouvement de la table au fond, parce que si ces nœuds n'étaient pas d'une grande finesse, et qu'il vînt à s'en établir dans l'endroit qu'occupe l'âme, les vibrations ne seraient point transmises au fond; c'est aussi ce qui arrive quand on place l'âme dans la direction de l'axe de l'instrument où il y a presque toujours un nœud très large; le son est le même absolument que si l'on ne mettait



pas ce conducteur. Cette expérience a été faite sur un violon auquel on n'avait point mis de barre. On conçoit, au contraire, que si les excursions des parties vibrantes sont aussi grandes que possible, les nœuds seront comme des lignes très fines, et que, quand même il en passerait un dans l'endroit où pose l'âme, le mouvement devra se transmettre comme dans l'expérience des deux plaques réunies par une tige, quand la figure est un composé de lignes nodales diamétrales.

Du mode de vibration des cordes comparé à celui de quelques autres corps, on peut tirer quelques inductions propres à faire sentir les usages de la caisse : les cordes ont un mode de vibration très simple et facile à mettre en jeu; elles n'ont pas besoin de se diviser en plusieurs nœuds et en plusieurs ventres de vibrations pour produire des sons. Il n'en est pas de même, par exemple, des cloches d'harmonica, des plaques, etc., dont les mouvements sont beaucoup plus composés, mais en revanche dont le son est beaucoup plus pur et plus agréable. Pour que la cloche produise un son, il faut que sa circonférence se divise au moins en quatre nœuds et en quatre ventres de vibrations, dont les mouvements sont isochrones entre eux; dans la corde il n'y a qu'un seul ventre, à moins qu'on ne mette un obstacle léger dans un endroit où il pourrait exister un nœud; mais alors le son devient beaucoup plus doux et plus fort, en approchant de la qualité de celui de la cloche. Ainsi, dans la cloche, les sons, si je puis m'exprimer



ainsi, sont moelleux et flûtés par la structure même de l'instrument, tandis que dans la corde ils ne le sont qu'accidentellement. D'après cette considération, on pourrait regarder la caisse comme destinée, par des vibrations isochrones à celles de la corde, à lui tenir lieu d'un certain nombre de parties vibrant en même temps qu'elle, et rendant le son beaucoup plus fort et en même temps plus moelleux.

Sans doute que la harpe, dont les sons si purs, si doux et en même temps si forts, flattent si agréablement l'oreille, ne doit ses précieuses qualités qu'à la facilité qu'ont toutes les parties de la table de partager le mouvement des cordes, qu'au nombre considérable de ces cordes mêmes qui sont toujours prêtes à entrer en vibration, et par là à renforcer le son primitif et à le rendre plus doux et plus pur.

IV. — La bonté des instruments à cordes doit dépendre spécialement d'un certain rapport entre toutes les parties qui les composent. Ainsi, si l'on donne une forme et des dimensions quelconques à la table, par exemple, celles du violon ordinaire, les éclisses et le reste de l'instrument doivent avoir des dimensions en rapport avec celles de la table, et c'est de l'accord de toutes ces parties que doit résulter la perfection. En effet, l'ébranlement communiqué par le chevalet à la table supérieure ne s'étend sensiblement, avec des excursions suffisamment fortes, qu'à une certaine distance qui dépend de l'épaisseur de cette table : plus la partie qui est ainsi ébranlée a d'étendue, plus le son est fort; il est donc nécessaire qu'elle en ait



le plus possible. Il faut cependant que les mouvements soient assez forts sur ses bords pour qu'ils puissent se communiquer convenablement aux éclisses, et par le moyen de celles-ci au fond pour se réunir à cet endroit avec les ébranlements communiqués par l'âme.

Ce manque d'accord entre toutes les parties qui composent le violon ordinaire, est un de ses grands défauts; chacun peut s'en convaincre en mettant du sable ou mieux de la sciure fine sur la table d'un de ces instruments; en tirant ensuite successivement des sons de plusieurs cordes, on verra que les parties extrêmes de la moitié du violon qui touche au manche ne vibrent presque jamais.

Les mauvaises qualités de la guitare ont en partie la même origine; le corps renforçant en est beaucoup trop considérable pour qu'il puisse être mis entièrement en jeu par des cordes dont la disposition est d'ailleurs vicieuse. Il résulte de cela qu'il n'y a que quelques parties de la table supérieure qui entrent en mouvement, et que le reste de la caisse est inutile et même nuisible. Une preuve qu'il n'y a que quelques parties de la caisse qui soient ébranlées, c'est que le son de la guitare ne s'étend qu'à des distances peu considérables, ce qui provient de ce que le mouvement communiqué à l'air par les cordes n'est pas assez augmenté par les vibrations de la caisse, dont les surfaces fort étendues seraient cependant susceptibles de produire un bien plus grand effet si toute la machine était disposée plus avantageusement. Il

faudrait que les cordes, au lieu d'être parallèles à la table, y fussent perpendiculaires, ou qu'elles formassent avec elle un angle assez ouvert, comme celles de la harpe; alors elles ébranleraient la table bien plus fortement quand on les pincerait, et le son en deviendrait beaucoup plus intense.

L'instrument dont toutes les parties entreraient en mouvement avec une égale facilité, dont tous les points concourraient également au renforcement du son, et qui ne formerait plus qu'un seul et même corps sonore avec les cordes, serait le plus parfait, surtout si les tables et les éclisses en étaient aussi épaisses que possible (sans nuire cependant à la production des sons graves), afin de joindre le moelleux à la force des sons. Pour atteindre ce but, le meilleur moyen est de faire en sorte que la table aille en s'amincissant depuis le lieu de l'ébranlement jusque sur les bords, de manière que le mouvement vibratoire soit aussi fort auprès des éclisses qu'auprès du chevalet.

V.— La forme de la caisse est une des choses les plus importantes dans la construction des instruments. Maupertuis est, à ma connaissance, le seul qui s'en soit occupé d'une manière spéciale ; il résulte de ce qu'il dit à ce sujet, premièrement qu'il est nécessaire que la caisse soit composée de fibres longues et de fibres courtes, les premières favorisant les tons graves, et les secondes les tons aigus ; secondement, qu'on a été amené aux formes employées actuellement par une expérience raisonnée, et que ce sont les plus convenables.



M. Chladni, qui a observé avec beaucoup de soin le mode de vibration des plaques de différentes matières et de différentes formes, avance que Maupertuis s'est trompé en croyant que chaque fibre du bois vibrait séparément, et que quand il existait un rapport de longueur entre la fibre et la corde, les vibrations de la seconde entraînaient celles de la première ; il pense que des tables minces de bois ne vibrent pas autrement que des plaques de métal ou de verre, et qu'il suffit pour les employer qu'elles n'aient pas une largeur trop ou trop peu considérable, afin que les sons graves et ceux qui sont aigus soient favorisés également. Cette dernière observation est très juste et très importante. Quant à l'opinion qu'a M. Chladni, que les plaques de bois ont un mode de vibration qui est entièrement le même que celui des plaques d'une densité plus uniforme, telles que celles de métal ou de verre, etc., elle n'est pas tout à fait vraie.

Comme nous l'avons expérimenté, les plaques de bois sont bien susceptibles de donner quelques-unes des figures que donnent les plaques de verre ou d'autres matières à peu près homogènes; mais cependant la direction des fibres influe toujours sur le mode de vibration. En effet, n'importe comment on fasse l'expérience, il y a toujours un nœud de vibration dans la direction de la fibre la plus longue; et cela doit être, parce que la réaction élastique est plus forte dans ce sens que dans tous les autres, et qu'il se trouve naturellement dans le cas d'un point où l'on



aurait mis un obstacle pour obtenir un nœud. C'est ainsi que la figure qui est composée de deux diamètres qui se coupent à angle droit, est la même dans les plaques rondes de bois que dans celles de verre ou de métal ; seulement l'un des diamètres est toujours dans la direction de la fibre la plus longue. Mais si l'on cherche à obtenir la figure qui est composée de trois diamètres, qui se croisent en formant des secteurs de 60 degrés, comme on le voit figure 25, planche II, on ne pourra pas y parvenir ; on obtiendra en place la figure 26, fournie par une plaque de poirier, ou la figure 27, donnée par une plaque de sapin. Les rayons *a*, *b* de la figure 25 seront remplacés par une courbe d'autant plus faible, que les fibres du bois seront plus distinctes, et d'autant plus forte, que le bois sera d'une densité plus uniforme. La division régulière de la plaque en six parties égales, est indiquée dans les figures 26 et 27, et l'on voit que les extrémités de la courbe *c*, *d*, s'écartent de ces points à mesure que la courbe se redresse. Le son qui est le produit de ce mode de vibration paraît être le même, relativement au son fondamental, que si la plaque eût été traversée par trois diamétrales.

Nous sommes d'autant plus étonné que M. Chladni n'ait point fait cette observation, qu'on pouvait y arriver par le raisonnement aussi bien que par l'expérience. En effet, le mode de vibration des plaques dépend de la rigidité de la matière qui les forme ; c'est le même degré de cette rigidité dans tous les points de



leur étendue, qui est cause que leur circonférence est déterminée à se diviser en un certain nombre de parties égales pour produire des sons ; mais si la rigidité est plus forte dans un sens que dans l'autre, comme dans le bois, on conçoit que le mode de vibration devra se modifier en conséquence, et que la plaque ne devra plus se diviser également. Une table mince de bois, ronde, est plus difficile à plier dans la direction de ses fibres qu'en travers, de manière que si l'on applique un archet sur le bord, en travers des cordes ligneuses, il devra en résulter des nœuds de vibration, qui s'étendront d'autant plus dans la direction des fibres, que celles-ci seront plus isolées les unes des autres ; c'est-à-dire, que la rigidité transversale sera moindre, comparativement à celle qui est longitudinale.

Il y a cependant une remarque à faire pour le cas où la plaque n'est traversée que par une seule ligne nodale diamétrale : elle se produit également bien à travers et dans la direction des fibres. Mais la cause en est toute simple, car pour l'obtenir en travers des fibres, on est obligé de promener l'archet à l'extrémité des fibres les plus longues ; il est donc impossible qu'il s'y forme un nœud.

Nous ajouterons une remarque générale sur les plaques de bois : c'est que malgré qu'elles soient moins homogènes que des plaques de métal ou de verre, les nœuds de vibration y sont cependant plus parfaits, ce qui provient de ce que, dans la direction des fibres, la rigidité est très uniforme.

Plusieurs physiciens très distingués partagent encore l'opinion de Maupertuis ; mais elle ne paraît appuyée sur aucun raisonnement ni sur aucune expérience qui entraînent la conviction ; ce n'est qu'une supposition, dont la vraisemblance s'évanouit devant des expériences plus certaines. Les tables des instruments ne vibrent absolument que comme des plaques, mais comme des plaques de bois et non comme des plaques de matières homogènes ; on peut en acquérir la certitude en saupoudrant de sable fin la table d'un violon, et en en faisant résonner les cordes, expérience déjà citée plusieurs fois. Nous avons représenté, pl. III, fig. 6 à 9, avec toute l'exactitude qu'il nous a été possible d'y mettre, quatre figures que nous avons obtenues ainsi avec les quatre cordes à vide du violon, montées successivement sur l'instrument ; *a* indique la position du chevalet, *b* celle de l'âme, *c*, *c*, *c*, *c*, celle des tasseaux. Nous avons répété cette expérience plusieurs fois, et toujours obtenu des résultats analogues ; nous l'avons également faite sur un violon rectangulaire, et obtenu de même des résultats semblables, avec la différence que la forme de l'instrument devait nécessairement apporter dans les figures que le sable formait. On peut donc en conclure que les fibres du bois ne vibrent pas séparément, et qu'il n'est pas nécessaire qu'elles soient dans un certain rapport de longueur avec les cordes.

M. Chanot (1) s'est aussi appuyé, dans la construc-

(1) M. Chanot, officier du génie maritime, a apporté dans la construction du violon ordinaire quelques modifications qui paraissent



tion de son violon, sur une hypothèse qui a quelque analogie avec celle de Maupertuis ; car il prétend que l'âme sert, en interceptant en quelque sorte, dans l'endroit où elle touche, la continuité des cordes ligneuses, à faire un certain nombre de fibres courtes, qu'il regarde comme propres à favoriser les tons aigus, et que, par conséquent, la moitié droite de l'instrument est en rapport avec les sons aigus, et la gauche avec les sons graves. Cette manière de voir se trouve contredite aussi par les expériences que nous venons de citer ; car on voit, dans la planche III, que les figures sont toujours symétriques, et que, quand il y a un nœud dans les environs du pied droit du chevalet et de l'âme, il s'en forme toujours un pareil du côté opposé. Il faut faire attention que le fond n'est point un corps invariable dans sa position, mais qu'il cède à la pression de l'âme à proportion que la table supérieure cède à la pression du chevalet. Comme les expériences citées dans la première section le prouvent, l'âme ne sert qu'à transmettre les vibrations de la table supérieure à la table inférieure ; si l'instrument est bien fait, elle ne doit apporter aucune modification dans le mouvement des plaques qu'elle sert à mettre en rapport ; elle doit être en contact immédiat avec toutes les deux, mais elle ne

améliorer l'instrument et que l'expérience approuve. Mais, comme M. Chanot n'a pas publié les raisons qui l'ont engagé à modifier ainsi l'ancienne forme, nous parlerons de ses opinions d'après le rapport qui en a été fait par l'Institut, et qui se trouve dans le Moniteur universel du 22 août 1817, n° 234.



doit pas en être comprimée au point d'en changer le mode de vibration.

Si l'hypothèse qu'avance M. Chanot était fondée, quand on ôte l'âme d'un violon, les sons graves devraient être proportionnellement plus forts que les sons aigus ; mais, comme personne ne l'ignore, c'est le contraire qui a lieu. Quelquefois, dans ce cas, les sons aigus sont presque aussi forts que quand l'âme est à sa place, tandis que les sons graves sont constamment très faibles.

C'est donc à tort qu'on a voulu faire dépendre la forme des instruments d'un rapport de longueur entre les fibres ligneuses et les cordes, et qu'on a avancé que ces fibres entraient en mouvement quand elles étaient à l'unisson avec le son tiré des cordes, ou quand elles en étaient un des harmoniques.

C'est dans les développements dont la proposition de M. Chaldni est susceptible, qu'il faut aller chercher la forme des instruments en tenant compte de la différence qui existe entre le mode de vibration des plaques de bois et celui des substances à peu près homogènes. Pour bien faire ressortir cette différence, supposons qu'on veuille faire un violon avec des plaques de cuivre planes, et ne tenons pas compte de la manière dont on pourrait le jouer, ni de l'intensité du son. Il est évident que le point de l'ébranlement étant du milieu des plaques, pour que les excursions des parties vibrantes fussent également fortes dans tous les points du contour, il faudrait faire les tables rondes, ce serait sans doute



la meilleure forme. Maintenant supposons qu'on fasse un violon de même forme en bois, en sapin, par exemple, et voyons si les excursions des parties vibrantes seraient également fortes dans toute la circonférence ; il ne faut pas oublier que les bords de la table sont fixés après les éclisses. Supposons que la figure 28, planche II, représente la table d'un pareil violon, et qu'on n'y ait pas fait d'ouverture ; *c*, *c* indiqueront la position des pieds du chevalet : il est évident que l'élasticité sera plus régulière et plus parfaite dans la direction A B, puisque les fibres y forment une substance continue, que dans la direction C D, où elles sont séparées par une substance molle ; on remarquera que les fibres participeront d'autant plus difficilement au mouvement général, qu'elles seront moins unies entre elles, et qu'elles deviendront plus courtes, par conséquent plus résistantes ; car il ne faut pas oublier qu'elles sont fixées par leurs extrémités. Il faudrait donc, pour que les excursions des parties vibrantes fussent aussi fortes dans la direction C D que dans la direction A B, que le diamètre C D fût plus court que l'autre, ce qui changerait la forme en un ovale ; ou bien, il faudrait amincir la table sur les bords en C et en D, ou faire en sorte que le bois ne fût pas sur sa maille, comme disent les ouvriers, ainsi qu'il est représenté en L, figure 29, planche II, mais que les fibres se recouvrissent l'une l'autre, comme on le voit en M de la même figure. Peut-être serait-on obligé d'employer tous ces moyens à la fois, ainsi que nous le pratiquons

dans nos violons. On conçoit d'après cela que les instruments ne sont pas plus longs que larges, seulement pour la facilité du jeu ; mais qu'ils le sont encore par une autre raison, c'est-à-dire à cause de la matière qui les forme. Ceci conduit à une conséquence très importante, c'est que la largeur des basses et celle des contre-basses, doivent être moindres, relativement à leur longueur, que celle des violons, parce que la facilité du mouvement dans le sens des fibres reste la même, tandis qu'en travers elle diminue.

A l'aide de ces données et de ce que nous avons dit des tables planes et de la symétrie, nous allons chercher à déterminer la forme la plus convenable aux instruments à cordes. Il est évident que ce ne peut être qu'un composé de lignes droites, et qu'on devra en choisir le type parmi les figures symétriques.

En jetant un coup d'œil sur les différentes figures de cette espèce, on voit de suite qu'un losange, un triangle équilatéral, sont impraticables ; un triangle isocèle conviendrait mieux, en fixant le manche à l'angle qui n'a point d'égal ; mais comme dans cette partie les tables seraient très étroites, elles vibreraient très difficilement. Comme nous nous en sommes assuré par plusieurs expériences, les sons seraient faibles et difficiles à obtenir, surtout les plus graves. Quand on saupoudre de sable la table d'un violon ayant cette dernière forme, et qu'on fait résonner les cordes, les figures qui se produisent sont incorrectes dans la partie qui touche au manche, ce qui est une



preuve sensible de ce qu'a avancé M. Chladni, qu'il ne fallait pas que les tables fussent tellement étroites que les vibrations en fussent difficiles à obtenir, parce que les sons graves y perdraient.

Nous ne parlerons pas du carré, puisqu'il ne présente pas les conditions demandées, c'est-à-dire, plus de longueur que de largeur. Le rectangle ne convient pas non plus, parce qu'il est impossible de démancher ; d'ailleurs nous avons exécuté un violon de cette forme, et l'expérience nous a appris qu'elle ne convenait pas : les sons en étaient maigres, surtout les sons graves.

De toutes les figures de cette espèce, il n'en est point qui réunisse plus d'avantage que le trapèze ; il joint la facilité du jeu à l'égalité des sons, lorsqu'on lui donne les dimensions convenables. Cette forme n'est pas très éloignée de celle du violon ordinaire, où la moitié de la caisse qui touche au manche a toujours été faite plus petite que l'autre, disposition qui est sans doute un produit de l'expérience.

Comme on le voit, la théorie ne conduit qu'à des généralités approximatives sur la forme des instruments à cordes, et il faut recourir à l'expérience pour arriver à des résultats plus déterminés, puisque tout ce que nous avons dit jusqu'ici, établit seulement la nécessité de l'emploi des tables planes, celle de la symétrie et de la régularité, et celle de la forme trapézoïdale, sans rien donner de rigoureux sur les dimensions de chacune des parties qui composent l'instrument. C'est pourquoi, dans la section suivante, nous donnerons la description détaillée d'un nouveau violon, fait d'après



ces principes, en exposant ce que l'expérience m'a appris de mieux sur cette matière. Il sera facile de faire l'application de ce que nous dirons de cet instrument en particulier, à la construction des altos, des basses, et des contre-basses, en tenant compte des rapports qui doivent exister entre les dimensions de ces instruments.

## TROISIÈME SECTION.

### *Construction d'un violon trapézoïdal.*

Si l'on ne veut pas s'exposer à faire un instrument entièrement nouveau, dont il faudrait étudier le jeu, et qui, dans la musique, ne produirait plus les effets qu'on en attend, il faut conserver à peu près comme elles sont dans l'ancien violon, la longueur des cordes, prise entre le chevalet et le sillet, la longueur du manche et l'étendue des surfaces renforçantes. On est donc forcé de donner douze pouces au diapason, et de faire en sorte que les tables et les éclisses forment une caisse dont l'étendue soit à peu près égale à celle du violon ordinaire, afin que le son n'en soit ni plus fort ni plus faible. Je partirai donc de ces bases fixées par l'usage et qui ont été exposées dans la première partie de cet ouvrage pour déterminer la longueur et la largeur des tables, la hauteur des éclisses, etc.

Je ferai seulement ici une réflexion générale sur les dimensions qu'il convient de donner à la caisse : c'est que, lorsqu'on la fait trop grande relativement



aux cordes, il en résulte un inconvénient très grave : les excursions des vibrations des cordes deviennent si étendues, qu'on ne peut plus s'en rendre maître, et que ces cordes paraissent moins tendues que celles du violon ordinaire, quoiqu'elles le soient cependant de la même manière ; elles sont molles sous le doigt, ce qui gêne beaucoup dans l'exécution. Au contraire, quand la caisse est trop petite, les cordes paraissent trop tendues, parce que les excursions en sont moins grandes. Il y a donc des dimensions qu'il serait important de ne point dépasser, soit en moins, soit en plus ; mais jusqu'ici l'expérience seule peut nous éclairer sur ce point. Je dirai seulement à ce sujet, que mes essais m'ont conduit à reconnaître que le volume de la caisse de mon violon devait être un peu moindre que celui du violon ordinaire, parce que les tables en sont beaucoup plus faciles à mettre en jeu.

Pour mettre dans cette section le plus de clarté qu'il me sera possible, j'examinerai successivement ce qui a rapport à chacune des pièces qui composent l'instrument, en faisant, sur la manière de les construire, les réflexions qui m'ont été suggérées par un assez grand nombre d'expériences.

Avant d'entrer dans la description de mon violon trapézoïdal, je crois utile d'expliquer les figures de la planche III, qui en représente les détails. Je n'ai pas cru nécessaire de représenter l'instrument dans son entier ; la forme en est si simple que cela serait devenu superflu.

Planche III, fig. 1. Table séparée du reste de l'instrument.

Fig. 2. Intérieur de la caisse, la table et le manche étant ôtés. Comme on le voit, on pourrait, aux dépens du tasseau du manche, arrondir le petit côté du trapèze; ce changement n'aurait aucune influence sur les qualités du son, et faciliterait peut-être le jeu.

Fig. 3. Coupe passant par la ligne C, D.

Fig. 4. Coupe passant par la ligne A, B. Comme on le voit, la table ne fait point de saillie en dehors des éclisses; néanmoins, il serait peut-être avantageux qu'il y eût un bord saillant, seulement au côté du trapèze qui donne attache au manche : un artiste célèbre m'a fait remarquer que ce serait un moyen pour arrêter le pouce quand on veut monter jusqu'auprès du chevalet. Il pourrait être avantageux aussi de faire saillir le filet, non pas en dehors des éclisses, mais sur la table même, dans toute l'étendue du grand côté parallèle, afin que l'instrument fût plus facile à fixer entre le menton et la poitrine.

Fig. 5. Coupe passant par C, D, la barre étant en arc.

I.— La table est la partie principale du violon; c'est celle qui demande le plus de soin : la forme qu'on lui donne, entraîne celle du reste de l'instrument. Eu égard à ce que je viens de dire, qu'il était indispensable, dans un nouveau violon, de conserver quelques-unes des anciennes dimensions, la table doit avoir intérieurement douze pouces et quelques lignes de longueur; à l'extérieur, elle doit avoir treize pouces, l'épaisseur des tasseaux étant de huit lignes, et celle des deux éclisses des côtés parallèles étant de deux lignes; cette longueur totale est celle du violon ordinaire. La largeur de la table ne peut pas dépas-



ser une certaine étendue, qui se trouve déterminée par le jeu de l'archet et par la hauteur du chevalet, ce qui donne la longueur de chacun des deux côtés parallèles, le petit ayant 3 pouces 1 ligne 1/2, et le grand 8 pouces 4 lignes, comme on peut le voir dans la planche III. On aurait pu rétrécir le petit côté davantage et allonger le plus grand; mais comme je l'ai déjà dit, j'ai trouvé par expérience, après avoir fait plusieurs violons de cette façon, que la production des sons graves n'avait lieu qu'avec peine.

La table se fait ordinairement en sapin, et quelquefois en cèdre. Il est probable qu'on pourrait remplacer le sapin par d'autres bois résineux et également fibreux; mais comme le timbre dépend en partie des matières qui composent le corps renforçant, il serait à craindre qu'il en fût changé; c'est ce qui demanderait à être vérifié par des expériences.

Les luthiers emploient ordinairement du sapin du Tyrol ou de la Suisse. Il me semble que la préférence accordée au bois de ces contrées n'est pas tout à fait fondée; il me paraît d'une densité trop uniforme, et n'avoir seulement que l'avantage d'être travaillé très facilement; c'est peut-être ce qui lui a fait donner la préférence sur les sapins de notre pays. J'ai fait plusieurs violons en sapin des Vosges que j'ai toujours trouvé supérieur au sapin de Suisse. Ce bois réunit tous les avantages quand il est bien sec et qu'il n'a pas été flotté : il faut que les fibres n'en soient ni trop écartées, ni trop serrées, qu'elles soient bien droites et à égale distance l'une de l'autre.



Il ne suffit pas de choisir du bois dans un pays qui en fournit de convenable, il faut encore distinguer dans un arbre la partie qui convient le mieux, et, ce qui est encore plus essentiel, déterminer les épaisseurs de la table d'après la qualité du bois qu'on a choisi. Amati, Stainer et Stradivarius paraissent avoir excellé dans ces détails de construction. On a souvent copié avec tout le soin possible quelques-uns de leurs violons; il s'en faut de beaucoup qu'on ait toujours obtenu des résultats satisfaisants; et l'on ne devrait pas en être surpris, parce qu'il est vraisemblable que si ces grands maîtres eussent eu à travailler le bois qu'on a employé pour les imiter, ils n'auraient pas donné aux tables ces mêmes épaisseurs qu'ils avaient employées pour un bois d'une qualité différente.

Si l'on veut avoir de bonnes tables, il ne faut pas les refendre à la scie; par ce moyen, il est rare qu'elles soient bien de fil, comme disent les ouvriers; le meilleur moyen, c'est de les refendre à la hache. Cette remarque est applicable au fond, aux éclisses, et, en général, à toutes les parties qui composent l'instrument.

Dans le violon ordinaire, on s'est beaucoup occupé de l'épaisseur de la table, et avec raison. On peut dire en général qu'il faut qu'elle soit mince, mais susceptible, conjointement avec la barre, de supporter, sans plier, la charge des cordes sans le secours de l'âme soutenue par le fond. Si elle a besoin de ce secours, l'instrument n'aura qu'un son faible, parce que les vibrations, tirant leur origine de l'élasticité



du bois, si l'exercice de cette propriété est empêché par une force étrangère, il est évident que le renforcement du son ne pourra avoir lieu que d'une manière imparfaite. Dans la planche III, on trouvera les dimensions que je regarde comme les plus convenables. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que l'épaisseur doit être déterminée par la qualité du bois; s'il est dense et raide, il faut qu'elle soit moindre; s'il est mou et très sec, il faut qu'elle soit plus forte. C'est ici que le talent et l'expérience de l'artiste sont nécessaires : il n'est pas de théorie qui puisse les remplacer.

Il peut aussi arriver que les épaisseurs soient convenables à l'instant où l'instrument sort de la main de l'ouvrier, et qu'ensuite le bois venant à sécher elles ne conviennent plus; le contraire peut aussi avoir lieu, en sorte qu'un instrument qui ne réunissait pas d'abord toutes les qualités, les acquiert quelquefois en vieillissant. On obvierait à toutes ces difficultés en n'employant que du bois bien sec.

Par les raisons que j'ai exposées pages 358, 360 et 367, je n'ai pas donné à la table une épaisseur égale dans toute son étendue : la face interne est parfaitement plane, mais la face externe est convexe. L'endroit où pose le chevalet, qui est juste le milieu de la longueur de la table prise intérieurement, est le point le plus épais : il a 2 lignes 3/4; l'épaisseur va de là en diminuant jusqu'aux bords, qui ont tout à l'entour une ligne d'épaisseur, ce qui fait que les parties de la table, qui sont étroites et éloignées du cen-

tre de l'ébranlement, ont à peu près autant de mobilité que celles qui en sont le plus rapprochées.

Depuis quelque temps, on croit surpasser les anciens en faisant la table d'une seule pièce; il est néanmoins préférable de la faire de deux pièces, prises à côté l'une de l'autre, dans un même morceau qu'on refend, qu'on dédouble, si l'on peut parler ainsi, et on les colle ensuite à côté l'une de l'autre, en ayant le soin de placer le joint exactement au milieu de l'instrument, afin que les deux moitiés soient bien symétriques. Après qu'on a donné à la table la forme qu'on veut, il faut, en appuyant le pouce de chaque main sur sa face interne, et les autres doigts le long de ses bords latéraux, la faire plier, afin de voir si la courbe qu'on produit ainsi est bien régulière ; si elle ne l'est pas, c'est un signe que l'une des deux moitiés est plus épaisse que l'autre, ou qu'étant de même épaisseur, le bois est plus raide dans l'une que dans l'autre ; alors il faut enlever du bois petit à petit, jusqu'à ce que la courbe devienne régulière, et jusqu'à ce qu'on sente que la résistance est la même des deux côtés.

Les ouvertures de la table représentent une *f* dans le violon ordinaire; cette forme me paraît nécessaire, parce qu'il était avantageux à cause de la résistance de la voûte, de couper un certain nombre de fibres, afin d'avoir plus de mobilité (voyez la page 335). On y avait sans doute été amené par une suite d'expériences ; car originairement ces ouvertures représentaient un C ou un croissant dont la concavité était



tournée en dehors. La même raison ne subsistant pas, en employant des tables planes, je crois préférable de faire ces ouvertures rectilignes et parallèles. Il n'est pas facile de déterminer à quelles distances elles doivent être l'une de l'autre, quelle longueur et quelle largeur elles doivent avoir, puisque, comme nous l'avons vu, elles remplissent une double fonction. D'abord, elles établissent la communication de l'air contenu dans la caisse avec l'air extérieur : si on les ferme en collant par dessus un morceau de papier, le son de l'instrument n'est plus reconnaissable tant il est affaibli : ensuite, elles donnent à la table une mobilité indispensable pour que les excursions des parties vibrantes y soient aussi fortes que possible, et que les nœuds de vibration y soient très fins. Cela est si vrai que, si au lieu de pratiquer ces ouvertures sur la table on les pratiquait sur le fond, le son serait beaucoup affaibli. L'épaisseur du bois et sa densité doivent donc influer sur la distance à laquelle elles doivent être l'une de l'autre, sur sa longueur et la largeur qu'il faut leur donner. J'estime qu'un pareil problème, qui présente plus de difficultés qu'on ne le croirait d'abord, ne peut être complètement résolu que par une suite d'expériences bien faites. Dans la pl. III, on voit comment je place ces ouvertures ; leurs positions et leurs dimensions sont le résultat de mes recherches à ce sujet : j'ai observé que le son devenait plus sourd quand je les éloignais l'une de l'autre ou que je les faisais plus petites, et plus éclatant quand je les rapprochais ou que je les faisais plus grandes.



II. — La barre dite d'harmonie et sa position ont toujours été regardées comme des choses principales. J'ai fait un violon trapézoïdal sans barre ; il allait on ne peut mieux pendant quelques heures, c'est-à-dire tant que la rigidité de la table n'était pas surmontée par la pression des cordes, tant qu'elle ne s'enfonçait point ; il devenait sourd à mesure que cet effet se produisait. Cette expérience me fit voir que la table avait besoin d'un support qui la maintînt parfaitement plane. Les dimensions de ce support ne peuvent être déterminées que par l'expérience (voyez la planche II).

Dans le violon ordinaire, on place la barre sous le pied gauche du chevalet ; on prétend qu'elle est là pour faire une résistance égale à celle de l'âme qui est derrière le pied droit ; mais ceci est une erreur. Comme je l'ai dit plus haut, la table doit conjointement avec la barre supporter la pression des cordes, sans que l'âme y soit pour quelque chose, parce qu'elle ne sert qu'à communiquer les vibrations de la table au fond ; en conséquence, pour que la table soit symétrique et qu'elle ne soit pas exposée à s'enfoncer plus d'un côté que de l'autre, il faut en placer le support dans la direction de l'axe de l'instrument, afin que le mode de vibration qui est toujours symétrique dans un corps qui l'est lui-même, puisse se faire également bien dans les deux moitiés. Sans cette disposition, la table s'enfoncerait du côté droit et l'âme serait comprimée, ce qui ôterait du son à l'instrument et en détruirait l'égalité.



On pourrait remplacer la barre par un support fait en arc de cercle, qui ne toucherait la table que par un point, et dont les extrémités seraient fixées à la partie inférieure des tasseaux (voyez la figure 5 de la planche III). J'ai fait cette expérience plusieurs fois, et je n'ai pas remarqué que le son fût changé. Ce serait un moyen d'avoir des instruments d'une grande solidité et dont le son se conserverait longtemps sans altération ; mais il faut noter qu'il est très difficile de déterminer les dimensions d'un pareil support parce qu'elles ne peuvent pas être les mêmes pour tous les violons, à cause de la rigidité si variable du bois. Cet inconvénient existe bien avec la barre ordinaire, mais il est moins sensible.

III. — Le fond se fait ordinairement en plane, en érable, quelquefois en hêtre ou en sycomore. Le premier de ces bois paraît l'emporter sur tous les autres, au moins c'est celui auquel on donne maintenant la préférence. On le tire de la Forêt-Noire, du Tyrol, et c'est encore à tort que nous allons chez nos voisins chercher ce que nous pourrions sans doute trouver chez nous. Ces bois qu'on fait venir à grands frais de l'étranger, n'ont souvent d'autre mérite que la beauté ; si les luthiers voulaient se donner la peine de choisir dans nos forêts, ils trouveraient facilement dans les Ardennes et ailleurs, de l'érable et du plane convenable. J'ai fait plusieurs violons dont le fond et les éclisses étaient en érable et en plane originaires du département de Meurthe-et-Moselle ; ils ont été trouvés fort bons par les artistes et les amateurs.

Il y aurait beaucoup d'expériences à faire sur les diverses espèces de bois. Après avoir adopté une forme simple, telle que celle que je propose, on pourrait faire une série de violons, tous parfaitement pareils et de bois différents ; alors on aurait quelque raison pour donner la préférence à l'un plutôt qu'à l'autre.

Il existe un rapport entre l'épaisseur du fond et celle de la table qu'il est facile de déterminer d'après les expériences que j'ai rapportées dans la première section, à l'occasion des vibrations communiquées par une tige placée entre deux plaques de mêmes dimensions, et à l'occasion des vibrations communiquées par l'air. Il est évident, d'après ces expériences, que le fond devrait être d'une épaisseur telle, que le son qu'il rendrait, si on le faisait vibrer directement, fût exactement le même que celui que la table rendrait dans les mêmes circonstances. On trouverait facilement des moyens de parvenir à ce but ; mais si le bois de la table était plus sec que celui du fond *et vice versâ*, il arriverait qu'en séchant, le rapport n'existerait plus, parce que celui qui serait moins sec perdant proportionnellement plus que l'autre, il deviendrait relativement plus mince.

Je crois que, pour éviter ces inconvénients, le meilleur moyen serait de faire le fond en sapin comme la table, et de lui donner la même épaisseur. J'ai fait un violon de cette façon, et j'ai remarqué qu'il était supérieur aux autres par la délicatesse et l'égalité des sons ; mais ils étaient un peu faibles, ce que j'attribue aux éclisses que j'avais faites égale-



ment en sapin. Je pense que les vibrations de la table ne se communiquaient pas au fond par le moyen des éclisses, par la raison que chacun connaît, que le sapin, à cause du peu d'union de ses fibres, ne propage pas le son quand on le frappe en travers des cordes ligneuses. Il aurait donc fallu faire les éclisses en bois debout, ou ce qui aurait encore mieux valu, les faire en plane ou en érable, et je crois qu'on aurait obtenu ainsi de bons résultats.

Je ne parlerai pas des autres dimensions du fond ; elles doivent être les mêmes que celles de la table. Quand on supprime le fond, le son est un peu plus faible que quand on ne fait que supprimer l'âme. J'ai vu avec étonnement que la différence n'était pas très grande : il a beaucoup moins de moelleux, mais l'intensité en est peu diminuée.

IV. — Les éclisses se font de même bois que le fond : comme elles sont peu élevées, il est nécessaire qu'elles soient minces ; néanmoins il est probable qu'on les fait généralement trop minces, et j'ai observé que quand elles sont un peu fortes, les sons gagnent en douceur. Je leur donne une bonne ligne, épaisseur qui paraîtra considérable, au premier coup-d'œil, relativement à celle des éclisses du violon ordinaire ; mais si l'on réfléchit que, dans ces dernières, le bois est contourné dans la direction de ses fibres, on verra que, quoique plus minces, elles doivent avoir une grande résistance.

La hauteur, plus ou moins considérable, des éclisses, en changeant la capacité de la caisse et la



longueur de l'âme, influe beaucoup sur la qualité du son. Quand elles sont peu élevées, il est plus sec, plus maigre, si l'on peut s'exprimer ainsi, quoique plus éclatant ; dans le cas contraire, il est plus doux, plus fort et plus agréable. Comme il était nécessaire de conserver une intensité de son égale à celle du violon ordinaire, les dimensions de mes tables étant fixées, la capacité de l'ancien violon a déterminé la hauteur de mes éclisses. Elles doivent être exactement de la même épaisseur partout, et il faut beaucoup de précaution pour ne pas violer ce précepte ; rien de plus facile que de les faire bien d'épaisseur avant de les coller à la table et au fond. Mais pour peu qu'en les collant, elles rentrent ou ressortent d'une petite quantité, quand on en dresse la surface extérieure lorsque toute la caisse est montée, on est forcé d'ôter plus de bois à une place qu'à l'autre et elles ne sont plus égales d'épaisseur ; c'est ce dont je me suis aperçu plusieurs fois en détablant des violons pour faire des expériences. Pour remédier, autant que possible, à cet inconvénient, il faut faire un moule qui remplisse exactement toute la cavité de la caisse.

L'assemblage des éclisses demande à être bien fait, non-seulement pour l'agrément, mais encore pour l'utilité. Le meilleur moyen pour atteindre à une grande exactitude, c'est de faire un outil dans le genre de celui qu'emploient les menuisiers pour assembler deux morceaux à angle droit, par exemple les côtés d'un cadre. On donne à cet outil l'angle



qui convient ; c'est un moyen de faire bien et promptement, quand même on ne serait pas bon ouvrier.

Il faut coller la table avec les éclisses, avant de coller le fond, parce que le sapin ne se raccourcit pas ou ne s'allonge pas d'une manière sensible, quand il est exposé à l'humidité ou à la sécheresse. Il n'en est pas de même du plane, surtout quand il n'est pas vieux, en sorte que si l'on colle le fond le premier, il se raccourcit quelquefois, bride les éclisses qui deviennent courbes par leurs bords, et c'est un inconvénient auquel on ne peut pas remédier.

Je ne fais point usage des contre-éclisses ; je pense que cette partie de l'instrument, qui peut être nécessaire dans le violon ordinaire pour contenir les éclisses et les empêcher de se voiler et de se décoller serait nuisible, parce qu'elle diminuerait la largeur de la table, en lui donnant sur les bords une raideur qui ne pourrait être que désavantageuse ; d'ailleurs, elle serait inutile à cause de la plus grande épaisseur des éclisses, qui permet de les assujettir bien solidement en en dressant les bords avec soin.

V.— Les tasseaux ont pour usage d'unir les diverses parties de l'instrument, et de former un point d'appui au manche et au bouton du cordier. Ils ont encore pour fonction de transmettre les vibrations de la table au fond et aux éclisses, en facilitant le renforcement du son par la direction de leurs fibres perpendiculaires à celles de la table et du fond, ce qui

leur fait jouer un rôle analogue à celui de l'âme. C'est ce dont on peut s'assurer par l'examen des figures de la planche III; on voit qu'il ne passe point de nœuds sur les tasseaux, et qu'en répétant l'expérience, si l'on verse du sable sur la table, dans les endroits qui leur correspondent, on le verra sautiller, et se retirer vers les nœuds voisins. Si l'on pose un diapason en vibration sur les points de la table qui correspondent aux tasseaux d'un violon, le son est beaucoup plus fort qu'en le posant partout ailleurs; ce qui indique que le son est renforcé, non-seulement par les vibrations communiquées à la table, mais aussi par celles qui sont communiquées au fond.

On fait les tasseaux en sapin, en tilleul ou en autre bois léger; le premier est préférable parce qu'il vibre plus facilement, surtout quand il est bien sec. Pour leur donner exactement la forme qui est indiquée dans la planche, il faut employer un outil dans le genre de celui dont je viens de parler pour ajuster les éclisses.

VI. — L'âme a pour fonction de transmettre au fond les vibrations de la table, ainsi que je l'ai dit dans la première section; sa longueur est déterminée par la hauteur des éclisses, son diamètre est déterminé par la qualité du son qu'on veut avoir; il est maigre quand elle est trop mince, et sourd quand elle est trop grosse. Sa position, relativement au chevalet, influe beaucoup sur la qualité du son : on la place généralement derrière le pied droit. Mais comme la raideur du bois et



la pression des cordes influent beaucoup sur le rapport qui existe entre l'âme et les cordes, ce n'est qu'en tâtonnant qu'on parvient à la mettre à la place qui lui convient : on peut dire en général, qu'il faut la placer derrière le pied droit du chevalet et un peu en dehors. Dans mon violon, on peut essayer de la mettre derrière le pied gauche, mais j'ai observé que, dans cette disposition, le son des cordes de devant perdait d'intensité en devenant plus doux.

Toujours dans l'hypothèse que la moitié droite du violon est en rapport avec les sons aigus et la moitié gauche avec les sons graves, M. Chanot pense que le son devient alors plus faible, parce qu'au moyen de l'âme ainsi placée, on fait des fibres courtes où il ne devrait y en avoir que de longues, et qu'on en fait de longues où il ne devrait y en avoir que de courtes. Cette explication, appuyée sur une hypothèse que l'expérience ne confirme pas, est entièrement fausse, on peut expliquer ce phénomène d'une manière plus satisfaisante. En effet, les deux grosses cordes étant toujours moins tendues que les deux autres, la pression qu'elles exercent sur l'âme est moins forte, d'où il s'ensuit que le contact étant moins parfait, les vibrations du chevalet et de la table supérieure sont moins complètement transmises au fond et à toutes les autres parties de l'instrument. Je dirai pour preuve de ce que j'avance, qu'ayant fait un violon dont la table était trop mince, quand je plaçais l'âme à droite, le son était faible, parce que la pression des cordes de devant étant trop forte, la table s'enfonçait, ce qui



était la mobilité à l'âme et en empêchait les vibrations; tandis que quand je la plaçais à gauche, les sons étaient beaucoup plus beaux et plus pleins, surtout les sons graves, parce qu'alors la pression étant moins forte sur l'âme, toutes les parties de l'instrument étaient plus libres dans leur jeu.

Quand on met deux âmes à un violon, l'une à droite et l'autre à gauche, il a moins de son que s'il n'y en avait pas du tout, ce qui doit dépendre de ce que la table et le fond n'étant pas à l'unisson et de même bois dans les violons sur lesquels j'ai fait cette expérience, les figures que ces deux plaques formaient n'étaient pas les mêmes pour faire le même nombre de vibrations. On conçoit alors que la seconde âme devait être un obstacle à la communication du mouvement par la première; il est probable que cet effet n'aurait pas lieu si le fond eût été de même bois que la table et s'ils avaient vibré à l'unisson.

Quand on place l'âme en devant du pied droit du chevalet, le son n'est pas changé d'une manière notable; seulement j'ai cru remarquer qu'il était un peu plus dur.

Quand on la met au milieu entre les deux pieds du chevalet, j'ai déjà dit que le son était à peu près le même que s'il n'y en avait point, et j'en ai exposé la raison (voyez pages 355 et 356).

VII.— Il y a peu de choses à dire sur le manche; il ne faut pas le faire trop lourd, ni en bois qui ne soit pas bien sec. On pourrait pratiquer une gouttière à la face par laquelle il doit s'unir à la touche; il en de-



viendrait plus léger, sans perdre de sa force. Le manche influe plus qu'on ne le croit sur la qualité des sons; quand on laisse trop de force à la partie par laquelle il est uni à la caisse, il en résulte une raideur qui n'est propre qu'à éteindre les vibrations en servant en quelque sorte de sourdine.

Il n'est aucune partie dans les instruments dont la construction soit indifférente; tout, même la touche, contribue au renforcement du son; elle participe au mouvement général. Si on la recouvre de sable, on le verra remuer quand on fera parler les cordes, et il remontera contre son propre poids pour aller former un nœud longitudinal qui partagera la touche en deux parties égales. On fait la touche en ébène; il serait peut-être préférable de la faire en sapin, et de la plaquer ensuite en ébène, pour que les vibrations en fussent aussi faciles que possible.

VIII.— Le chevalet sert pour transmettre les vibrations des cordes à la table supérieure, comme on peut aisément s'en convaincre, en le chargeant d'une sourdine ou de tout autre corps propre à gêner les mouvements oscillatoires. Les dimensions du chevalet influent considérablement sur la qualité du son. S'il est un peu plus large, un peu plus étroit, ou s'il a été fait avec du bois léger ou passé, le son change d'une manière étonnante; il en est de même si les pieds ne joignent pas bien sur la table, ou si on le jette un peu plus à droite ou un peu plus à gauche, de manière que la symétrie ne subsiste plus. Il serait très important de déterminer la largeur, la hauteur

et l'épaisseur du chevalet, parce qu'on ne peut pas la dépasser soit en moins, soit en plus ; mais il s'en faut de beaucoup qu'on ait des données qui puissent conduire à cette détermination.

Il est facile d'expliquer pourquoi il est nécessaire que le chevalet touche la table en deux points différents. En voici la raison : comme l'axe de la table est presque toujours un nœud de vibrations, il était impraticable de ne faire poser le chevalet que par un seul point placé dans la direction de ce nœud, puisqu'il n'aurait servi à rien, comme nous avons vu que cela arrivait à l'âme dans les mêmes circonstances. On pourrait croire que c'est la présence du chevalet qui occasionne ce nœud longitudinal ; mais il se produit constamment aussi dans toutes les figures qu'on obtient en appliquant l'archet à la plaque même, avant de la coller, ce qui est d'ailleurs conforme à ce que nous avons dit pages 361 et 362.

IX. — Les diverses manières dont on peut fixer les cordes à la caisse, derrière le chevalet, ont une influence très marquée sur la qualité des sons. Ordinairement on les attache toutes quatre à une des extrémités d'une petite verge de bois, qu'on appelle cordier, dont l'extrémité opposée porte une corde pliée en boucle pour s'attacher à un bouton de bois ou d'ivoire, sur lequel le tirage s'opère, et qui est fixé après un tasseau placé exprès pour cela.

Cette disposition présente divers désavantages : le plus sensible de tous, c'est que le cordier n'étant pas extensible, il est un obstacle aux vibrations de la ta-



ble. En effet, supposons pour un moment que le chevalet soit un corps invariable dans sa position, mais que cependant il transmette les vibrations de la corde ; il est évident que l'une des deux moitiés de la table se relevant toujours, tandis que l'autre s'abaisse, il arrivera que le chevalet opposera alternativement une résistance insurmontable à la moitié de la table qui tendra à se relever, et qu'ainsi il arrêtera de suite les mouvements oscillatoires. Il faut donc, pour que ces mouvements puissent se faire avec facilité, que le chevalet cède à l'effort alternatif que fait toujours l'une des deux moitiés de la table pour se relever ; c'est aussi ce qui a lieu dans le violon ordinaire, mais d'une manière imparfaite. Le chevalet y est maintenu dans sa position, par des cordes qui sont susceptibles de s'étendre et de céder un peu à l'effort que la table fait pour se relever ; mais le cordier, qui n'est point, comme les cordes, susceptible de s'étendre, doit être un puissant obstacle à cet effet, et l'on conçoit qu'il serait avantageux de le supprimer et de prolonger les cordes jusqu'au bouton du cordier, où l'on pourrait les fixer séparément à des chevilles de cuivre ou de fer, qui pénétreraient dans le tasseau ; le son en deviendrait plus plein et plus éclatant, puisque les vibrations du corps renforçant seraient plus faciles. L'expérience vient à l'appui de ce raisonnement et en confirme l'exactitude.

Quand on a ainsi prolongé les cordes, on pourrait croire que le son n'acquiert de l'intensité et de l'éclat que parce que la partie de la corde qui est derrière



le chevalet peut vibrer par communication, lorsque le son qu'elle pourrait rendre serait à l'unisson ou un des harmoniques du son tiré d'une des cordes placées entre le chevalet et le sillet. Mais on peut se convaincre que l'effet obtenu ne dépend point de cette cause, en chargeant d'une lame de plomb les prolongements des cordes : malgré qu'il leur soit impossible alors de vibrer, le son est toujours aussi pur et aussi fort ; il est même utile de les charger constamment d'un étouffoir quelconque, parce que sans cela les sons perdraient de leur égalité, puisqu'il arriverait que quelques-uns d'entre eux pourraient être renforcés plus que les autres par les vibrations excitées par communication dans les prolongements des cordes.

Il faut encore éviter cette résonnance pour une autre cause qui tient à un phénomène qui a été aperçu pour la première fois par M. Blanc. Si l'on met deux cordes d'un instrument presque à l'unisson, et qu'on n'en fasse vibrer qu'une seule, celle qui vibre excite dans l'air une suite d'ondes qui, venant à passer sur la seconde corde, lui font prendre un mouvement tel que le comportent son poids, sa longueur et sa tension. Mais comme ce mouvement oscillatoire n'est pas tout à fait le même que celui de l'autre corde, il ne s'accorde pas avec les ondes excitées dans l'air, et bientôt il s'éteint. Quand la seconde corde est revenue à l'état de repos, les oscillations de la première continuant toujours, les choses se retrouvent dans le même état qu'au commencement, et la seconde corde, excitée de nouveau par



les ondes de l'air, entre une seconde fois en mouvement, puis elle s'arrête, et ainsi de suite. M. Blanc s'est aperçu, en répétant cette expérience de diverses manières, que l'air n'était pas l'unique cause des mouvements excités dans la seconde corde, qu'il était même probable qu'il y entrait pour peu de chose, et que c'était par les corps solides qui servent de point d'appui aux cordes que la transmission avait surtout lieu. M. Blanc fit cette expérience sur une guitare ; je l'ai répétée sur un violon, dont les sons, prolongés à volonté, permettent d'examiner le phénomène avec beaucoup de soin. J'ai vu qu'alors il arrivait souvent que celle des deux cordes qu'on ne fait pas vibrer avec l'archet, faisait des vibrations régulières et constituait le son principal et soutenu, tandis que l'autre corde n'oscillait plus que d'une manière intermittente. Quelquefois, elles vibrent toutes deux alternativement avec intermittence.

Ce phénomène se produit non seulement quand deux cordes sont presque à l'unisson, mais encore quand le son de l'une est presque un harmonique de celui de l'autre. Enfin, si l'on continue pendant quelque temps à tirer le son de l'une des deux cordes, après quelques minutes elles finissent par se mettre à l'unisson. Il pourrait donc arriver (et cela arrive en effet) que, si l'on ne mettait pas un étouffoir sur les prolongements des cordes derrière le chevalet, elles vibreraient avec intermittence dans certains cas, ce qui produirait le plus mauvais effet.

Les expériences qui précèdent rendent compte d'un grand nombre de phénomènes qui se présentent dans les instruments; j'en citerai quelques-uns des plus remarquables. Par exemple, quand un violon a été monté pendant longtemps à un ton déterminé et qu'on vient à le monter ou à le baisser d'un ton, lorsqu'on en tire des sons, il arrive souvent que la caisse ne vibre que par moment, et alors le son est beaucoup affaibli et plus sourd ; ou encore il arrive que les vibrations de la caisse l'emportent sur celles de la corde, et alors celle-ci rend un son intermittent et très désagréable; enfin au bout d'un temps plus ou moins long, l'unisson se rétablit et les sons deviennent soutenus. Quand on dérange l'âme ou le chevalet d'un violon, le contact immédiat n'étant plus si parfait qu'auparavant, pendant plusieurs jours les cordes paraissent fausses, parce que l'unisson ne s'est pas encore bien établi avec la caisse et que, dans la production de certains sons, elle ne vibre que par intermittence. J'ai fait un violon dont le *la* à vide était toujours faux; quelque corde que j'employasse, elle rendait toujours un son intermittent, quand elle était montée au ton du diapason ; un demi-ton plus bas, elle vibrait juste ; la table de l'instrument était en sapin extrêmement vieux. Il est probable qu'en la faisant vibrer elle-même directement, elle aurait rendu un son qui aurait peu différé de celui du diapason, et c'est ce qui donnait naissance à cet effet singulier ; il est probable aussi que si j'avais eu la patience de jouer ce violon pendant quelque temps,



l'unisson se serait établi et que ce défaut aurait entièrement disparu.

M. Chanot a aussi supprimé le cordier et il a fixé les extrémités des cordes après la table même, à trois ou quatre pouces derrière le chevalet. Au point d'attache, la table est doublée par deux lames d'ébène, une en dedans et une en dehors. M. Chanot prétend que, par ce moyen, on peut déguiser les tons sourds de l'instrument, en donnant aux prolongements des cordes une longueur telle qu'ils puissent vibrer par communication avec les sons qui sortent le moins. Mais comme je l'ai déjà dit, un instrument dont la construction est bien entendue, ne doit pas avoir besoin d'un pareil secours, les sons doivent en être parfaitement égaux, et les résonnances qu'on cherche ainsi à obtenir ne pourraient qu'être nuisibles en détruisant l'égalité et en exposant l'instrument aux vibrations intermittentes excitées par communication.

M. Chanot prétend encore que l'attache des cordes sur la table a l'avantage de rendre les excursions des parties vibrantes plus fortes, puisque la corde tendant à se raccourcir d'une petite quantité lorsqu'elle oscille, elle doit tendre aussi à agiter et à soulever la table ; cela pourrait être. Cependant, on peut en douter quand on considère que le tirage des cordes tend bien en effet à soulever la table, mais qu'il ne doit pas lui permettre de s'abaisser, ce qui serait nécessaire pour que les vibrations fussent complètes, et que le son gagnât en force et en qua-



lité. D'ailleurs, en admettant la production de l'effet demandé, il doit être bien compensé et au-delà par la nécessité où l'on est de couper les fibres du bois pour passer les cordes, de doubler la table de deux lames d'ébène dont le poids produit nécessairement un effet contraire à celui que l'on attend.

Enfin, le plus puissant de tous les motifs pour rejeter cette manière de fixer les cordes, c'est qu'elle doit amener promptement la destruction de la table, ce qui ne paraît pas douteux quand on considère que la tension des cordes, que M. Charles a trouvée égale à quatre-vingts livres (40 kil.), se fait sur une partie peu étendue d'une table assez mince, dont la rigidité naturelle doit être infailliblement détruite en peu de temps par une force si considérable.

X. — Le vernis sert à la beauté en même temps qu'il rend la qualité du son permanente. Lorsqu'on néglige de vernir la table, l'instrument perd de son moelleux et de sa force ; personne n'ignore que les guitares, dont les tables ne sont point vernies, perdent beaucoup en vieillissant ; il en est de même des pianos. On pourrait penser que, dans ce dernier instrument, la détérioration après quelques années de service dépend uniquement de la pression considérable des cordes multipliées qui sont tendues sur la table ; mais elle tire encore son origine d'une autre source. Si elle dépendait seulement de la cause qu'on lui assigne, le son ne deviendrait pas aigu et maigre comme il le devient ; il deviendrait sourd et faible, comme j'ai eu l'occasion de le remarquer



quand je faisais des violons dont les tables étaient trop minces, ou auxquels je ne mettais point de barre ; ils devenaient sourds à mesure que la table s'enfonçait, mais le son n'était jamais maigre. Il paraît que dans les pianos, les ébranlements communiqués à la table par une grande quantité de cordes qui vibrent harmoniquement avec le son principal, détruisent peu à peu la contexture du bois en expulsant un grand nombre de particules sous forme de poussière ; en effet, si l'on travaille le sapin qui a servi à un piano, il paraît très poreux et comme pourri. Il est présumable que l'humidité de l'air est pour beaucoup dans ce changement de nature, car les violons ne se détériorent pas, quoique très chargés par leurs cordes, tandis que les guitares qui ne sont guère plus chargées, mais qui ne sont pas vernies, se détériorent très promptement ; il en est de même des violons quand on ne les vernit pas, le son a d'abord plus de force et de moelleux que s'ils étaient vernis ; mais il se modifie peu à peu et devient ensuite faible et maigre, ce qui arrive après un temps assez court.

En général, on estime les violons dont le vernis est à l'huile ; je croirais assez que c'est avec raison, comme il est plus liant que celui qui est fait à l'esprit de vin, il convient mieux pour des instruments dont les tables sont minces, parce qu'en les pénétrant il leur donne plus de consistance. Je crois au contraire que, pour des violons dont les tables sont épaisses, le meilleur vernis est celui qui pénètre le

moins dans le bois, et qui lui laisse toutes ses qualités naturelles. Celui de gomme-laque dissoute jusqu'à saturation dans l'esprit de vin rectifié à trente-quatre ou trente-six degrés, m'a paru très convenable; il sèche très promptement et n'est pas sujet à s'écailler.

Avant de vernir, on polit avec soin, ordinairement avec la pierre ponce, la prêle et le papier de verre; quelques luthiers polissent à l'huile, d'autres à l'eau, afin qu'en appliquant la couleur, elle ne fasse point saillir les pores du bois; ces procédés sont vicieux, parce qu'en empâtant le bois, ils tendent à le dénaturer. L'eau surtout est extrêmement nuisible; son action sur le bois en change la nature, comme on peut le voir dans celui qui a été flotté. Le meilleur moyen, à mon avis, est de polir avec un racloir, comme celui que les ébénistes emploient; on parvient, à l'aide de cet outil, à un poli fort beau, et aucun procédé ne convient mieux pour faire paraître les différentes nuances du bois.

Quant aux couleurs, telles que le safran et le rocou, il paraît qu'elles nuisent au bois et contribuent à rendre les sons aigres; le vernis à la gomme-laque donne une teinte fort belle à laquelle on pourrait se tenir et qui ne nuit en aucune manière.

XI. — Il ne suffit pas de faire de bons instruments et de travailler pour l'oreille, il faut encore les orner pour plaire à la vue et contenter tous les goûts. Il faut être très réservé dans l'emploi de ces enjolivements; un simple filet en ébène et en plane suffit pour con-



tenter l'œil et encadrer une forme qui aurait paru nue sans cela. On le place sur le bord, qui ne fait point de saillie dans les violons que j'ai construits, et il contribue à la solidité ainsi qu'à la conservation des arêtes. Il faut le faire très mince; il n'en sera que plus solide et l'on prendra moins dans l'épaisseur des tables pour l'encastrer. Tous les ornements en ivoire ou en nacre ne sont bons que pour empêcher les vibrations et rendre les sons sourds.

Je terminerai ici ce que j'avais à dire sur la construction des instruments à cordes et à archet. Je n'ai pas la prétention de croire que j'ai atteint la perfection; j'espère seulement que, si l'on construit des instruments d'après les principes que j'ai établis, on arrivera plus sûrement à des résultats avantageux qu'en suivant l'ancienne forme.

Les sons de mon violon n'ont pas tout à fait les mêmes qualités que ceux des violons ordinaires : le timbre en est un peu différent. Ils ont moins d'éclat, quoiqu'ils aient au moins autant de force; ils sont plus purs, plus doux, plus moelleux; ils parlent plus à l'âme, ce qui les rend très propres à exprimer les passions tristes et les sentiments tendres. Ce qui les distingue surtout, c'est une égalité parfaite, qualité qu'il est fort rare de rencontrer dans les violons ordinaires et qui indique que la disposition générale de l'instrument est appuyée sur de bons principes. Quand on entend ce nouvel instrument pour la première fois, on le trouve plus sourd que le violon ordinaire, ce qui provient de ce que le son n'est pas

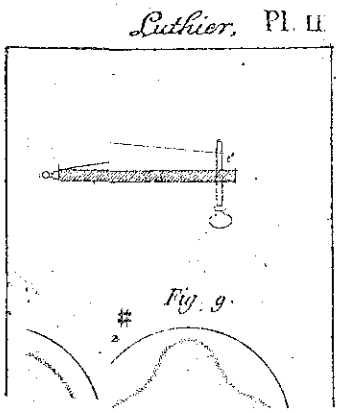


mêlé de bruit, et c'est ce qui le fait paraître moins éclatant; ensuite, on s'y habitue, et bientôt on le trouve plus plein, plus nourri et plus agréable. On pourrait facilement, comme je m'en suis assuré par un grand nombre d'expériences, lui donner de l'éclat en augmentant la longueur des ouvertures ou en diminuant la hauteur des éclisses, ou bien encore en diminuant l'épaisseur des tables.

Comme je n'ai déterminé toutes les proportions de détail que par mon expérience personnelle, on conçoit que l'instrument doit être encore susceptible de grands perfectionnements et qu'entre les mains de luthiers habiles, il pourrait donner des résultats beaucoup plus avantageux que ceux que j'ai obtenus. D'ailleurs, je n'ai jamais mis en pratique le précepte que je donne, qui est de faire le fond d'une épaisseur telle qu'il soit susceptible de rendre le même son que la table. Il n'est pas douteux qu'on obtiendrait ainsi des instruments dont les sons seraient d'une très grande pureté.

On doit donc regarder les proportions que j'indique comme une application de la théorie que j'ai établie et comme le résultat de quelques essais dans lesquels j'ai plus cherché à obtenir une qualité de son qui fût de mon goût, que je n'ai cherché à contenter le goût général.

---



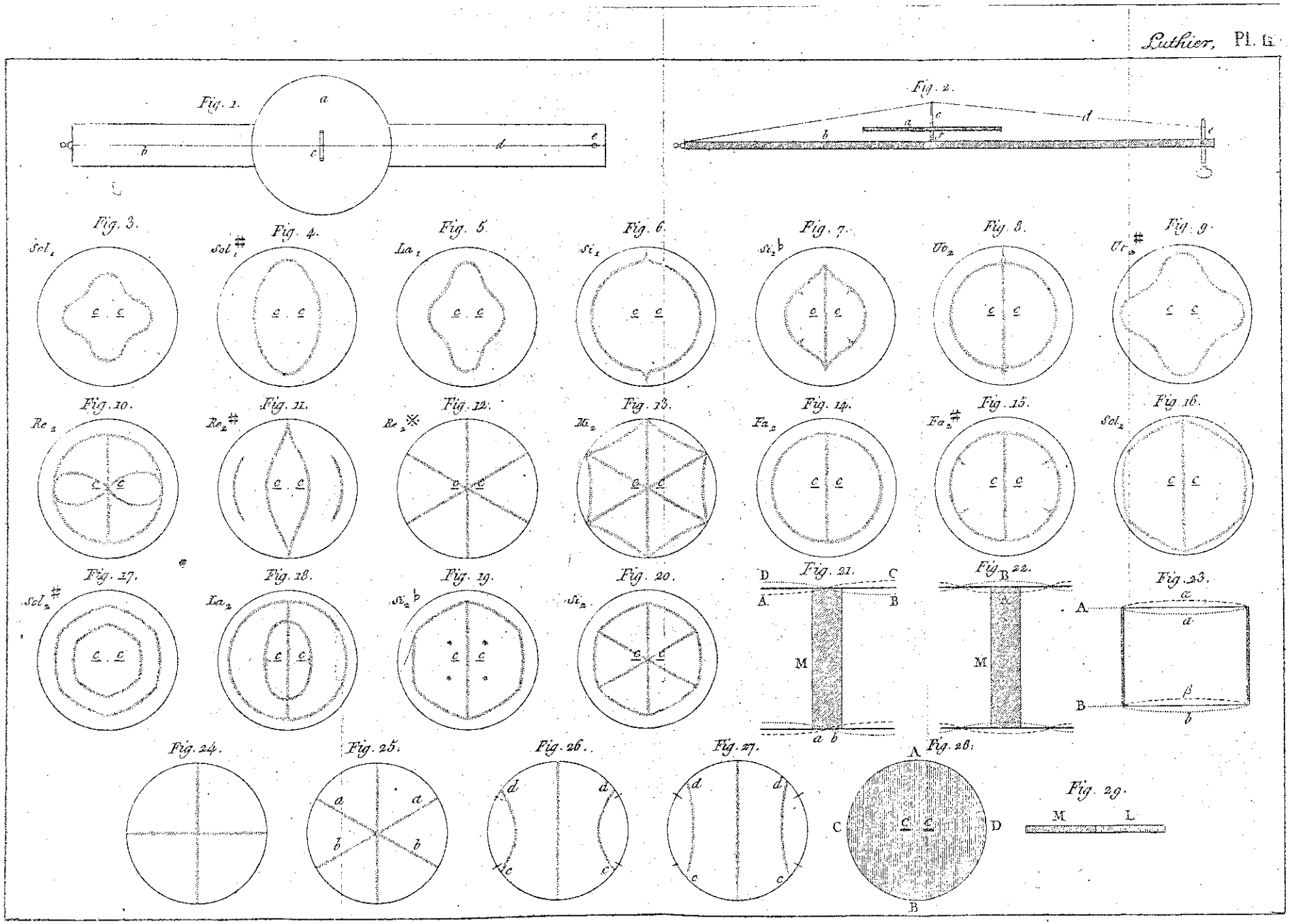


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.

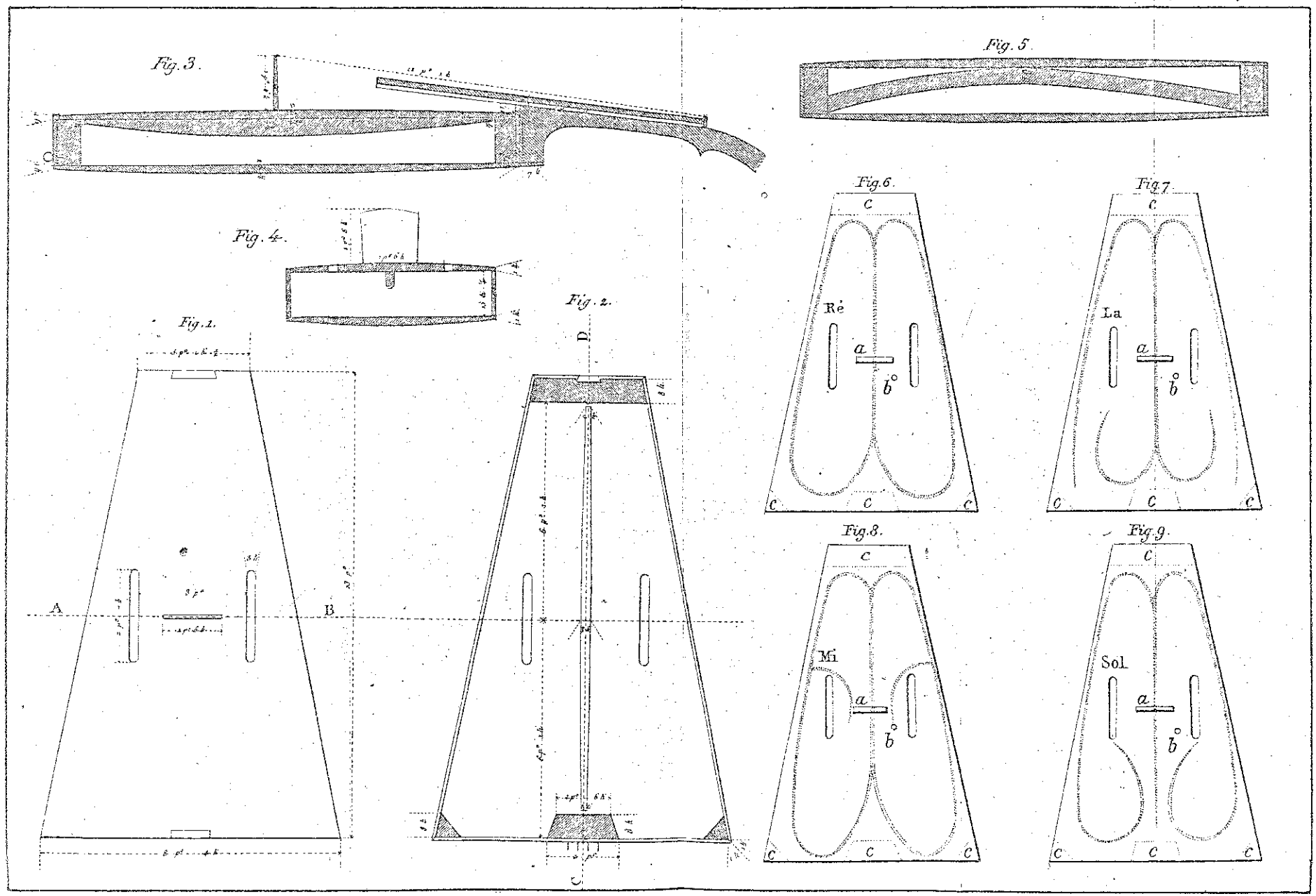


Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
A
B
C
D
a
b
c
Ré
La
Mi
Sol

# TABLE DES MATIÈRES

Mémoire sur la construction des instruments à cordes et à archet, par F. Savart.

Première Section

Principes de la Construction des Instruments à cordes. . . . . 333

Deuxième Section

Vibration des corps sonores . . . . . 348

Troisième Section

Construction d'un violon trapézoïdal. . . . . 370

FIN

BAR-SUR-SEINE. — IMP. SAILLARD.