

D a n i e l
Emile Leipp

F r i e d r i c h

Juin 1977

N° 92

La Guitare
Fonctionnement

G A M

Bulletin du Groupe d' Acoustique Musicale

Université PARIS VI Tour66
4 place Jussieu
75005 Paris

PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE LA GUITARE CLASSIQUE

On distingue deux parties :

- 1) Le système Excitateur ; ce sont les cordes
- 2) Le système Amplificateur et résonateur, constitué par le corps sonore de l'instrument.

Les cordes fournissent un riche signal, de nombreuses fréquences qui seront amplifiées par la table, si elle est bien conçue, et par les autres pièces du corps sonore.

Toutes ces pièces, ces parties ont une fréquence propre et se comportent comme des résonateurs.

Comme elles sont solidaires, attachées, collées ce sont des résonateurs couplés.

Le gros problème est d'amplifier toutes les fréquences émises par les cordes sans avantager ou restreindre certaines d'entre elles, c'est à dire sans sur-résonance ni trous dans la réponse de l'instrument qui doit être égale pour toutes les notes et tendre vers ce but.

Si la table amplifie fortement une fréquence renforcée par la vibration d'une des parties constitutives on a une sur-résonance.

Le contraire est également possible.

On peut donc modifier les éléments constitutifs, toutes les pièces pour obtenir une réponse très égale, mais sans nuire aux qualités déjà acquises.

Assez rapidement un problème nouveau apparaît. L'énergie communiquée par le pouce à la corde peut être restituée par la guitare en trois secondes ou en six secondes, selon sa construction.

On aura alors deux choix extrêmes possibles.

1°) Faire une guitare légère, au plus 1.600 grammes avec une table fine, à la manière d'une peau de tambour. On aura de fortes amplitudes mais des extinctions rapides du son, d'autant plus que le fond sera très fin et les éclisses pareillement.

Cela donnera de fortes basses, un son rond et mat en général et un son court dont on entendra beaucoup les attaques.

2°) Faire un instrument plus lourd, avec des épaisseurs plus fortes, avec une table barrée plus fortement (bien nervurée) qui résiste, qui fait "ressort" qui n'est pas bloquée, à bout de course. Avec un manche bien pensé le tout sera en équilibre avec de bonnes

possibilités d'oscillation.

D'où : Longueur de son. Puissance Maximale et excellent rendement.

Il faut noter qu'on ne peut rien modifier sans changer quelque chose dans la réponse, dans le son de la guitare, en bien ou en mal. Pour progresser une observation très attentive est nécessaire.

Une fiche technique doit être établie pour chaque instrument. Finalement, le constructeur est seul pour le choix de ses options. Il doit être doué d'un esprit de synthèse et d'un bon sens artistique certain.

Il n'y a pas de "secrets majeurs" pour concevoir, créer une guitare, mais mille choses à savoir. Il n'y a pas de "trucs" miraculeux," mais seulement de l'expérience et beaucoup d'expériences afin d'en tirer des observations, des enseignements, des solutions.

Parmi les nombreux problèmes posés au luthier certains présentent des réalités difficiles à saisir qui échappent partiellement à la technique des Laboratoires et les font tomber dans le domaine artistique (qui se trouve assez vaste encore).

Ces expériences porteront sur :

- 1) La puissance (de loin, de près)
- 2) La longueur de son
- 3) L'égalité du niveau sonore
- 4) Le timbre
- 5) L'équilibre entre graves et aigus
- 6) Le toucher facile ou difficile de l'instrument
- 7) L'homogénéité des sons
- 8) La spontanéité de la réponse et la sensibilité
- 9) L'attaque du son - audible ou non
- 10) Le contraste (jeu clavecin ou harpe)
- 11) Résonance sympathiques - présentes ou non.
- 12) Clarté dans les accords ou obscurité.

Tous ces éléments constituent les caractères principaux de l'instrument mais nous ne verrons, dans le cadre de cet exposé, que certains d'entre eux. La puissance et la longueur de son, spécialement. En fait, l'expérimentateur prendra la mesure des autres éléments au cours de ses recherches de Puissance et de longueur de son.

Quelle priorité donner aux différentes parties de l'instrument pour leur étude ?

Si on expérimente sur plusieurs points en même temps, les interprétations seront douteuses et difficiles ; par ordre d'importance il faudra donc voir :

- 1/ La Table avec son barrage, le choix des bois, l'épaisseur.
- 2/ Le Manche nature du bois, épaisseur.
- 3/ Le Corps, les éclisses, le Fond.
- 4/ Le Chevalet avec le Volume et la Forme, les voûtes.
- 5/ Les colles, les Vernis.

L'étude qui va suivre concerne surtout le système "Table-Manche-Cordes". Puis nous verrons une recherche à propos du rôle de la Table et du Fond complétée par une approche historique et technique des chevalets.

SYSTEME TABLE - MANCHE - CORDES

RECHERCHE DE PUISSANCE - Essai de Théorie de fonctionnement

(Il est sous entendu que la majorité des guitaristes souhaitent posséder un instrument doté d'un son long qui aura un côté, un aspect moins explosif dans la première seconde, mais qui aura encore du corps dans les suivantes.)

Au lâcher de la corde, prenons la 6ème, le Mi grave - après avoir créer une surtension, donc un mouvement simultané de la table et du manche, par la pression du doigt sur la corde, on observe une mise en vibration complexe de l'instrument.

1°) Manière directe

La table au lâcher se met à osciller, à vibrer sous l'action de la corde.

Le manche également, en particulier la tête (facile à vérifier si on la tient entre les doigts) à l'autre extrémité de la corde.

Si le bois du manche et son talon est assez dur et rigide et le fond souple et peu barré on aura un mouvement aussi du fond qui se tendra alternativement sous la traction du talon (*fig.25*). Mouvement qui ne peut exister sans *la présence* d'un fond bombé et voûté.

La partie de la table (qui est voûtée) derrière le chevalet est aussi soumise à des tractions supplémentaires à chaque vibration de la corde (qui se fondent dans un mode vibratoire complexe).

Les vibrations vont se communiquer instantanément aux éclisses et au fond par le matériau employé et cela va renforcer certaines fréquences, donner un caractère particulier à toute une série de sons,

2°) Manière indirecte, par voie aérienne

Le volume d'air vibrant, créé par les déplacements de la table, va actionner le fond et les éclisses autour de leurs fréquences propres et projeter des ondes sonores à travers l'ouverture de la table

Toutes ces vibrations se combinent, se superposent pour donner des sons complexes dotés d'un certain caractère, que le luthier essaye de maîtriser.

Manche En observant de plus près le manche on voit trois points de flexion, d'articulation possibles qui sont le siège de mouvement vibratoires au lâcher de la corde et qui se combinent instantanément, *fig.26*

Prenons deux cas extrêmes :

Ce manche peut être fait dans un bois dur, lourd et rigide .

- ou taillé dans un bois souple et léger,
- ou tout simplement trop fin - ou trop gros.

(On peut établir qu'un manche est trop fin quand sous la tension des cordes son creux, sa flèche est supérieure à 4/10 de mm

Si cette tolérance est dépassée on observe des phénomènes de frisage des cordes basses et de "claquement" des aigus dès que l'on atteint le sixième ou septième frette qui obligent à hausser le sillet du chevalet).

Manche lourd et rigide

On peut imaginer alors dans le cas d'un manche trop lourd et trop rigide, qu'au lâcher de la corde sa réaction – brusquement libérée -

va gêner le mouvement de la corde. Il domine le système et va empêcher l'installation rapide d'un régime vibratoire de basses fréquences par exemple. Les basses vont être sèches et dépourvues de moelleux. Il se comporte comme un filtre.

Ce manche qui tire anarchiquement va gêner la table également, d'où couplage difficile, émission sans spontanéité et finalement perte de puissance.

Manche souple léger ou fin.

Examinons le cas contraire d'un manche très souple ou trop fin, c'est aussi fâcheux. Lorsque le doigt en appuyant sur la corde crée une

surtension, c'est l'extrémité la plus faible, la plus souple qui plie, qui bouge. Dans ce

cas précis ce sera le manche qui viendra en avant, et non la table qui bougera fort peu, ce qui n'est pas le but recherché en lutherie.

Evidemment il est séduisant d'établir que de toutes façon c'est de faire déplacer la table qui est important, et faire en sorte que l'action des cordes sa manifeste seulement du côté table. On peut voir alors certains luthiers placer un manche très robuste sur leurs guitares, ou réaliser une armature interne de ce manche. La solution de ce type de problème réside souvent dans un compromis entre les avantages et les inconvénients.

Table

Le problème se corse avec la table, située à l'autre extrémité de la corde.

Elle peut être conçue schématiquement, elle aussi de deux manières différentes et extrêmes.

1/ Table trop rigide. Elle bouge peu, d'où un petit son, assez sec et clair avec peu d'amplitude et un jeu difficile.

2/ Table trop souple. On obtient de grandes amplitudes qui favorisent les basses, l'harmonique 2 très fort, un toucher facile, du moelleux dans les graves, mais un son court en général.

Il est possible de visualiser et d'illustrer ce système oscillant à peu de frais, en plaçant sur deux petits rouleaux espacés de quarante centimètres une première baguette de bois d'épicéa de 5 millimètres sur 5 millimètres de section (fig. 27). En accrochant un poids de 500 gr en son milieu que l'on tire légèrement vers le bas et que l'on lâche, on observe un mouvement assez rapide et long en durée (le poids représente l'action des cordes sur la table).

Table et Manche

Puis en plaçant une baguette du même bois mais plus fine, d'une épaisseur de 3 millimètres seulement, si on répète l'opération on observe un mouvement de grande amplitude, beaucoup plus lent et plus court qui représente bien le comportement d'une table trop souple.

En combinant Tables et Manches on trouve deux cas extrêmes.

1/ Table et Manche trop rigides - la corde seule s'allonge, rien ne bouge volontiers, l'émission est pénible, le son est petit, sec, peu timbré et métallique, pas de graves.

2/ Table et Manche trop souples -- On aura beaucoup de graves, le toucher de la guitare sera mou (avec un phrasé pâteux) Le son sera court en général et mat et il y aura des phénomènes de frisage et claquage à l'attaque des notes.

On pourra envisager également d'adjoindre un manche souple à une Table rigide ou le contraire dont nous avons déjà vu l'éventualité. Ce sera comme toujours en lutherie un choix artistique représentant la personnalité de l'auteur. De choix en choix la manière du luthier apparaît, se dégage.

La recherche de puissance, c'est à dire d'équilibre du système "Table-Manche-Cordes" peut être facilitée par la Mesure de la Flexibilité du Manche et de la table séparément, puis par cette même mesure, l'instrument étant terminé, cordes tendues et cordes détendues, comme nous allons le voir au paragraphe "Contrôle des flexions".

Remarque Les luthiers d'autrefois tendaient les cordes de leurs instruments jusqu'à ce que celui-ci "Sonne" et fonctionne bien. Il semble que de nos jours les exigences soient plus grandes. En effet, pour que le son soit long, bien timbré, sans faiblesses dans les trois octaves et demie, une recherche considérable est nécessaire, en conservant un accord fixe donné par le diapason au LA 440 hertz.

Pour créer l'accord optimal et le bon équilibre de la table, du manche et des cordes on peut réaliser un manche réglable dont la fixation est réglable également, avec deux vis qui viennent prendre appui sur la table. Nous l'avons personnellement construit, mais la variation n'est pas assez grande.

2ème solution : Il ne reste qu'à retoucher la table après un essai de l'instrument (ce repentir n'étant possible que sur un barrage prévu à cet effet).

3ème solution : Il est possible (l'améliorer les choses en changeant le tirant des cordes.

Une dernière observation à propos du bois dont on fait depuis plus de cent ans les manches de la plupart des guitares classiques de qualité Le Cédra du Honduras semble avoir une qualité rare en plus de sa stabilité et de sa légèreté. Sa texture très amortie (et très fragile aux coups) lui permet d'arrêter, de filtrer certaines vibrations provenant de la tête et qui pourraient nuire si elles se répercutaient jusqu'à la caisse sonore en chevauchant les vibrations émises côté chevalet. Ce bois donne donc un caractère de propreté, de netteté et d'homogénéité aux sons, et de spontanéité du fait de sa légèreté.

EXAMEN DES BOIS - CONTROLE

Considérations Générales

Quand le luthier est arrivé par essais successifs à un excellent résultat, se pose un problème majeur : "Comment reproduire exactement cet instrument aussi bien du point de vue Puissance que timbre, homogénéité, toucher, etc...". (Il est question ici de lutherie de haut niveau)

Les bois sont d'une extrême diversité le plus souvent., et cela même à l'intérieur d'un même arbre et d'une planche de cet arbre.

On trouve plusieurs positions possible face à ce problème.

a/ L'optimiste se dit : "Le hasard me ménagera de bonnes surprises"

b/ Le constructeur soucieux pensera : "J'aime mieux contrôler le plus possible et expérimenter pour reculer le domaine encore flou de certaines de mes connaissances, et pouvoir proposer des oeuvres diverses et voulues".

c/ ou bien se dira : "Avec mes connaissances acquises je vais essayer de construire des guitares homogènes de qualité très semblables, avec des bois pourtant très souvent différents".

De toutes façons les erreurs sont très "malvenues", gênantes et le problème de la sélection des bois se pose.

Remarques

Le première recherche qui s'impose est d'avoir des bois de table provenant de la même planche (difficile à réaliser car les tables vendues dans le commerce sont mélangées le plus souvent.) Au bout de quelques années on s'aperçoit que les planchettes prises vers le haut du tronc d'arbre sont plus serrées, plus rigides. Au prochain sciage on prend soin alors de numéroter les tables en divisant le tronc en trois ou quatre parties croissantes en rigidité et en finesse de couches.

On s'aperçoit malgré cela de résultats inégaux.

Les mêmes observations sont à faire pour les manches qui, découpés dans les extrémités d'une planche en largeur, peuvent varier en poids et en rigidité d'une façon importante.

Pour sortir d'une lutherie de hasard, il faut aller plus loin et contrôler systématiquement toutes les pièces et les peser, choisir exactement le même type de bois qui a donné le résultat intéressant.

Fort heureusement la lutherie toute en plaques de bois fines de la facture de guitare se prête bien à des contrôles et des examens, difficiles en lutherie concernant les violons.

Nous proposons donc quelques observations rapides des résineux utilisés pour les tables (dans le cas présent de l'épicéa) avant de donner des notions précises sur le contrôle des flexions et l'étalonnage des différentes pièces constitutives; Ainsi que les flexions que peut présenter l'instrument en cours de fabrication, et terminé.

EXAMEN D'UNE PIECE DE BOIS RESINEUX

STRUCTURE DE L'EPICEA

Ces bois sont constitués principalement par des cellules axiales (dans le sens de la longueur) qui sont de minuscules "tuyaux juxtaposés" de 1 millimètre et demi à quatre millimètres et demi de longueur. Ils constituent souvent 90 % du volume total du bois.

On trouve également des cellules radiales (dans le sens du milieu vers l'extérieur) qui constituent les Rayons ligneux.

Les cellules axiales (les trachéides) sont de deux sortes (fig..27)

1) Celles *qui se* forment au début de la saison de Végétation (dans la zone initiale) à parois minces, qui sont des éléments conducteurs de sève.

2) Celles qui se forment à la fin de la saison de végétation dans la zone finale, à parois épaisses et à section aplatie, qui sont des éléments de soutien, et donnent de la rigidité au bois, de la résistance.

Ces cellules très serrées délimitent les couches annuelles et forment les veines.

Les facteurs externes (le méristème) vont influencer grandement la structure et déterminer la proportion de cellules de printemps et de cellules de bois final d'automne. Ces facteurs sont l'altitude, l'environnement immédiat de l'arbre, le terrain, la pluviosité.

On sait que l'altitude (vers 1.000 m) donne souvent un épicéa à couches fines, la durée de la végétation étant courte. Cela donne en général un bois lourd et dense dit à texture forte.

Les cellules de bois final d'automne sont donc l'armature naturelle de l'épicéa dans le sens longitudinal.

Il est rare de rencontrer des arbres dont la croissance a été régulière au cours des deux ou trois siècles nécessaires pour faire un beau bois de lutherie. Les couches annuelles sont irrégulières du fait que les pluies ont été plus fortes, ou la température plus douée une ou plusieurs années. L'abattage d'un arbre voisin provoque immédiatement un élargissement des couches de cellules. Cela se constate quand dans le travers d'une planchette on a des zones plus denses et plus rigides par endroit.

Dans le sens radial de l'arbre, une multitude de rayons ligneux dont la section est lenticulaire ou très aplatie, constituent la "trame" du bois de travers, son armature "solide" (fig. 28). La hauteur des rayons ligneux est faible, de un à trois dixièmes de millimètre. Ils sont composés de cellules à parois plus ou moins épaisses. Les rayons, selon leur nombre et leur épaisseur, semblent bien conditionner la rigidité radiale, c'est à dire "en bois de travers" (1).

(1) A cette question, le Centre Technique du bois consulté, a répondu que cette hypothèse "était fort probable".

Une remarque importante s'impose alors : si l'on prélève une planchette hors de l'axe parfait du tronc d'épicéa on ne trouve plus les rayons ligneux en entier, mais fractionnés, d'où une « mollesse" de cette planchette dans le sens du travers, et une cause de différence énorme d'une planchette tirée dans l'axe à une seconde provenant d'une autre région de l'arbre.

Une déduction apparaît également : Lors d'un achat de bois, la présence de fines mailles miroitantes sous l'effet de la lumière, indique la présence de rayons ligneux tranchés avec les "fibres" qui les contournent, et par conséquent que l'on est en présence d'une planche prise dans le milieu de l'arbre, qui présentera une rigidité "en travers" maximale.

Une source d'irrégularité notoire des capacités mécaniques des bois et de l'épicéa en particulier, provient du fait que très souvent le fil du bois n'a pas poussé parfaitement parallèle et vertical, et que dans l'épaisseur de la planche on constate des ondulations du sens des fibres. Dans ce cas le fil est dit : "tranche", et l'on trouve des caractéristiques mécaniques très diverses d'un morceau à l'autre.

Pour toutes les raisons précédemment exposées, quand par exemple on débite des pièces de bois pour les barrages des instruments (dans une même planche) on peut noter que les pièces taillées dans une partie particulièrement dure et résineuse, présentent des cotes de flexion, des caractéristiques mécaniques, allant du simple au triple, c'est à dire trois fois plus résistante qu'une pièce tirée d'une partie plus molle.

Ce manque d'homogénéité pose un problème qui peut se résoudre en contrôlant, en mesurant, et parfois en pesant presque toutes les pièces, ce qui permet de choisir celles présentant les capacités recherchées.

Ces contrôles porteront - sur les flexions des pièces,
- sur leur poids

et pour les tables - sur leur compressibilité au bois de travers

Compressibilité que l'on peut prendre avec un échantillon de quelques centimètres sur toute la largeur de la table juste jointée. La compressibilité remplace la flexion prise en bois de travers, mesure toujours difficile à effectuer.

Un bois de table fortement compressible est un bois mou en travers et souple, qui présentera des réactions molles et des risques de fatigue rapide sous la traction des cordes. Sa mesure précise est intéressante.

Dispositif pour la Mesure de compression.

Il s'agit de placer verticalement, de faire coulisser l'échantillon, long d'une quarantaine de centimètre, en bois de travers, dans un étui dont les parois le maintiennent rectiligne (comme une tablette de boulanger que l'on pousse après usage).

On applique ensuite sur l'extrémité une charge de 10 kg par centimètre carré de section (environ). On lit le tassement sur un comparateur à cadran qu'il faut incorporer dans le dispositif de mesure. Les tables feront l'objet également d'une écoute par percussion. au centre de gravité suivie éventuellement d'une analyse de ce choc en laboratoire (étudiée plus loin dans ce bulletin).

NOTIONS DE FLEXION(1) et contrôles divers

Une planchette chargée en son milieu est soumise à une contrainte de compression pour la partie supérieure et de traction pour la partie inférieure. Elle est maximale dans les fibres de surface.

On observe une fibre neutre au milieu.

- La déformation, la courbure des pièces peuvent se calculer.

- On rencontre aussi la notion de Module d'élasticité ou module d'Young. Cela représente simplement le degré de rigidité du bois qui déterminera un fléchissement plus ou moins prononcé.

Dans la facture de guitare il se trouve beaucoup de flexions possibles à enregistrer que l'on peut mesurer avec quelques appareils simples faits par l'expérimentateur.

Flexion longitudinale

I - En prenant une des deux planchettes qui constituera la table, uniformément rabotée à 3y~par exemple, on pourra la placer dans le dispositif (fig.30) de telle manière que l'endroit où se situera l'axe de la pliure corresponde exactement à l'axe du chevalet. En appliquant un poids de 500 gr environ, à un emplacement adéquat on pourra mesurer la différence soit avec deux réglets métallique (un de chaque côté) coulissant sur un aimant ou avec un comparateur monté sur un support.

Cela peut s'appeler la Flexion longitudinale.

Flexion combinée

II - Quand la table est jointée et collée, il est possible de prendre une mesure plus complète qui donne une indication réelle de sa souplesse ou de sa rigidité avec un appareil (fig. 31) constitué de deux "moules extérieurs" en bois épais et indéformable dont l'intérieur est le tracé exact de la guitare.

En plaçant ces deux "moules" l'un sur l'autre et en les maintenant très serrés (avec la table au milieu) à l'aide de presses, il est possible, en appliquant un poids d'environ huit kilos à l'endroit où sera le chevalet, de relever la flexion à l'aide d'une jauge de profondeur à tige et à cadran. Cette jauge prendra appui sur une passerelle entre les deux traverses de laquelle viendra s'insérer le poids de 8 kg reposant sur un chevalet à l'endroit même qu'il occupera quand l'instrument sera terminé.

(1) Voir cahier du Centre technique du bois : Calcul des tablettes et rayonnage (1968).

(2) Matériel Technique chez Europe Outil Tel 371 67 67

Cette flexion donnera la résultante de la rigidité transversale et longitudinale ensemble, d'où son nom de flexion combinée.

III - Après le bois de table vient le tour des différentes pièces du barrage (fig.32)..

La flexion de chaque barrette (ou baguette) peut être prise très rapidement en la plaçant sur deux petits rouleaux distants de quarante centimètres environ. En y accrochant un poids de cinq cent grammes on peut lire sur un "réglet adapté" la déformation maximale (on est surpris d'enregistrer des variations importantes d'un bois à l'autre).

IV - Avec le même principe pour dispositif on pourra mesurer la flexion des barres transversales, mais la déformation étant petite il faudra employer un comparateur au centième de millimètre de préférence .

V - La flexion du chevalet (qui se trouve être un barrage transversal) est intéressante. On peut de cette façon tester un lot de ces pièces en effectuant au hasard quelques mesures, ou bien les mesurer un par un systématiquement, en immobilisant par une des pattes serrée dans un petit étau adapté, le chevalet, et en accrochant un poids de 1.000 grammes à l'extrémité de l'autre patte. Le déplacement se lit facilement avec un comparateur au dixième de millimètre.

Pour les chevalets on peut aussi chiffrer leur aptitude au gauçhissement, notion qui présente un intérêt certain si l'on cherche à donner une indépendance entre le côté grave et aigu de la guitare. Un chevalet trop épais ou en bois très dur se meut d'un seul bloc, sans souplesse.

VI - Flexion du manche ébauché (fig. 33) Cette importante mesure

est à prendre quand un lot de manche est seulement ébauché, c'est à dire découpé avec tête et talon collés. En maintenant le manche par la languette du talon et en appliquant sur la palmette un poids de 10 kg on peut relever la flexion avec un pied à coulisse adéquat. Ce pied à coulisse peut être placé sur une base aimantée.

Il est nécessaire de relever aussi le poids du manche brut et de se faire un système de référence avec tous les bois employés à cette fin.

Vil - Flexion de la touche d'ébène. Le procédé à employer est semblable au numéro un prévu pour les tables (flexion longitudinale). En immobilisant une extrémité de la touche, on pose un poids de 1.000 gr à un endroit repéré et la déformation peut se lire sur un réglelet métallique, ou à l'aide du comparateur. Il est inutile de préciser que toutes les pièces devront être préalablement rabotées à la même épaisseur.

VIII - Stabilité dimensionnelle . : Sous l'effet de l'humidité en pays tropicaux ou en bord de mer certaine guitare semble fonctionner "mollement". On peut soupçonner certains bois de table d'être particulièrement hygroscopiques. Il est notoire en effet que certains épicéa très dense et très résineux refusent l'imprégnation de produits de conservation par trempage et leur point de saturation est bien plus bas que 28 pour cent d'eau qui est la moyenne pour ce bois.

Pour en avoir une idée précise il faut mesurer des éprouvettes avant et après les avoir tour à tour immergées dans un bac à eau pendant dix minutes puis éventuellement jusqu'à saturation complète. L'expérimentateur notera des variations allant du simple au triple et il accordera sa préférence à un bois peu sensible quand il construira pour le Japon ou le Brésil.

Le système est simple : une butée coulissante (à la manière d'une toise) vient s'appliquer sur l'échantillon. Un comparateur à dos aimanté est placé derrière cette butée.

IX - Flexion du manche cordes détendues
et cordes tendues (fig. 34)

Quand l'instrument est terminé et avant le vernissage on peut contrôler le comportement du manche sur la caisse sonore en plaçant la guitare dans un dispositif où elle prend appui sur trois points situés à l'extrémité de la tête et de chaque côté de la plus grande largeur de caisse (le point de contact où la tête reposera devra être coulissant pour ne pas fausser la mesure). Il est facile alors de placer une charge de 10 kg entre la 12ème et la 19ème frette et de mesurer le déplacement avec un pied à coulisse entre la 11ème et la 12ème frette.

Lorsque la guitare sera complètement terminée on répétera l'opé-

ration avec les cordes tendues et on aura la surprise de constater que certaines présentent une flexion plus ample quand les cordes sont tendues, donnant à réfléchir sur les raisons.

X - Flexion de la table - Cordes détendues

- Cordes tendues

Sans changer la guitare de place on procède, après la mesure précédente, à celle concernant la flexibilité de la table quand la guitare est terminée. Le poids de 8 kg inséré entre les traverses de la passerelle (déjà cité) viendra faire une pesée sur le chevalet posé temporairement avant le vernissage.

On répétera l'opération avec le chevalet collé, puis avec les cordes tendues et le luthier pourra observer des mouvements plus importants de la table quand, sur certains instruments les *cordes* sont tendues. En règle générale le toucher de la guitare sera de plus en plus facile si la flexion de la table dépasse 2 millimètres et si celle du manche atteint également ce chiffre dans la flexion précédente (numéro IX de cette rubrique).

Un luthier avisé tirera bien des enseignements de ces différentes mesures et il devra peser en outre les tables brutes de découpage, puis terminées ainsi que les manches, fonds, touches, éclisses afin d'arriver à obtenir un instrument dont le poids est conforme à ses volontés et prévisions.

On entend beaucoup moins l'attaque des sons, le passage du doigt sur la corde si l'instrument est lourd. Toutefois il y a une limite au delà de laquelle la sensibilité, la spontanéité, la souplesse du son se trouvent altérées (la marge est étroite).

Il nous apparaît pas du tout vain en cette fin du vingtième siècle de procéder à deux ou trois heures de mesures et de contrôle (puis de notations et de mise en fichier) sur un total d'une centaine d'heures de travail nécessaires pour réaliser une guitare de qualité.

Pour le luthier d'Art l'approche fine et la connaissance de ces éléments mécaniques détermineront une souplesse et une variété plus grande de sa construction et une arme contre les "facteurs industriels de guitare" que tous changements et modifications contrarient.

Il n'est pas interdit de penser que les grands maîtres du passé avait déjà mis au point un système de références personnelles qui leur avait permis secrètement d'aller plus loin avec des bases plus sûres. (Nous souhaitons personnellement que ces procédés de contrôle constituent l'apport technique le plus intéressant 'que nous puissions donner dans le cadre de cet essai).

Une remarque finale est à inscrire en gros caractères :

Il est impossible de faire deux instruments semblables sans utiliser les mêmes bois".

TABLES ET BARRAGES

Pendant le 17ème et le 18ème siècle les guitares avaient leurs tables simplement renforcées par une barre disposée de chaque côté de la rosé (fig. 35"). Exceptionnellement, et à l'imitation du luth, on plaçait une barre légère entre la rosé et le chevalet.

Vers la fin du 18ème siècle quelques essais apparaissent en France. Marchai place une barre en biais entre la rosé et le chevalet (fig. 36) mais la découverte capitale pour la guitare moderne semble avoir été faite en Andalousie à Cadix : Bénédict en 1.788

et Pages en 1.792 emploient déjà un dispositif de 5 nervures de bois (fig. 37).

Ils ont trouvé là un système de barrage révolutionnaire qui va différencier et séparer encore plus la sonorité de la guitare de celle du luth, lui donner son caractère que nous connaissons.

Antonio de Torres (1.817 - 1.892) a dû connaître les guitares de Pages renommées dans leur temps et il a accentué le système en ajoutant deux nervures (fig.38), et en portant les dimensions à 35 ou 36 cm pour la largeur maximale de ses guitares que l'on trouve vers 1.860.

En faisant un peu de recherche, on peut s'apercevoir que ce barrage permet autant de rigidité, de solidité longitudinalement, et plus de souplesse transversalement avec moins d'épaisseur. Il suffit de coller trois nervures sur une planchette de résineux longue de quarante centimètres et épaisse de vingt six dixièmes de millimètre, fig. 39 , pour observer qu'il est nécessaire de prendre une planchette de 52 dixièmes d'épaisseur pour avoir la même flexion, la même résistance et passer de 46 grammes à 73 grammes (1).

Ce gain de poids considérable pour la table permet plus de spontanéité dans la réponse

- plus de sensibilité ;
- plus d'amplitude maximale (plus de grave)
- plus de longueur de son, puisque les frottements internes

sont moins importants dans une épaisseur de bois réduite.

A partir de la manière d'Antonio de Torres on a eu des basses très solides et un goût général pour ce type d'instrument qui a duré plus de cent ans. On observe depuis quelques années un léger mouvement en sens contraire. (Il faut garder en mémoire que la guitare s'est agrandie par les basses depuis la fin du 16ème siècle).

Tous les luthiers savent faire des instruments dotés de graves généreux... ce qui est difficile c'est de faire sur la même guitare des basses, des médiums et des aigus de qualité.

ROLES D'UN BARRAGE DE TABLE BIEN ETUDIE

1) Permettre l'installation d'un grand nombre de mode vibratoire et amplifier beaucoup des fréquences du signal très riche donné par la corde (la division en secteur, en parcelles de la surface vibrante, par un réseau de barrage permet la création de modes vibratoires complexes qui n'ont pas lieu quand la table est une simple plaque de bois) (2).

2) Faire du beau son, bien caractérisé et intéressant.

3) Ce barrage doit tenir longtemps mécaniquement, sous l'effet violent de la torsion produite par les cordes.

4) Ne doit pas être trop rigide. Cela donnerait un jeu, un toucher dur très facilement. Le son serait sec, dépourvu de souplesse, de moelleux et de grave.

5) Ne doit pas être trop souple (3) : cela donnerait un gros son court, grave et mat avec un toucher très facile, mais des cordes qui "claquent" sous les doigts et une émission pâteuse dans les traits rapides,; l'instrument sera plus vite saturé avec un jeu fort.

6) Le barrage ne doit pas entraîner de réactions anarchiques au sein du système "Manche-Table-Cordes".

7) Eventuellement on peut le prévoir susceptible de retouches, de repentir, d'ajustage après essais.

8) Le réseau de barrage peut limiter l'apparition de fentes de retrait. Fonction non négligeable pour renforcer une pièce de bois telle que la table, qui se trouve soumise à des tensions dues au séchage ou des relâchements dus à l'humidité.

L'importance du réseau de barrage de table est long à déterminer.

Il est établi en fonction des bois mis en oeuvre, et du but recherché, Les meilleurs résultats se tiennent souvent à la limite de résistance des bois et ceci rend très précaire la longévité du système.

Les guitares actuelles ont peu de réserve de solidité de ce côté barrage et ne sont pas faites pour durer cent ans avec le même son.

- (1) On observe le même résultat si les nervures sont prises dans la masse de la planchette (non collées)
- (2) Voir mémoire de Savart dans la collection Encyclopédie Roret rééditée récemment. Titre : Le Luthier. L'auteur parle des expériences sur les plaques vibrantes.
- (3) La flexion de la table peut se mesurer -voir chapitre Flexions.

Mais il n'y a pas que le barrage qui conditionne la qualité du son émis. La nature du bois même de la table, de la plaque vibrante, est très importante et donnera pour commencer une couleur au son, une certaine qualité spécifique, particulière.

Chaque bois, à l'intérieur d'une même espèce, a un don, une propriété qu'il faut trouver. Il faut être doué pour faire un son très chaleureux, moelleux avec beaucoup de caractère, mais assez sombre et donner de l'opacité dans les accords, avec plusieurs sons superposés.

Au contraire un autre arbre peut présenter des qualités de longueur de son, de clarté ; avec du mordant du brillant qui déterminera une guitare plus apte à jouer des oeuvres de Bach, que celles de Turina ou Villa-Lobos.

La guitare à tout faire n'existant pas (on ne peut demander en même temps les qualités d'une "brune" et d'une "blonde") le luthier devra se résoudre à un compromis, ou vendre plusieurs guitares à ses clients aisés... ce qui est le cas pour les guitaristes renommés, assez souvent.

Avec les corrections que peut apporter le barrage on peut modifier sensiblement et doser ces caractères différents (et faire preuve de maîtrise quand on en a l'ambition).

Remarque

De toutes façons notons que les vibrations de la corde diminuent plus ou moins vite pour trois raisons :

- a) Opposition de la résistance de l'air aux mouvements de la table.
- b) Frottements internes de la table en mouvements (qui transforme l'énergie communiquée en chaleur).
- c) Frottements internes de la corde.

Bois employés

Deux espèces de bois résineux retiennent principalement l'attention des luthiers :

1) L'épicéa d'Europe (*Picea Excelsa*) poussant aux environs de mille mètres d'altitude, donne un bois à la texture solide.

2) Le Western Red Cedar Canadien (*Tuya Plicata*) qui croît en Colombie Britannique, près de l'océan Pacifique, fournit un bois plus tendre, plus fragile aux chocs (bois peu résilient) mais qui présente l'intérêt d'être toujours plus souple, plus élastique dans le sens de la longueur des fibres que l'épicéa. C'est en outre un bois peu amorti.

Ces deux espèces de résineux, très différents d'un arbre à l'autre peuvent être :

1 - Amortis ou non (Ceci veut dire que quand on frappe légèrement une plaque de bois qualifiée d'"amortie" le son du choc est mat et disparaît très rapidement, absorbé par la matière. Quand le bois est sonore, "non-amorti", le son ou le choc de la percussion rend un son clair et long).

2 - Lourds ou légers.

3 - Fibreux ou francs de fil.

4 - De texture forte (comme l'acier) ou faible (comme le cuivre).

5 - Le fil du bois peut être bien droit, parallèle, ou en biais.

6 - Le bois peut être élastique ou rigide.

Examinons ce qu'on peut attendre d'un bois de table Amorti, souple et léger (tendre et mou).

Sans correction par le barrage on aura beaucoup de difficultés à réaliser une guitare claire, spontanée, nerveuse dotée d'un son long. Ce sera plutôt rond et mat, sombre avec un son court. La guitare sera facile à jouer mais vite saturée. Un bois de table lourd et très dur donnera volontiers un son dur, sec, métallique, avec des harmoniques graves, faibles. Le résultat manquera de moelleux. Le toucher sera difficile, le son sera raide et peu sensible.

Le bois "idéal" se situera entre les deux extrêmes pour bien des luthiers.

On constate également que certains résineux ont les "fibres" bien accrochées, très solides (comme de l'acier).

Après dix ans d'usage, on voit peu de déformations et le son est resté bien timbré, vigoureux.

D'autres bois de même espèce ont lâché prise depuis longtemps et l'instrument ne présente plus que des basses plus ou moins timbrées.

La partie centrale de la table étant complètement neutralisée, forcée, et "à genoux".

Il est possible de se faire une idée de la résistance du bois à la déformation en maintenant une planchette-échantillon pliée légèrement en son milieu, ses deux extrémités reposant sur un petit tasseau.

Au bout d'une année on desserre le dispositif et la planchette

revient bien droite ou pas (fig. 40). On peut également faire une seule guitare avec ce bois et l'observer au bout d'une année.

Les fibres du bois bien parallèles à l'épaisseur de la table favorisent la bonne tenue dans le temps. Quand le fil est tranché, en biais , la planchette est peu résistante dans le sens de la longueur et des déformations importantes apparaissent s'il n'y a pas eu correction avec le barrage.

Le problème pour le constructeur qui se veut créateur est de contrôler toutes ces données que nous venons d'apercevoir, et de les intégrer progressivement dans ses connaissances.

La conception artistique d'un instrument est la partie la plus délicate avec la maîtrise qu'elle demande et les nombreuses contradictions qu'elle implique. C'est un choix perpétuel qui occasionne bien des angoisses.

De choix en choix l'instrument s'améliore au fur et à mesure que l'on connaît davantage les bois dont on dispose... mais les obstacles sont très nombreux.

Voici une contradiction irritante

Pour les tables, si l'on veut un son avec une forte personnalité, du caractère, de la richesse il faut prendre un bois assez dur et rigide dans les deux sens, qui donnera des pointes de résonances très marquées.

Par contre ce sera un bois contraire, amorti qui donnera une réponse homogène, une égalité de niveau sonore.

Comme il faudrait un livre entier pour traiter des problèmes que le barrage et les tables posent, pour terminer ce chapitre inscrivons une règle d'or :

"On n'obtient pas de son complexe, riche, personnel avec du caractère , sans un "barrage" complexe et personnel, réalisé sur une table très "c h o i s i e ".
C'est l'un des secrets.

LE CHEVALET

Le chevalet transmet les vibrations de la corde à la table. C'est la dernière pièce que l'on colle lors de la construction. Depuis plus de cent ans sa forme et sa structure se

sont fixées pour la guitare destinée au jeu digital.

L'ancien chevalet des 16,17 et 18 siècles était semblable à celui du luth, une simple pièce de bois, une petite barre collée sur laquelle étaient fixées les cordes qui aurait dû s'appeler "cordier" puisque les cordes ne passaient plus à cheval au dessus comme au treizième siècle.

Le chevalet actuel pour sa conception a été engendré après de nombreux essais effectués dans l'Europe entière. Quelques schémas donneront une idée des principales étapes de son évolution. (Fig. 41)...

Le luthier français La Prévotte semble bien placé dans cette création collective puisqu'avant 1856 il utilise un chevalet possédant les caractères modernes, c'est à dire l'adoption de deux parties distinctes pour sa structure(fig42)

Partie A - nouvelle venue - qu'on peut nommer "chevalet" avec son sillet,

Partie B - Qu'on peut appeler "cordier" par commodité et qui est

l'ancienne barre simple commune aux luths et guitares. La partie A sert alors à délimiter la longueur vibrante de la corde avec précision, et la hauteur de son sillet en venant s'insérer, se placer en dessous de la corde et la pousser vers le haut va faire subir à la table une pression et une torsion avec la combinaison des pièces A et B.

Il suffit de réunir ces deux pièces sur un seul socle pour en comprendre la réalité pratique de fonctionnement.

Un élément apparaît immédiatement à l'observation. Plus l'angle C.D.E.(fig. 43) est fermé plus l'effet de torsion est grand et plus la poussée de la corde est vigoureuse en D. On aura alors des basses avec de fortes amplitudes, profondes et bien timbrées si la table n'est pas trop rigide. C'était un des attraits de la guitare des années 1850 qui devenait plus grande de corps et qui présentait cette nouveauté d'avoir des basses vraiment profondes, graves et corsées .

Le luthier peut faire varier cet angle s'il a décidé de travailler "épais" pour sa table d'harmonie et l'obliger à fonctionner par force.

Le chevalet actuel est fait en palissandre et pèse environ 18 grammes.

Etant un barrage transversal de plus au milieu de la table, si on le fait trop rigide et trop lourd, en ébène par exemple, on constate un mauvais résultat sonore. L'inertie et la rigidité combinées suppriment une certaine indépendance entre le côté grave et le côté aigu de l'instrument, annulent certains modes vibratoires possibles de la table, coupent donc une série de fréquences qui appauvrit l'instrument en timbre et en égalité de niveau sonore.

Pour constater objectivement quelle est l'action exacte d'un type de chevalet il est nécessaire de réaliser un dispositif décrit fig. 44 • Avec une traction de 10 kg opérée sur la corde à l'aide d'un poids on enregistre une déformation de la planchette devant le chevalet et derrière.

Le chevalet classique actuel donne une déformation plus ample pour la partie arrière de la table que pour le devant. Dans la réalité cette action peut être encore plus accusée si un barrage transversal se trouve collé sous la table assez près devant ce chevalet.

Dans ce cas la partie arrière de la table est soumise à des mouvements de plus grande amplitude et travaille plus que le devant puisque le chevalet prend appui sur la partie avant de la table plus rigide pour osciller et pivoter légèrement.

Quand la guitare est terminée, cela peut se vérifier à l'aide de deux comparateurs disposés de chaque côté du chevalet. Lorsque les cordes sont tendues on peut savoir quelle partie travaille davantage et en tirer des enseignements sur le fonctionnement (les différences vont du simple au double et plus).

Avec le même dispositif décrit Fig 44 il est possible de mesurer et tracer la déformation que donne un chevalet moins large (17 millimètres) comportant le même angle CDE et la même hauteur totale du sillet (en fait le chevalet actuel sans sa partie arrière ou cordier). Si l'effet de torsion est localement plus fort on enregistre finalement la même déformation générale, ou très légèrement supérieure, car l'effort nécessaire avec un petit levier est plus important pour amener la planchette rigide à une déformation semblable à celle donnée par un chevalet normal de trente millimètres de large. Ceci compense cela (1).

Le seul élément négatif sera que ce chevalet étroit risquera fort de se décoller s'il est employé.

Par contre, sa légèreté pourrait être intéressante pour la spontanéité de l'instrument, et l'établissement des fréquences élevées signalées par la corde.

Le chevalet actuel n'est certainement pas arrivé à la fin de son évolution. On peut réaliser des chevalets asymétriques avec une plus forte priseur la table côté graves, donc plus larges et plus lourds côté des basses qui permettraient des graves solides, et avec une partie plus étroite, plus fine côté aigus qui favoriseraient ces derniers.

Encore faut-il pouvoir faire admettre cette modification par les guitaristes.

Kasha aux Etats Unis préconise même l'emploi de chevalets séparés pour les graves et les aigus et produit ses guitares ainsi. On est amené à penser, mais avec réserve, que dans ce cas les résonances sympathiques sont atténuées et l'homogénéité de l'instrument difficile du côté des médiums.

L'évolution continue...

(l) On peut trouver d'autres vues sur le problème des chevalets dans le bulletin n° 72 sur le luth de Charles Besnainou.

LE FOND - LES ECLISSES

Considérations générales - On peut constater que le poids général de l'instrument a une influence sur sa sonorité. Quand la guitare est lourde le bruit d'attaque de la corde (causé par le frottement du doigt) est moins perceptible que sur une guitare très légère, le son naît différemment avec un bruit mat très atténué et semble plus cristallin. Le phrasé du guitariste en devient plus précis dans les traits rapides.

L'instrument plus lourd possède un son plus long en règle générale et sa réponse est meilleure dans les registres aigus, l'ensemble est plus brillant.

Pour arriver à cette fin les luthiers contemporains ont utilisé des bois lourds ou donné plus d'épaisseur aux pièces constituant leurs instruments.

Si Jean Voboam en 1706 utilise déjà un bois très exotique du type "bois de Violette" très fin et dense, c'est à notre sens *par-souci* décoratif, mais à la fin du dix-huitième siècle quand Pages en Andalousie emploie du palissandre pour ses fonds on peut penser qu'il a fait quelques observations concernant la sonorité.

Peu à peu ce bois sera reconnu comme donnant les meilleurs résultats et il faut noter que toutes les tentatives pour en utiliser un autre ont été abandonnées invariablement. Antonio de Torres a essayé souvent l'érable au siècle dernier, Francisco Simplicio aimait beaucoup l'acajou de Cuba dans le premier tiers de ce siècle, Ignacio Fleta plus récemment fit une guitare en Erable onde vers 1958; et nous avons essayé personnellement l'Amarante le Citronnier de Ceylan, le Cyprès, l'Acajou de Cuba.

Qu'il soit palissandre des Indes, de Madagascar, du Brésil, ce bois confère à la guitare une voix noble, bien timbrée, corsée, pleine et lui donne sa qualité, sa personnalité de guitare classique.

Ces guitares sont beaucoup plus lourdes actuellement que voici quinze ans, environ de 1650 grammes à 1850 grammes. Les guitaristes très marqués par les conceptions légères d'Antonio de Torres, Manuel Ramirez, Francisco Simplicio ont eu beaucoup de mal à reconnaître les qualités d'un instrument plus lourd. Celui ci a été rejeté et on lui opposait régulièrement la "vieille guitare" sans laquelle il n'y avait pas de carrière possible.

Cet état d'esprit a complètement disparu et les concertistes jouant sur des guitares de plus de dix ans sont rares actuellement.

Pour la construction, deux possibilités extrêmes sont à signaler.

1/ Faire des éclisses et un fond mince peu barré qui donneront du grave, du moelleux, des basses fortes, des attaques très audibles, un son court et mat éventuellement et un peu épais.

2/ Ou faire un fond plus épais (au dessus de trois cent grammes) barré plus fortement, avec des éclisses lourdes et épaisses qui donneront plus de brillant, voir un timbre métallique, et un son plus long avec des graves modérés.

Les éclisses

Leur rôle n'est pas négligeable puisque leur surface vibrante est sensiblement égale à celle du fond. De plus leur hauteur conditionne le volume de la cavité du résonateur qu'est la caisse de la guitare, donnant du "coffre" ou non à l'instrument. La fréquence propre des éclisses est élevée du fait de leur cintrage.

L'expérience d'Antonio de Torres consistant à réaliser une guitare avec des éclisses en carton (guitare conservée au musée du Conservatoire de Barcelone) n'a peut être pas été interprété complètement par son auteur qui déclarait, paraît-il, que "seule la table avait un rôle important et que les éclisses ne servaient à rien puisqu'on pouvait les faire en carton !". Il est possible de dire que cet instrument sonnait comme une guitare comportant des éclisses en carton plus ou moins dur conditionnant par là une partie de sa réponse.

Le fond

On peut lui donner trois fonctions définies

1/ Le fond avec son barrage maintient plus ou moins vigoureusement le talon du manche et l'empêche de basculer sous la tension des cordes (40 à 50 kilogrammes).

2/ Le fond qui est barré en travers de trois ou quatre barres de bois est également un résonateur multiple doué de résonance pour de nombreuses fréquences

3/ Le fond est aussi un réflecteur du son dans l'enceinte acoustique constitué par la caisse de l'instrument.

On peut noter que plus il est épais plus ses fréquences propres, ses modes vibratoires sont élevés. Il favorise alors naturellement les sons vers les aigus. Plus nombreuses et hautes sont les barres de bois qui le divise en secteurs, plus les fréquences élevées peuvent y trouver une résonance également.

Résonateur - Ceci se vérifie à l'aide d'un tube en verre creux de 25 centimètres de long (environ) et de 5 à 7 mm de diamètre qui fait office de générateur de fréquences.

Il suffit de poser verticalement l'extrémité du tube (garni d'une petite cheville de bois) sur le fond de la guitare et de serrer légèrement entre le pouce et deux doigts comme un crayon, le haut du tube. En prenant soin de mouiller préalablement les trois doigts d'un peu d'eau vinaigrée, on fait alors glisser les trois doigts le long du tube d'un mouvement rapide, ce qui en serrant plus ou moins fort produit une excitation de la "plaque vibrante" d'un secteur déterminé du fond et l'émission d'un son particulier, spécifique à ce secteur. En déplaçant le point de contact du tube, de nombreuses fréquences apparaissent.

Si l'expérience est faite sur une guitare munie de ses cordes chaque son, chaque fréquence suscitée par le tube détermine l'apparition de résonances sympathiques, d'harmoniques élevés produits par les cordes, qui peuvent conduire à penser que le phénomène est réversible et que si l'on met une corde en vibration avec le doigt, le signal produit avec ses harmoniques vont trouver des possibilités d'amplification et de résonance dans les différents secteurs du fond confirmant celui-ci dans son second rôle de résonateur

polyvalent.

Il est facile de mesurer en un point donné du fond l'ampleur de ses vibrations quand on excite une ou l'autre des cordes à vide. Le comparateur au centième de millimètre donne alors des variations qui peuvent être importantes :

2 à 3 centièmes de millimètre pour le mi grave et 4 à 5 centièmes pour le ré - montrant par là les préférences du fond pour certaines fréquences.

Réfecteur - Le fond est aussi un réflecteur, un "repoussoir" selon l'expression de certains constructeurs. En effet l'onde sonore intérieure produite par la table au lâcher de la corde, (une série de compression) va trouver une surface plus ou moins rigide, plus ou moins polie, vernie, sur la partie intérieure du fond et ces trains d'ondes planes vont sortir légèrement amortis ou non par l'ouverture de la rosé qui se comporte dans ce cas comme un haut parleur placé au milieu de la table, qui concourt à la formation du son global produit par l'instrument qui vibre de toute sa surface par ailleurs (1).

Quelques luthiers du premier tiers de ce siècle avaient même imaginé de placer un "cornet acoustique" évasé vers l'intérieur, scellé autour de la rosace en dessous de la table. Ce dispositif était sensé "ramasser" toutes les ondes qui se réfléchissaient sur le fond et les diriger plus aisément vers la sortie.

Ce système n'a pas été conservé et il faut croire que l'expérience n'a pas été concluante.

Remarque - La guitare vibre de toutes ses pièces mais elle est surtout directionnelle.

Un auditeur placé face à l'instrument entend un son plus fort que celui placé de côté.

Nous avons vu que le fond avec sa première barre maintient le talon du manche. Cette partie du fond est amenée à vibrer plus intensément sous l'effet de levier que produit le manche tiré alternativement et selon la fréquence donnée par la corde (en schématisant le phénomène). On peut vérifier ceci facilement en appliquant la main dès que la corde est ébranlée, sur cet endroit, et constater alors la disparition d'un ou plusieurs harmoniques et leur retour si la main est enlevée. Cela d'autant plus que le fond est souple, peu barré et la fréquence de la corde grave.

Ces observations avaient conduit Aguado au siècle dernier à concevoir un dispositif appelé "Tripode" qui permettait de ne pas serrer et appuyer la guitare contre l'instrumentiste et de laisser la guitare vibrer librement (voir couverture).

(1) Il est possible de visualiser ces ondes émises par la rosé en plaçant une

feuille de papier léger sur la table, qui obture presque complètement l'ouverture . En pinçant une corde basse le papier frémit.

Le levier que représente le manche avec son talon, produit encore une action directe sur le fond quand il est peu barré et souple ; il tend le fond alternativement sous l'impulsion de la corde qui vibre. A chaque ventre que fait la corde correspond une surtension à ses extrémités qui entraîne une élongation du fond s'il est galbé, qui tend alors à s'aplatir.

Pour une note mi grave, 80 hertz environ, on aura donc cent soixante mouvements de ce genre par seconde qui produiront une vibration à l'octave au dessus du fondamental, d'où un harmonique "deux" très fort, que l'on constate sur les guitares à fond mince.

Théoriquement, si par ailleurs la partie de la table devant le chevalet (1) est sollicitée par le même ventre et la même surtension qu'opère la corde en vibrant, son déplacement vers l'intérieur de la guitare va créer en même temps un mouvement inverse de celui du fond qui s'abaisse de son côté. Les deux mouvements conjugués vont établir un train d'ondes de fortes amplitudes donnant un harmonique deux encore plus fort et par conséquent du grave bien timbré, profond.

Mais si c'est la partie de la table située derrière le chevalet qui est la plus active, son déplacement vers l'extérieur sera compensé par le mouvement du fond vers l'intérieur et les deux mouvements pourront s'annuler éventuellement ; ce qui peut expliquer la présence de basses mal timbrées sur des guitares légères, de structure mince qui devraient ne pas avoir de déficience de ce côté.

Dans la réalité toutes les situations vibratoires sont possibles, se superposent et, selon la hauteur de la note, s'accommodent plus ou moins bien de leur résonateur d'où une sensation d'homogénéité et d'égalité de niveau satisfaisante ou non.

Entre les divers problèmes qui s'offrent au luthier, au niveau du manche, de la table, du fond, des éclisses et de la bonne entente de toutes ces pièces couplées, réunies entre elles, de nombreuses années d'observations

sont nécessaires et les situations sont toujours complexes et contradictoires souvent, mais quand les réponses sont en bonne voie de formation, l'expérimentateur et créateur en tire des satisfactions.

Satisfactions limitées car à mesure que l'on contrôle et que l'on avance apparaissent d'autres problèmes.

Pour apporter des éléments de réponse précis à propos du fond et *des*

éclisses nous avons réalisé et enregistré une série d'expériences.

(1) Le chevalet, selon le réseau du barrage intérieur de la table peut solliciter davantage le côté devant ou le côté derrière de la table où il est situé.

Description des expériences (et commentaires du luthier).

Nous avons construit à cet effet une guitare dont le fond était en contre-plaqué moulé et galbé en trois épaisseurs (trois plis), deux épaisseurs de placage de palissandre autour d'un contre-placage épais de dix huit dixième de millimètre. L'épaisseur totale était de vingt huit dixièmes de millimètre.

La hauteur maximale de la voûte était de dix neuf millimètres, le poids de 272 gr.

Ce fond ne comportait pas de barrage et constituait l'expérience numéro un.

Expérience 1

Cette guitare était facile à jouer du fait de la très grande souplesse du fond, elle était dotée de fortes basses profondes occasionnées par la basse fréquence propre du fond en tant que résonateur, dont les mouvements, étirés par l'action du manche et de son talon, donnaient par ailleurs du grave également.

Par contre les médiums et les aigus étaient peu timbrés et sans intérêt, avec peu d'homogénéité dans le timbre et le niveau sonore. Les trois dernières notes aigus étaient pauvres sur la chanterelle.

Expérience 2

Sur la même guitare on obture complètement la rosé avec un tampon de caoutchouc mousse.

L'instrument émet une partie du son habituel seulement, la table est freinée dans ses mouvements par l'air emprisonné à l'intérieur qui tend à coupler le fond avec la table, le son est très court, très amorti, très voilé, les basses maigres.

Expérience 3

La rose étant rendue libre on pratique une ouverture dans le fond semblable à celle de la rose (87 millimètres) au milieu de la plus grande largeur.

Les basses perdent alors complètement leur timbre grave au départ, le son devient plat et pauvre en général. Le mode vibratoire du fond est changé du fait de l'ouverture. Une partie du son passe par derrière et se disperse (l'instrument est moins directionnel); le volume d'air de la caisse perd son rôle, la rose émet très peu semble-t-il.

Expérience 4

On rebouche la rose en ne gardant que l'ouverture du fond.

La guitare fonctionne mieux, le "haut parleur" émet par derrière les séries de compression, des fréquences *graves* de la cavité, qui fonctionne mieux. Les aigus semblent moins souffrir.

Expérience 5

On enlève le premier fond collé et celui-ci est remplacé par un fond très lourd (et barré de trois barres d'acajou), constitué de deux épaisseurs collées de bois différents. La première en palissandre pesant 280 grammes, la seconde en acajou pesant 155 grammes et placée au dessus, réalisant un poids total de 435 gr sans les barrages. La guitare pèse en état de fonctionner 1920 gr

Le son est alors sec, sans souplesse, riche mais manquant de moelleux, le jeu est difficile car le manche est totalement immobilisé par ce fond épais et barré. L'action directe du talon de manche qui cherche à étirer et tendre le fond légèrement galbé est nulle du fait de sa rigidité. Celui-ci, comme résonateur, favorise des fréquences plus élevées.

Expérience 6

L'épaisseur d'acajou superficielle est rabotée sur toute la partie large du fond (fig. 45) ce qui représente 90 grammes de bois en moins. Sur un poids total de 1830 grammes pour la guitare. Le son est meilleur, le moelleux apparaît, le toucher semble plus aisé. Le fond normal de palissandre, débarrassé d'une sur-épaisseur d'acajou dans sa partie large, favorise de nouveau des fréquences plus basses et donne un timbre plus intéressant, plus chaleureux. L'équilibre entre basses et aigus est satisfaisant. C'est le meilleur résultat de toute la série d'essais mais les trois dernières notes sont toujours mal timbrées et faibles.

Expérience 7

Le restant du fond d'acajou est raboté sur la partie étroite du fond (fig. 45) La guitare pèse alors 1.765 grammes avec un fond simple de palissandre des Indes de 280 grammes (avec ses trois barres d'acajou en plus).

Le son devient encore plus rond mais plus épais et pâteux, moins clair, moins cristallin. Les basses sont sombres, la chanterelle inégale, les trois

dernières notes toujours ternes.

Le fond fonctionne encore mieux dans les fréquences graves et la sonorité s'est assombrie d'un degré de plus. Le manche est beaucoup plus libre de bouger sous l'action des cordes, l'épaisseur du fond étant plus fine au talon de ce dernier.

Expérience 8

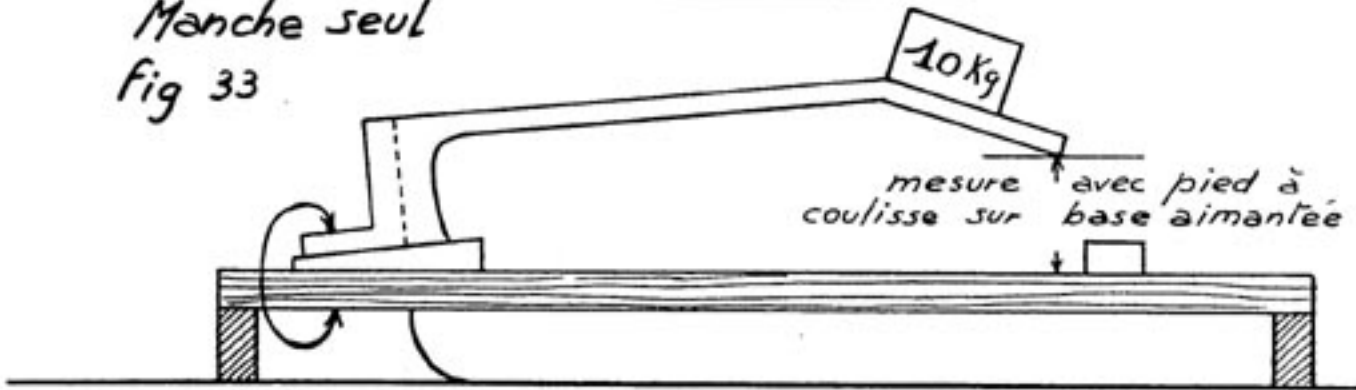
Le fond normal de palissandre est enlevé avec précaution et les éclisses sont diminuées de moitié en hauteur. Puis on ajuste à nouveau le fond retiré ; on le recolle et cela donne une guitare très plate de 6 cm d'épaisseur.

Le son est assez grêle dans l'ensemble, clair et mordant. Les basses sont maigres, sans profondeur (mais les trois dernières notes de la chanterelle sont meilleures) le manque de grave donne une sensation de sécheresse à l'écoute directe.

Le volume de la cavité, de la caisse sonore étant réduit de moitié, l'instrument a perdu une de ses composantes majeures et n'a plus de "coffre" Les fréquences propres des éclisses sont beaucoup plus élevées, elles vibrent naturellement plus haut en renforçant les suraigus.

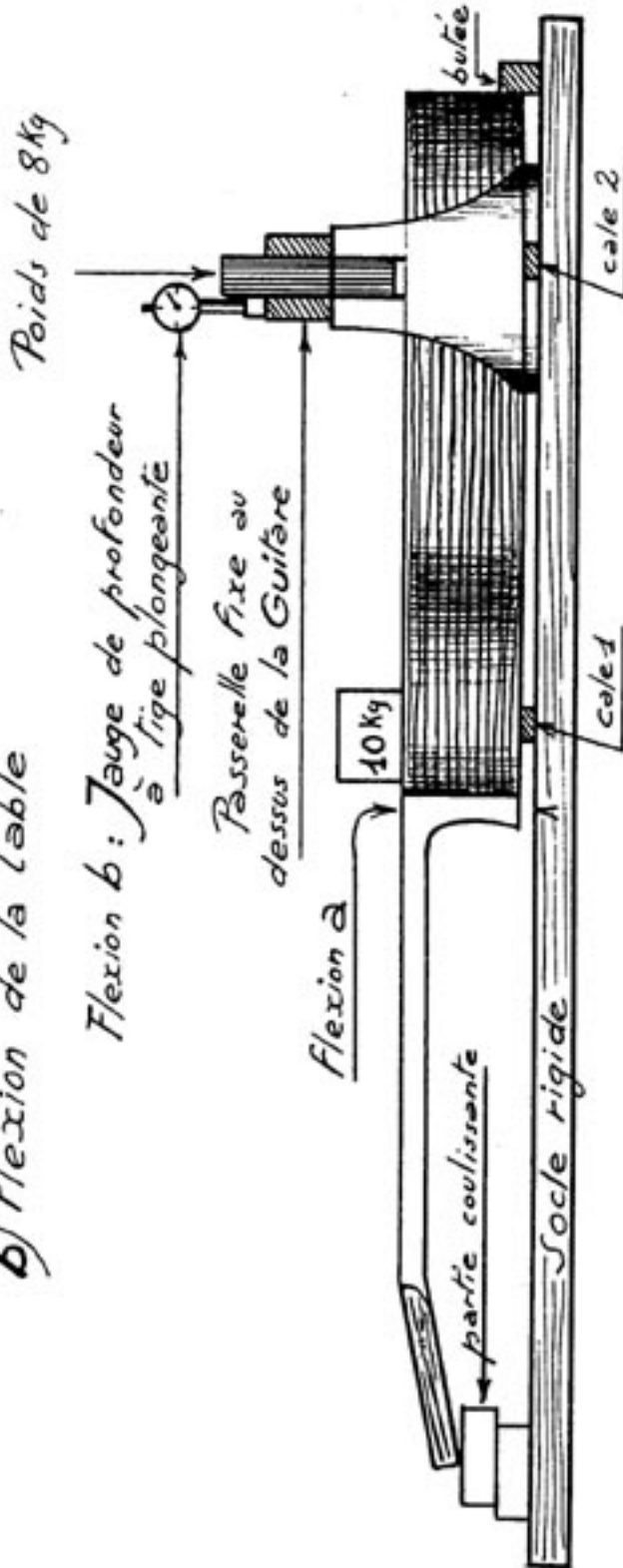
Le fond est assez passif dans les fréquences graves, l'action du talon de manche est minimale du fait de sa petitesse (le "levier" opère un mouvement très réduit).

Manche seul
Fig 33



GUITARE TERMINÉE

- a) flexion du manche (avec caisse)
- b) flexion de la table



Note. a) la flexion générale (manche et caisse) est à prendre avec un pied à coulisse posé sur une base aimantée (enlever alors la cale 1 de chaque côté)

b) pour la flexion de table placer les cales en biseau () de chaque côté et procéder comme pour la mesure Numéro 2 (flexion combinée table seule)

Fig 34

copyright D. Friederich

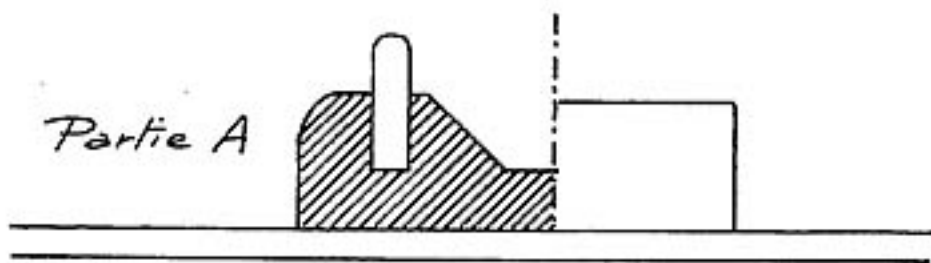


Fig 42

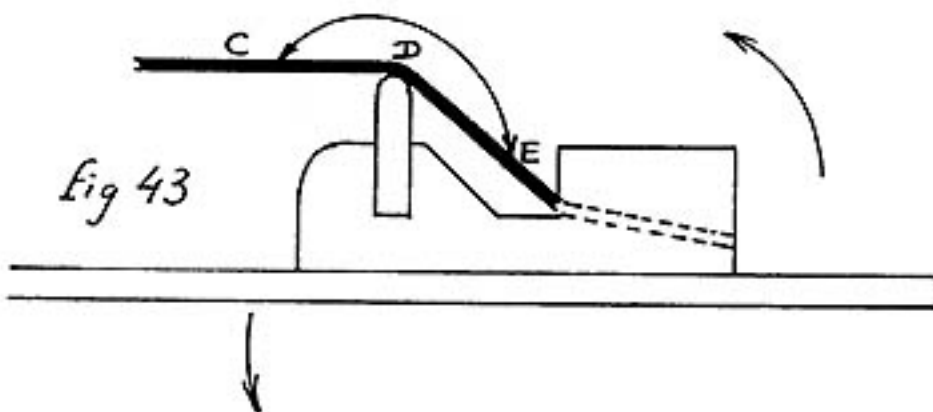
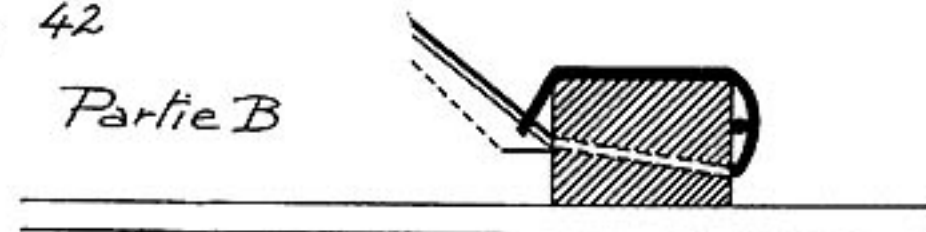
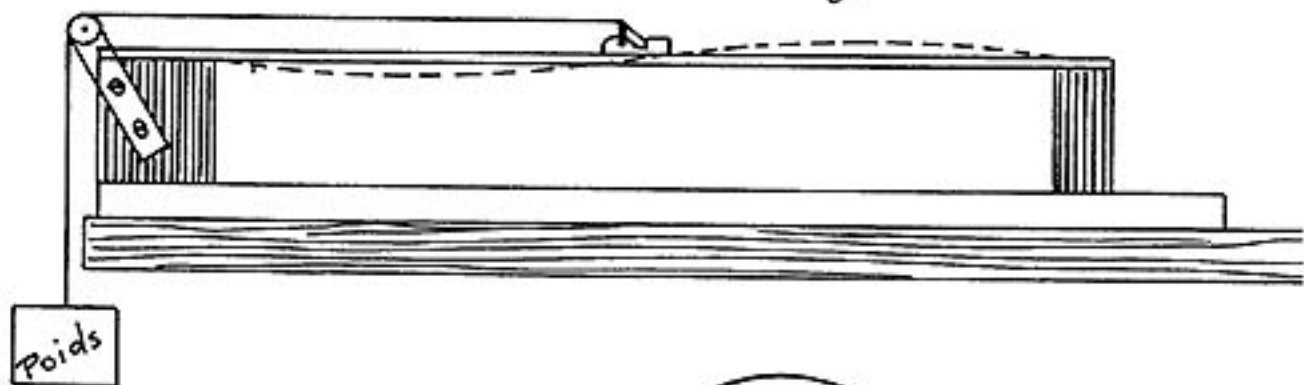


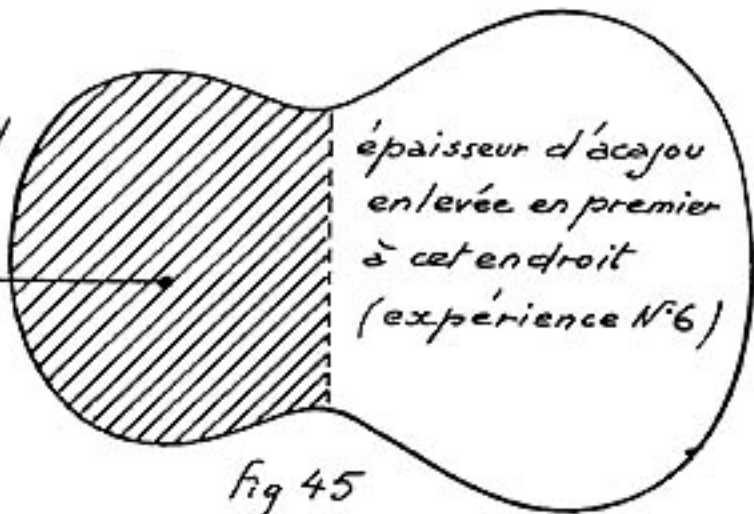
Fig 44



le restant du fond
d'acajou est
enlevé ensuite
(expérience N°7)

épaisseur d'acajou
enlevée en premier
à cet endroit
(expérience N°6)

Fig 45



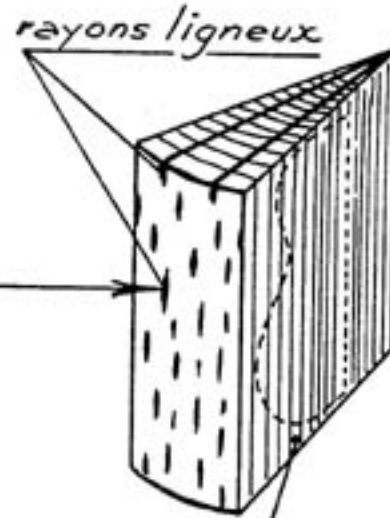
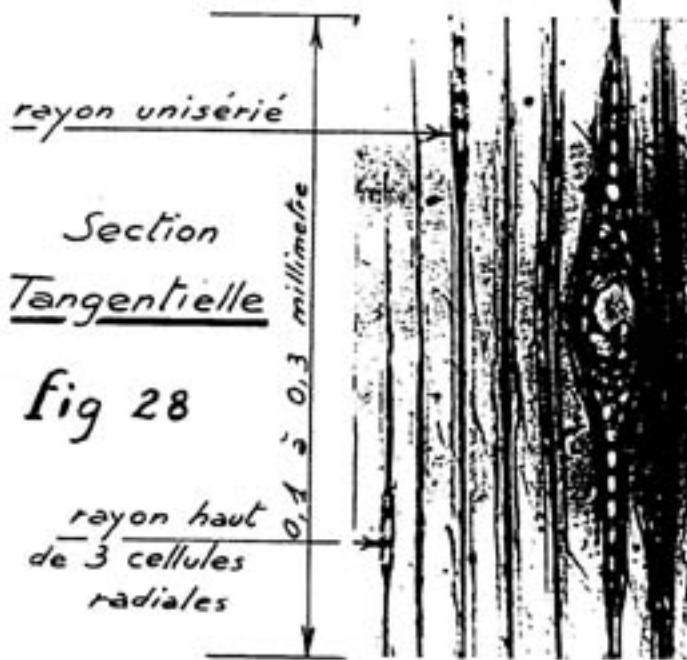
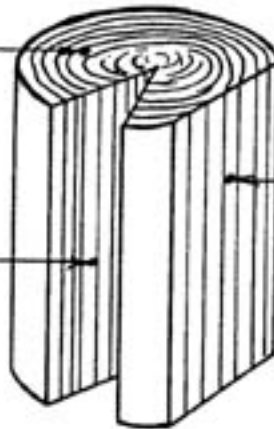
EXAMEN d'une PIÈCE de BOIS
Structure des résineux - Epicéa (Picea Excelsa)

Section transversale

Section tangentielle

Section radiale

- étude
 microscopique -
 rayon ligneux avec canal



Section radiale

- vue directe -

On observe la régularité des couches qui déterminent l'aspect des "veines" et la présence de rayons ligneux qui créent la "maillure" quand ils sont tranchés avec les fibres qui les entourent.

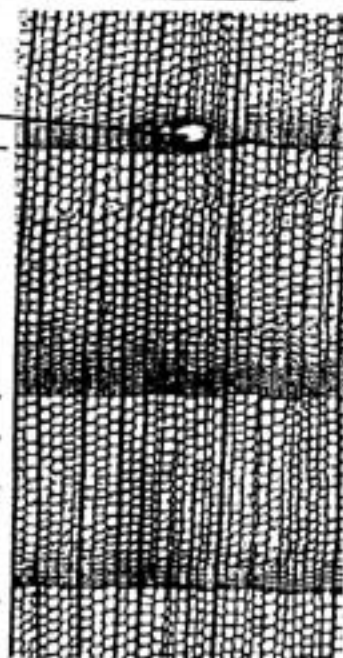
Grossissement : 35 fois Vers le cœur de l'arbre

Section transversale

Canal résinifère

On observe:
 Différences des cellules - épaisseur des couches annuelles - progressivité du passage au bois final -

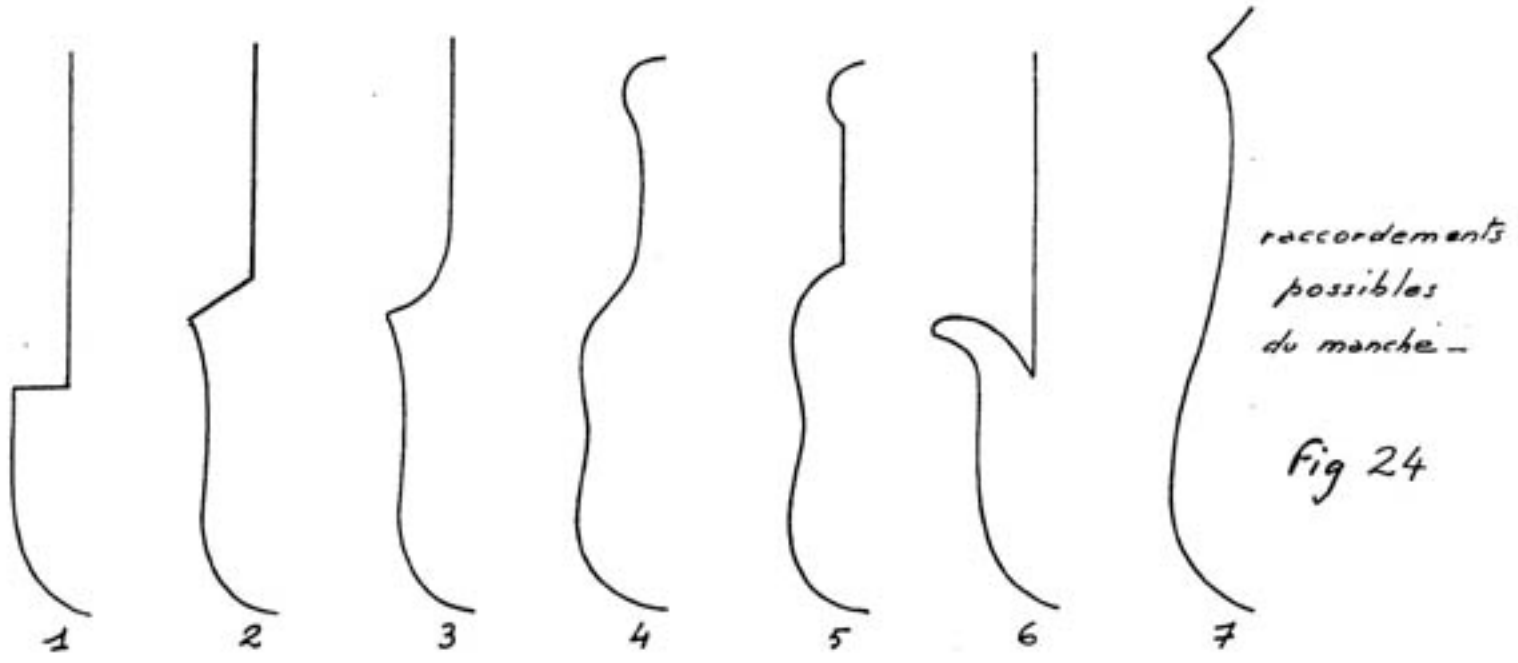
1 couche annuelle
 1 millimetre



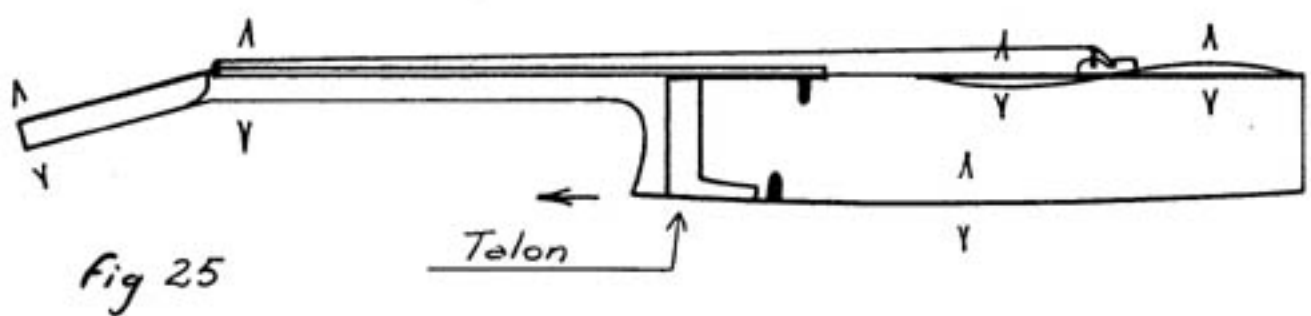
Bois initial de printemps

Bois final d'automne composé de cellules axiales ou trachéides -

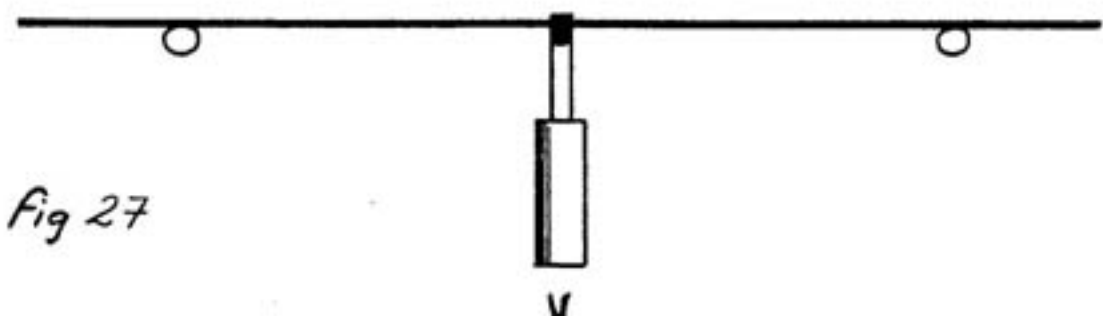
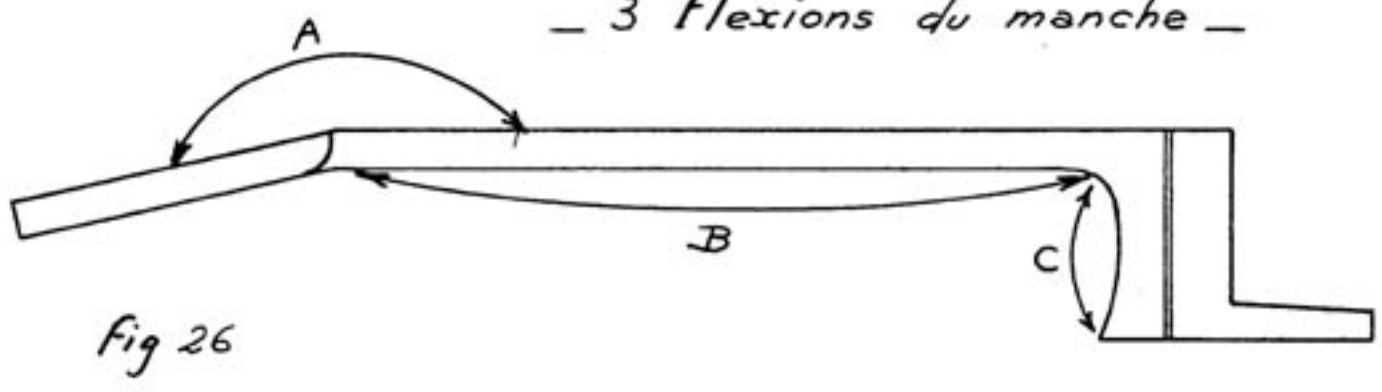
Fig 29



FONCTIONNEMENT



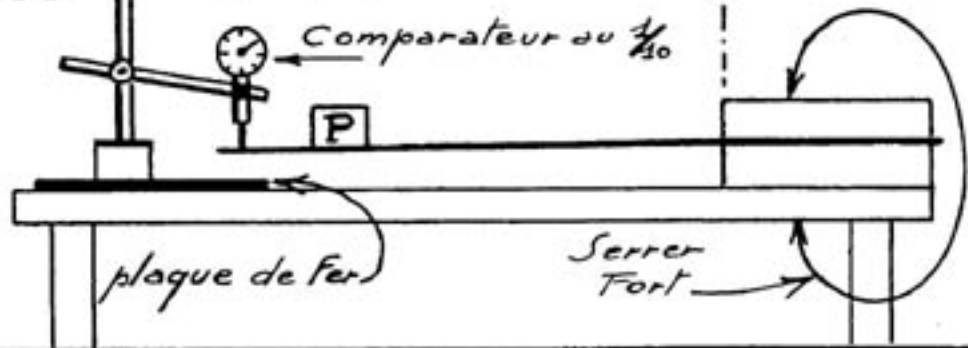
3 flexions du manche



- Flexion Longitudinale -

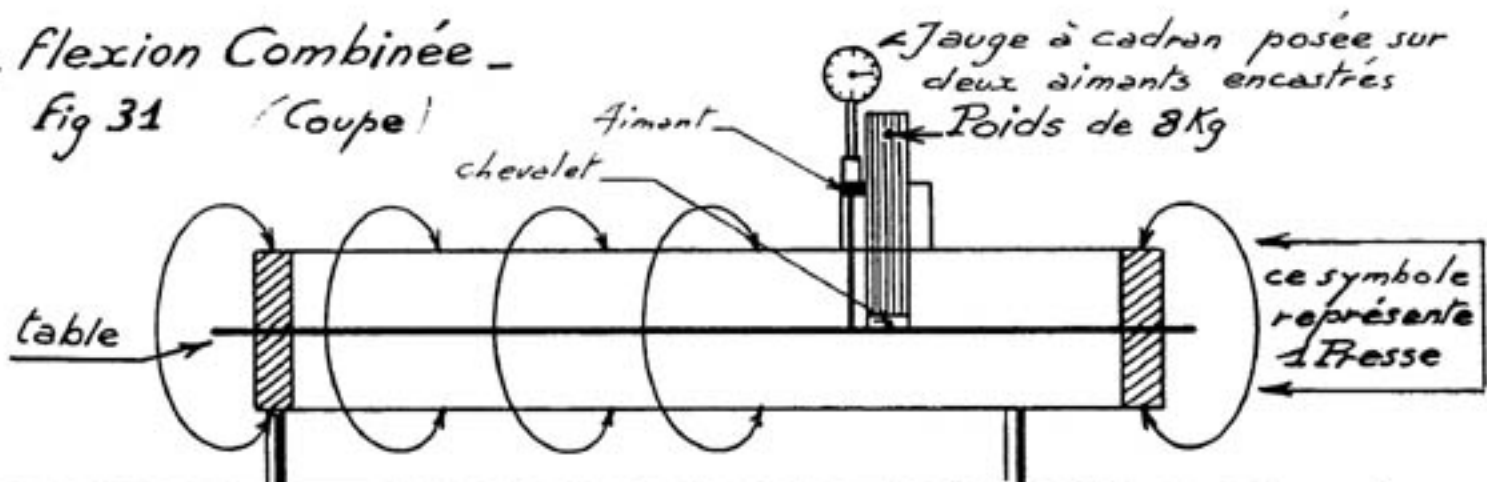
Fig 30

On place le comparateur sur un support aimanté comportant une colonne et un bras réglable.

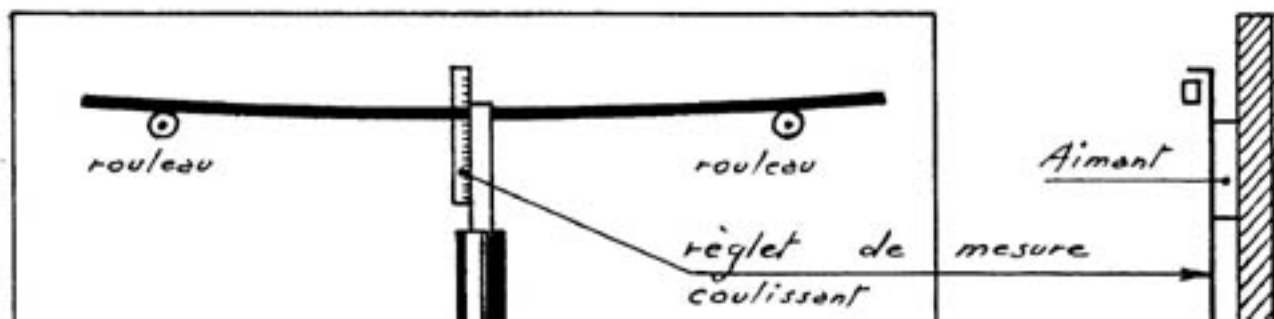
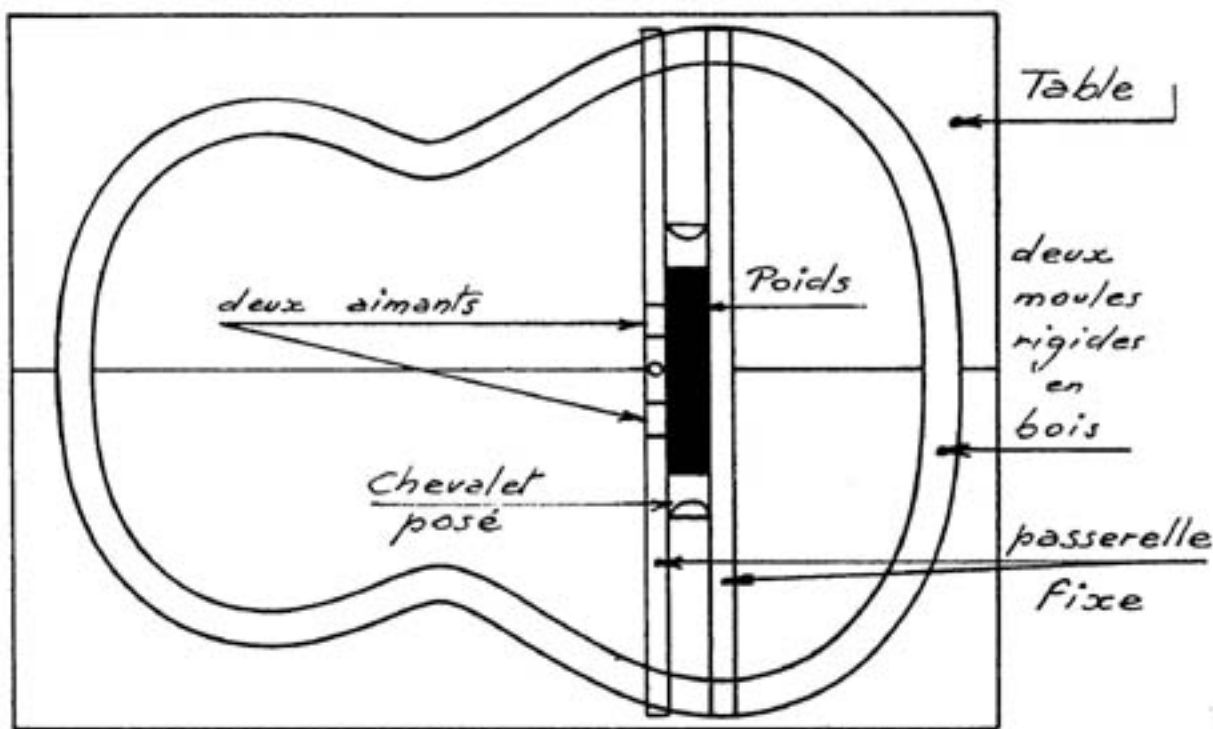


- flexion Combinée -

Fig 31 (Coupe)



Vue en Plan -



17 et 18^{ème} Siècle

Fin 18^{ème} Marchal - Paris - ^{22a}
(1786)

Barrages

fig 35

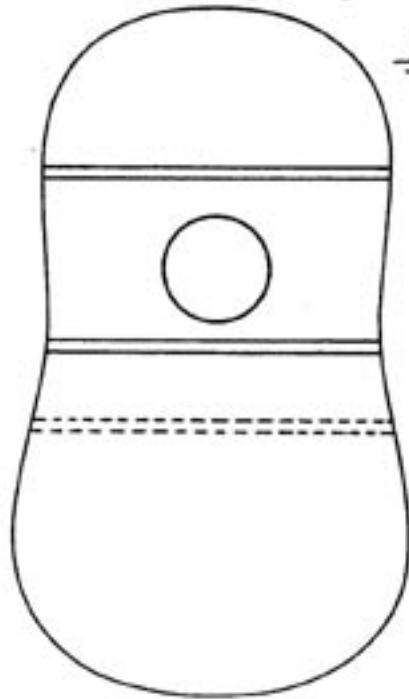


fig 36



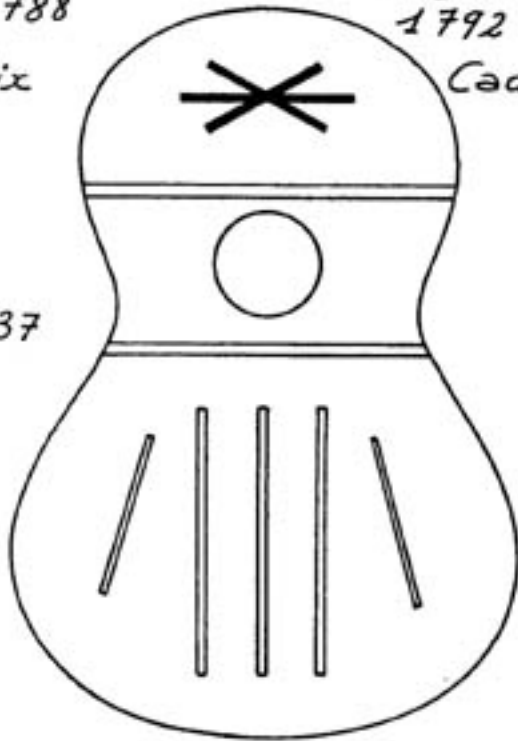
Bénédict
1788

Cadix

Pages
1792

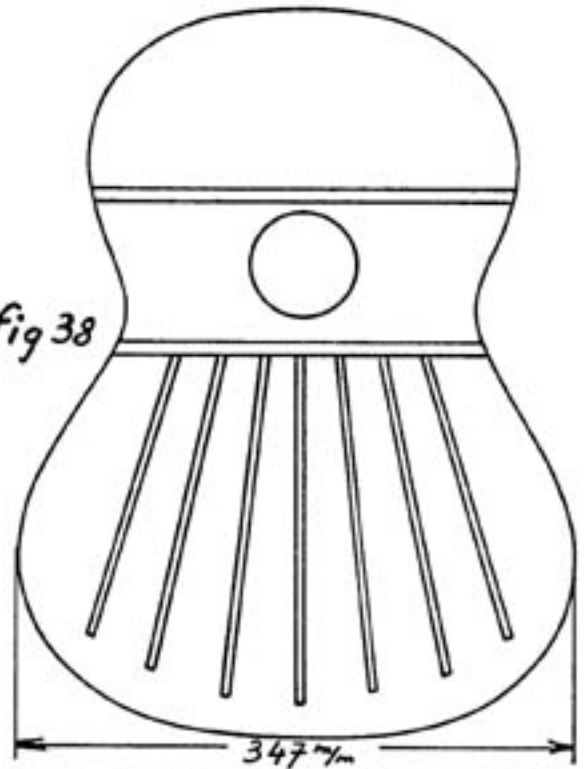
Cadix

fig 37



Torrès Sévilla 1862

fig 38



347 mm



Sections



fig 39 échelle 1

Planchette nervurée 46 G égale Planchette simple de 73 G

résistance à la déformation permanente .

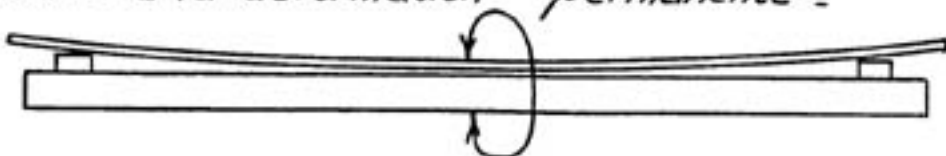
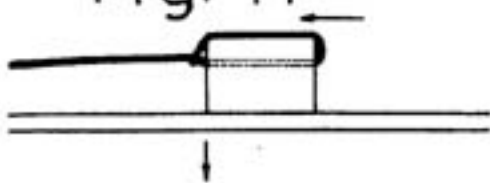
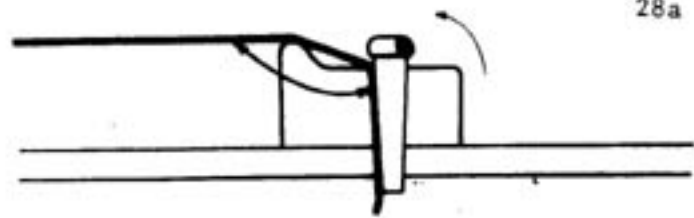
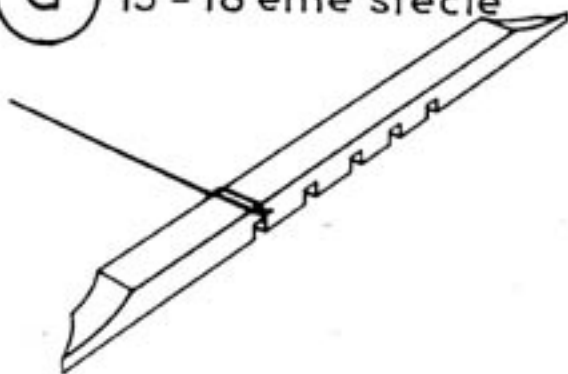


fig 40

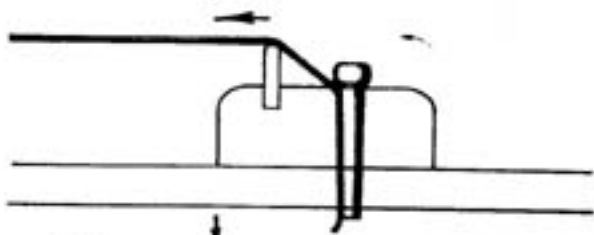
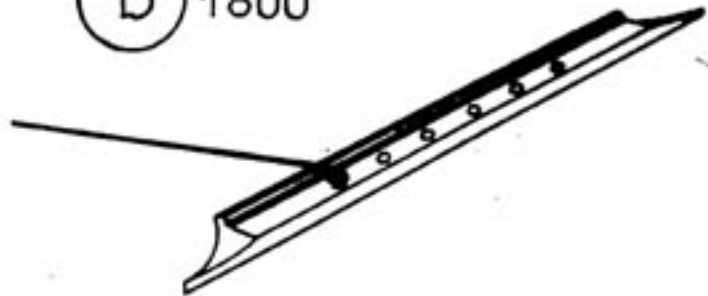
Fig. 41



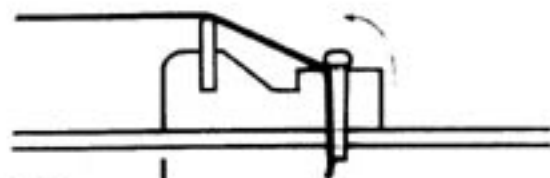
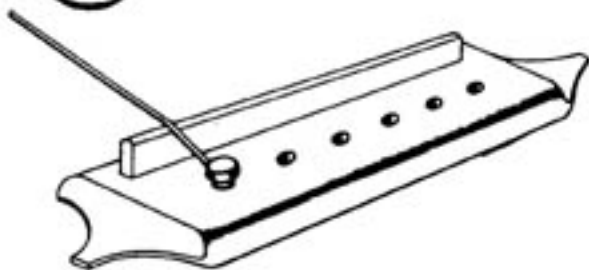
(a) 15 - 18 ème siècle



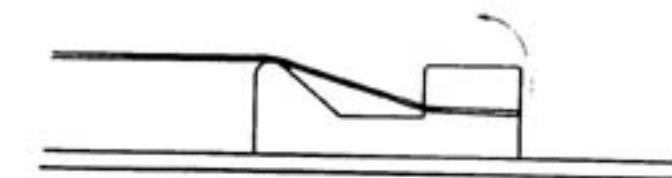
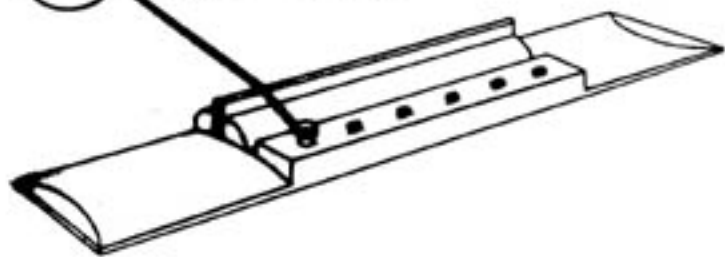
(b) 1800



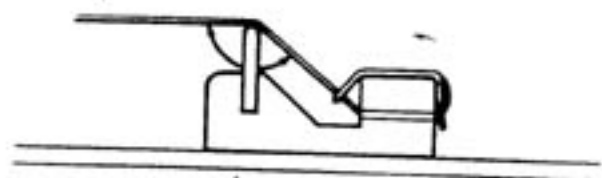
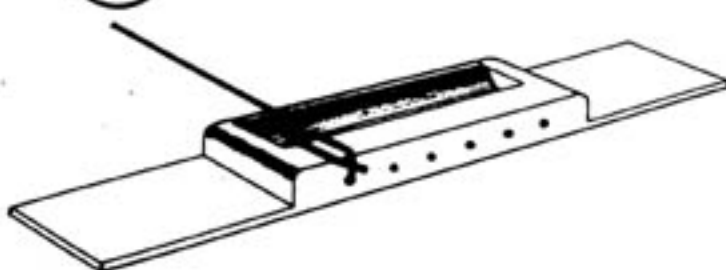
(c) 1800 - 1850



(d) 1800 - 1825



(e) 1850



(f) 1835 - 1850

