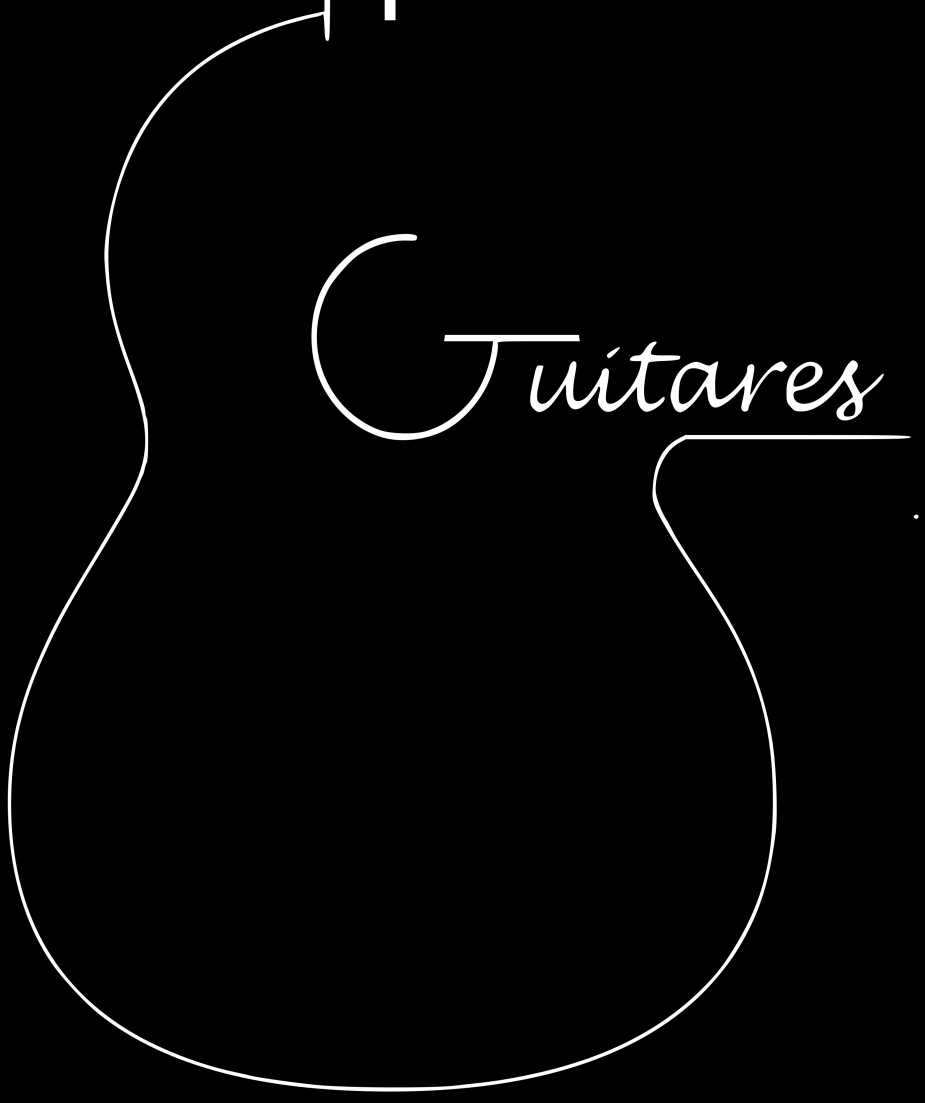
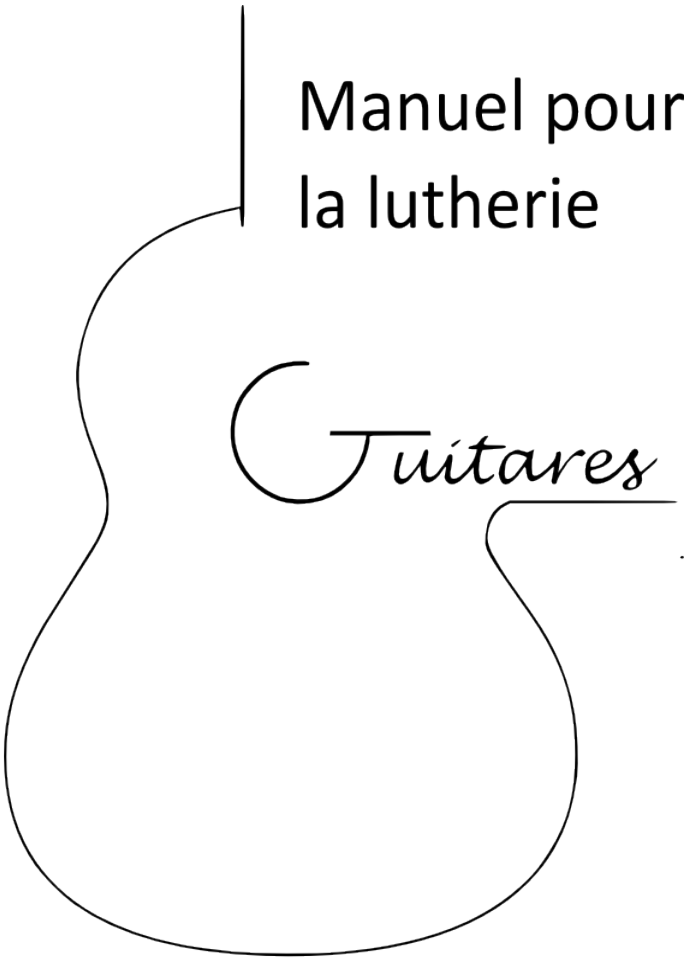
Le manuel pour la lutherie



Premier extrait

F.BEAUDOIN
M.TESTELIN

Manuel pour la lutherie



Frédéric BEAUDOIN -
beaudoin.lutherie@yahoo.fr
Luthier d'art
Passionné de musique, de lutherie et de chimie ancienne
Fan de Clapton, Vaughan et ACDC

Michaël TESTELIN -
microphonique@gmail.com
Enseignant et régisseur son
Passionné de musique, d'acoustique et d'informatique
Fan de Fugazi, Autechre et New Order

À Emilie, Lilou, Laly, Alice, Paul, Marie-Pierre, Stéph et Jef.

Merci à toutes les personnes citées dans les bibliographies en fin de chapitres.

Merci à nos correcteurs Laurent PHELIPPEAU, François JOCTEUR-MONROZIER et Michelle DOYEL.

Merci aux équipes de LibreOffice, Gimp et Inkscape.

TABLE DES MATIÈRES

1 PRÉFACE....21
2 INTRODUCTION....23
2.1 DESCRIPTIF DE LA GUITARE....23
2.2 LES CORDES....23
2.3 DU SILLET DE TÊTE AU SILLET DE CHEVALET....25
2.4 DU SILLET DE CHEVALET AU SILLET DE TÊTE....26
3 L'ÉQUILIBRE DES FORCES....29
3.1 LE TRAVAIL DES FORCES....31
3.2 LES FORCES APPLIQUÉES SUR LA TABLE....34
3.3 LES FORCES APPLIQUÉES SUR LE MANCHE ET LE FOND....35
3.4 LES FORCES APPLIQUÉES SUR LES ÉCLISSES....39
3.5 L'ENSEMBLE DES FORCES APPLIQUÉES SUR L'INSTRUMENT....40
4 LE MOUVEMENT....43
4.1 LE MOUVEMENT PÉRIODIQUE SINUSOÏDAL AMORTI....44
4.1.1 LA PÉRIODE....44
4.1.2 L'AMORTISSEMENT....48
4.1.3 LE CERCLE, POUR DÉCRIRE LE MOUVEMENT....48
4.1.4 LES RELATIONS DANS UN TRIANGLE RECTANGLE....52
4.1.5 PHASE ET DÉCALAGE DE PHASE....54
4.1.6 PETITE SYNTHÈSE....57
5 LE FONDAMENTAL ET SES HARMONIQUES....59
5.1 LE FONDAMENTAL....59
5.2 LES HARMONIQUES....60
5.3 SOMME DE DEUX SINUSOÏDES....62
6 LA VIBRATION DES CORDES....65
6.1 LES CORDES:HISTOIRE ET RÔLE....65
6.1.1 LES BOYAUX....65
6.1.2 LE NYLON....65
6.1.3 LE MÉTAL ET LES ALLIAGES....67
6.2 LES QUATRE MODES DE VIBRATION....69
6.3 LES CORDES DU POINT DE VUE « MÉCANIQUE »....70
6.3.1 LES TENSIONS EXERCÉES SUR LE MANCHE....70
6.3.2 LE CHANGEMENT DE TIRANT....74
6.3.3 LA VIBRATION TRANSVERSALE....74
6.4 LES CORDES DU POINT DE VUE « ACOUSTIQUE »....76
6.4.1 ÉNERGIE, PUISSANCE ET SUSTAIN....76
6.4.2 LA VIBRATION LONGITUDINALE....77

6.4.2.1 LA VIBRATION DE TORSION....78
6.4.2.2 LA VIBRATION D'OCTAVE....80
7 LE TIMBRE....81
7.1 L'ENVELOPPE SONORE....82
7.1.1 L'ATTACK....83
7.1.2 LE DECAY....84
7.1.3 LE SUSTAIN....85
7.1.4 LE RELEASE....86
8 RÉSONATEURS ET COUPLAGES DE RÉSONANCE....89
8.1 LES RÉSONATEURS....90
8.2 LE PRINCIPE DU COUPLAGE....90
8.3 LA FRÉQUENCE DE RÉSONANCE....90
8.4 LA BANDE PASSANTE ET LE FACTEUR DE QUALITÉ....92
8.5 L'AMORTISSEMENT ET LE FACTEUR DE QUALITÉ....93
8.6 DEUX EXEMPLES : LA MARTIN D28 (FOLK) ET LA KHONO (CLASSIQUE)....94
8.7 LA CLASSIQUE KHONO....99
8.8 SIMILITUDES ET DIFFÉRENCES....102
9 LES DIFFÉRENTS « MOUVEMENTS » DE L'INSTRUMENT....105
9.1 LA « POUTRE LIBRE »....105
9.2 LE TRAVAIL EN PHASE....106
9.3 LE TRAVAIL EN OPPOSITION DE PHASE....106
9.4 LE DÉCALAGE DE PHASE....107
10 DIFFÉRENCE ENTRE UN SON ET UN BRUIT....112
10.1 LES « LIGNES MODALES » ET LES « VENTRES » DE VIBRATION....112
11 LE BOIS....115
11.1 LA TENEUR EN EAU....117
11.2 LE RETRAIT DU BOIS....118
11.3 LA COUPE DU BOIS....119
11.4 LE CHOIX DES GRUMES....120
11.5 LA COUPE....121
11.6 LE SÉCHAGE....121
11.7 LA TAXONOMIE OU LE CLASSEMENT PAR ESPÈCES....122
11.8 LA COUPE DU BOIS DES TABLES EN LUTHERIE....128
11.9 LE SENS DU FIL....128
11.10 L'ORIENTATION DU FIL....130
11.11 UN PEU DE RDM (RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX)....132
11.12 LA DENSITÉ....132

11.13 LA FLEXIBILITÉ.....134
11.14 LE BOIS DU POINT DE VUE « ACOUSTIQUE ».....137
11.15 TEMPS DE SÉCHAGE ET CÉLÉRITÉ DES BOIS DE LUTHERIE 138
11.16 LES « FRICTIONS » INTERNES ET STRUCTURELLES DU BOIS 139
11.17 L'AMORTISSEMENT.....142
11.18 LA QUALITÉ DE COUPE.....143
11.19 L'ORIENTATION DE LA CELLULOSE CRISTALLINE.....143
11.20 LA COLORATION.....143
11.21 LES CRITÈRES DE SÉLECTION DES DIFFÉRENTS BOIS.....145
11.21.1 DENSITÉ, FLEXIBILITÉ ET AMORTISSEMENT.....145
12 LA TABLE D'HARMONIE.....169
12.1 LA HAUTEUR DE LA NOTE.....169
12.2 LA CAPACITÉ DE LA TABLE À RAISONNER.....170
12.3 UNE ÉVENTUELLE FENTE.....170
12.4 LA TABLE À LA FLEXION.....170
12.5 LES DIFFÉRENTS BOIS DE TABLE.....171
12.6 LE COMPORTEMENT MODAL DES RÉSONATEURS.....171
12.6.1 LES NŒUDS ET LES VENTRES.....171
12.6.2 LE « MOUVEMENT » DES MODES.....173
12.6.3 LA GÉOMÉTRIE DES VENTRES.....175
12.6.4 LA GÉOMÉTRIE DES VENTRES.....175
13 LE CHEVALET.....191
13.1 INTRODUCTION.....191
13.2 LE CHEVALET DU POINT DE VUE « MÉCANIQUE ».....191
13.2.1 RÉPARTITION DES FORCES EXERCÉES PAR LES CORDES 191
13.2.2 LA BARRE D'ANTI-BASCULEMENT.....193
13.2.3 GÉOMÉTRIE DE LA GORGE POUR LE PLACEMENT DU SILLET.....193
13.2.4 MAINTIEN DES CORDES SUR UN CHEVALET.....194
13.2.5 SURFACE DE COLLAGE DES CHEVALETS.....195
13.2.6 CHOIX DES MATÉRIAUX.....196
13.3 LE CHEVALET DU POINT DE VUE « ACOUSTIQUE ».....196
13.3.1 LE CHEVALET « MOTEUR » DU SON.....196
13.3.2 LE CHEVALET, UN BARRAGE SUPPLÉMENTAIRE POUR LA TABLE D'HARMONIE.....197

13.3.2.1 IMPACTE SUR LES MODES DANS L'AXE PERPENDICULAIRE À L'AXE DU CHEVALET.....200
13.3.2.2 VIBRATION D'OCTAVE.....201
13.3.3 LES DIFFÉRENTES GÉOMÉTRIES ET LEUR IMPACTE SUR LA SONORITÉ.....203
14 205
14.1 QUELQUES TIMBRES PARTICULIERS.....205
14.1.1 LA PAUVRETÉ.....205
14.1.2 LA RICHESSE.....206
14.1.3 LE CRIARD, LE DISSONANT ET L'AIGRE.....206
14.1.4 LE NASILLARD.....207
14.1.5 LE MOELLEUX, LE SOMPTUEUX, LE VELOUTÉ.....208
14.1.6 LA RONDEUR ET LA CHALEUR.....208
14.1.7 LE CREUX.....209
14.1.8 TIMBRE « CLARINETTE » ET « HAUT BOIS ».....209
15 LES CARACTÈRES SONORES.....213
15.1 LE SUSTAIN.....213
15.2 LA PROJECTION SONORE.....213
15.3 L'ÉQUILIBRE DU TIMBRE.....214
16 CONCLUSION DE LA PARTIE « INITIATION ».....215
16.1 JUSTESSE ET COMPENSATION.....219
17 LES SILLETS.....223
17.1 INTRODUCTION.....223
17.2 LES SILLETS DU POINT DE VUE « MÉCANIQUE ».....223
17.2.1 LES MATÉRIAUX.....223
17.2.1.1 ANGLE DES CORDES.....225
17.3 LES SILLETS DU POINT DE VUE « ACOUSTIQUE ».....227
17.3.1 LES MATÉRIAUX.....227
18 LE VOLUME DE CAISSE (L'AIR COMME RÉSONATEUR).....229
18.1 LE CALCUL DU VOLUME DE CAISSE D'UNE TORRES.....229
18.1.1 CALCUL DU VOLUME D'UNE CAISSE.....229
18.1.2 CALCUL DE LA SURFACE DE LA TABLE.....229
18.1.3 LES DIMENSIONS DE LA TABLE.....231
18.1.4 CALCUL DU VOLUME DU BARRAGE DE TABLE ET DES BARRES DE FOND.....231
18.1.5 VOLUME TOTAL DU BARRAGE.....232
18.1.6 VOLUME DE CAISSE (SANS LES BARRAGES).....232
18.1.7 CALCUL DU DIAMÈTRE DE L'OUVERTURE AVEC ET SANS BARRAGE.....233

18.2 LE CALCUL DU VOLUME DE CAISSE D'UNE TORRES.....234
18.2.1 LES LIMITES MODALES DES COMPOSANTES DE LA GUITARE.....234
18.3 L'OREILLE.....240
18.3.1 L OREILLE ET SON FONCTIONNEMENT.....240
18.3.2 OREILLE EXTERNE : LE PAVILLON ET LE CONDUIT AUDITIF 240
18.3.3 OREILLE MOYENNE : TYMPAN, OSSELETS ET MUSCLES 240
18.3.4 OREILLE INTERNE : TYMPAN, OSSELETS ET MUSCLES. 241
18.4 LE SON.....241
18.5 LE BRUIT.....242
18.6 LE TIMBRE.....242
18.7 LES BRUITS COLORÉS.....242
18.7.1 LE BRUIT BLANC.....242
18.7.2 LE BRUIT ROSE.....242
18.7.3 LE BRUIT BRUN.....242
18.7.4 LES BRUITS IMPULSIONNELS ET CONTINUS.....243
18.8 IMPORTANCE DES PARTIELS DANS LA CONSTITUTION DU SON 243
18.9 SONIE DES SONS PURS, OU LA SENSATION D'INTENSITÉ...243
18.10 SONIE DES SONS COMPLEXES, OU LA SENSATION D'INTENSITÉ.....244
18.10.1 LE BRUIT DE MASQUAGE.....245
18.11 LES EFFETS DU BRUIT.....245
18.11.1 LE RÉFLEXE STAPÉDIEN.....245
18.11.2 LES CELLULES CILIÉES.....246
18.11.3 L'AUTOPHONIE.....246
18.11.4 LA PHONAGNOSIE.....246
19 LA CHIMIE.....251
19.1 PAS DE CHIMIE, SANS ALCHIMIE.....251
20 LA COULEUR.....257
20.1 PIGMENTS ET COLORANTS.....257
20.1.1 LES LIANTS.....257
20.1.2 LE BLANC ET LE NOIR.....258
20.1.3 COULEUR COMPLÉMENTAIRE.....258
21 QUELQUES PIGMENTS ANCIENS CÉLÈBRES.....261
21.1 LE BLEU ÉGYPTIEN.....261
21.2 LE MINIUM ET LE MASSICOT (ROUGES).....261

21.3 CINABRE ET VERMILLON (ROUGES)....262
21.4 LES AUTRES PIGMENTS ANCIENS....262
22 MISE EN TEINTE DES BOIS....263
22.1 LES COLORANTS NATURELS....263
22.2 EXTRACTION....265
22.3 MISE EN TEINTE PAR APPLICATION DIRECTE....266
22.4 MISE EN TEINTE PAR « MORDANTS »....267
22.5 ACCENTUATION DES TEINTES DES BOIS EXOTIQUES....270
22.6 « TRUCAGES » DES BOIS....270
22.6.1 IMITATIONS....270
22.6.2 IMITATION DE L'ÉBÈNE....270
22.6.3 IMITATION DU NOYER....270
22.6.4 IMITATION DE L'ACAJOU....271
22.7 DÉCOCTION, MACÉRATION ET BAIN-MARIE....271
22.7.1 LA DÉCOCTION....271
22.7.2 LA MACÉRATION....271
22.7.3 LE BAIN-MARIE....271
22.8 QUELQUES RECETTES POUR PRÉPARER LES TEINTES....271
22.8.1 LE CAMPÊCHE, HAEMATOXYLUM CAMPECHIANUM....271
22.8.2 LE BOIS JAUNE, CHLOROPHORA TINCTORIA....272
22.8.3 BROU DE NOIX....272
22.8.4 LE CACHOU, ACACIA CATECHU....272
22.8.5 LA COCHENILLE, DACTYLOPIUS COCCUS, ET LA KERMES, KERMES VERMILION....273
22.8.6 LE CURCUMA, *CURCUMA LONGA*....273
22.8.7 LE CARTHAME DES TEINTURIERS, OU « FAUX SAFRAN » *CARTHAMUS TINCTORIUS*....273
22.8.8 RÉSÉDA, RESEDA LUTEOLA....274
22.8.9 LE GENÊT DES TEINTURIERS, GENISTA TINCTORIA....274
22.8.10 LE HENNÉ, LAWSONIA INERMIS....274
22.8.11 L'ORCANETTE, ALKANNA TINCTORIA....274
22.8.12 LA GARANCE, RUBIA TINCTORUM....274
22.8.13 GRAINES DE ROCOU *BIXA ORELLANA*....274
22.9 LISTE DES PIGMENTS UTILISÉS DANS LES ARTS....275
22.9.1 LES BLANCS....275
22.9.2 LES NOIRS....275
22.9.3 LES VIOLETS....276
22.9.4 LES ROUGES....276
22.9.5 LES VERTS....277

22.9.6 LES BLEUS....278
22.9.7 LES JAUNES....279
22.10 LES OCRES ET LES TERRES....280
23 LA PRÉPARATION DES SURFACES....285
23.1 LES ENCOLLAGES....285
23.2 LES COLLES VÉGÉTALES....286
23.2.1 COLLE DE TISSERANDS....286
23.2.2 RECETTE DE « MAMIE »....286
23.3 LES COLLES ANIMALES....286
23.3.1 PROPRIÉTÉS DES COLLES DE GÉLATINE....288
23.3.2 COMPOSITION CHIMIQUE DES COLLES DE GÉLATINE. .288
23.3.3 CLASSIFICATION DES COLLES ANIMALES....289
23.4 FABRICATION DES COLLES....289
23.4.1 L'ÉCHAUDAGE....289
23.4.2 EXTRACTION DE LA MATIÈRE GÉLATINEUSE....289
23.4.3 CLARIFICATION....289
23.4.4 ENTONNAGE....290
23.4.5 LUSTRAGE....290
23.4.6 PRÉPARATION DE DIFFÉRENTES COLLES DE DÉCHETS DE CUIRS ET DE PEAUX....290
23.4.7 LA COLLE DE DÉCHETS DE CUIRS DE VEAUX....290
23.4.8 LA COLLE DE DÉCHETS DE PEAUX DE MOUTON....291
23.4.9 LA COLLE DE PEAUX DE LAPIN....291
23.4.10 LA COLLE DE PARCHEMIN, DE GANTS....291
23.4.11 LA COLLE D'OS....292
23.4.12 LES COLLES DE POISSON (HYCTIOCOLLE)....292
23.4.13 PRÉPARATION DE COLLES DE CARTILAGES (CHONDRINE)....293
23.4.14 LA COLLE DES ÉBÉNISTES....293
23.4.15 LA COLLE FORTE LIQUIDE....293
23.4.16 PRÉPARATION DES COLLES ANIMALES....293
23.5 PRÉPARATION ET TENUE DES COLLES ANIMALES :....294
23.5.1 LA PRÉPARATION....295
23.5.2 LE PRINCIPE D'ADHÉSION....296
23.5.3 CONSIGNE POUR LA PRÉPARATION DES SURFACES....297
23.5.4 LES TESTS DE CONTRÔLE....298
23.6 LES AUTRES MOYENS DE PRÉPARER LES SURFACES....298
23.6.1 LE PLÂTRE MORT....298
23.6.2 L'ATTAPULGITE....299

23.6.3 LA CASÉINE.....299
23.6.4 LES RECETTES À BASE D'ESSENCE ET DE RÉSINES.....300
23.6.5 LES PRODUITS MODERNES.....300
24 VERNIS TRADITIONNELS.....301
24.1 GÉNÉRALITÉS.....301
24.2 LES PREMIERS VERNIS.....302
24.3 LES VERNIS, « VÉHICULES » ET « MATIÈRE SÈCHE ».....303
24.3.1 RÔLE DU VERNIS.....303
24.3.2 LA NOTION DE DURETÉ.....304
24.3.3 LA NOTION DE SOUPLESSE.....304
24.3.4 LA NOTION DE RÉSILIENCE.....304
24.4 UNE MANIÈRE SIMPLE DE VOIR LES VERNIS : UN « VÉHICULE » ET « UNE MATIÈRE SÈCHE. ».....304
24.5 LES VÉHICULES POUR « VERNIS MAIGRES ».....306
24.5.1 ALCOOL ET ESSENCES.....306
24.5.2 PRINCIPES DES VERNIS MAIGRES.....306
24.5.3 DISSOLUTION, MISCIBILITÉ OU DILUTION.....306
24.5.3.1 LA DISSOLUTION.....306
24.5.3.2 LA MISCIBILITÉ.....306
24.5.3.3 LA DILUTION.....306
24.6 LES VÉHICULES POUR VERNIS GRAS.....307
24.7 LA MATIÈRE SÈCHE POUR LES VERNIS MAIGRES.....307
24.8 LA MATIÈRE SÈCHE POUR LES VERNIS GRAS.....307
24.8.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES RÉSINES.....308
24.8.2 POUR RÉSUMER.....309
24.8.3 LA BOTANIQUE.....310
24.8.4 LE RÔLE DES RÉSINES.....310
24.8.5 LES LIANTS.....311
24.8.6 LES PLASTIFIANTES.....312
24.9 VERNIS MAIGRES ET GRAS : LES RÉSINES ET LEUR SOLVANT 314
24.9.1 LES RÉSINES ET LEUR SOLVANT.....314
24.9.2 BOTANIQUES ET SYNONYMES.....315
24.9.3 LIEUX ET MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT.....317
24.9.4 PHOTOS DES RÉSINES LES PLUS COURAMMENT UTILISÉES.....320
25 LES VERNIS GRAS.....333
25.1 QU'EST-CE QU'UN VERNIS GRAS ?.....333
25.2 PRINCIPE DE RÉALISATION DU VERNIS GRAS ?.....333

25.3 UN BON VERNIS ? DE BONS INGRÉDIENTS ET BEAUCOUP DE PRÉCAUTION ?.....334
25.4 CONFECTIONNER UN VERNIS, ATTENTION DANGER !.....335
25.5 LES HUILES.....337
25.6 LE CHOIX DES HUILES.....337
25.7 LA LYNOXINE.....354
25.8 RÉACTION DE L'HUILE PENDANT SA CUISSON.....360
25.9 L'EXTRACTION DES HUILES.....361
25.10 POUR RÉSUMER LE CHOIX DE NOS HUILES.....363
25.11 TRAITEMENT DES HUILES -CLARIFICATION ET OXYDATION 363
25.12 ÉCLAIRCISSEMENT DES HUILES.....364
25.12.1 L'ÉCLAIRCISSEMENT DES HUILES.....364
25.12.2 LA PHOTO-OXYDATION AVEC OU SANS SICCATIF (ÉPAISSISSEMENT DES HUILES).....365
25.12.3 LA POLYMÉRISATION THERMIQUE.....366
25.13 LA CUISSON DES HUILES.....368
25.13.1 CONDUCTION DE LA CUISSON.....370
25.13.2 NOTES IMPORTANTES SUR LA CUISSON DES HUILES.371
25.13.3 NOTE SUR LA QUALITÉ DES HUILES.....372
25.13.4 TEST DE CUISSON COMPARATIVE ENTRE UNE HUILE DE QUALITÉ LUTHERIE ET UNE HUILE DE GRANDE SURFACE.....372
25.14 OXYGÉNATION D'UNE HUILE AVANT LA CUISSON.....381
25.15 VERNIS A LA PROPOLIS, MYTHE OU RÉALITÉ.....385
25.15.1 PRÉPARATION DE LA PROPOLIS.....386
25.15.2 INCORPORATION DE LA PROPOLIS.....388
25.16 LA MAUVAISE CUISSON D'UNE HUILE : L'HUILE SUR CUITE 396
25.17 CORRESPONDANCE AVEC LES SICCATIFS UTILISÉS DANS LES VERNIS ANCIENS.....405
25.18 PRÉPARATION D'UNE HUILE AVEC SICCATIF KRÉMER À 2 % 406
25.19 CONCLUSION SUR LES HUILES (QUALITÉ LUTHERIE), CUITE AVEC BULLAGE, SANS SICCATIFS, ET L'HUILE AVEC SICCATIF.....412
25.20 CUISSON À L'ANCIENNE :AVEC DU PAIN, DES OIGNONS ET LE TEST DE LA PLUME.....413
25.21 CUISSON DES HUILES SEULES AVEC DES SICCATIFS ANCIENS.....417
25.21.1 RECETTE 1.....417

25.21.2 RECETTE 2.....418
25.21.3 RECETTE 3.....419
25.21.4 RECETTE 4.....419
25.22 CUISSON DES HUILES AVEC UN COLORANT NATUREL.....420
25.23 LES DIFFÉRENTES MATIÈRES COLORANTES.....423
25.24 LA FILTRATION DES HUILES CUITES.....425
25.25 LA PRÉPARATION DES RÉSINES.....427
25.26 INTÉRÊTS DE CES TRAITEMENTS.....429
25.27 COMMENT CONDUIRE LA FONTE D'UNE RÉSINE ?.....430
25.28 LA FONTE D'UNE RÉSINE.....432
25.29 TEST DE PYROGÉNISATION D'UNE RÉSINE.....433
25.30 EXEMPLES DE DIFFÉRENTS VERNIS GRAS HISTORIQUES. 434
25.30.1 VERNIS A : RÉSINE DE SAPIN, HUILE DE LIN COLORÉE ET SICCATIFS.....434
25.30.2 VERNIS B : RESINE DE MELEZE, HUILE DE NOIX, SICCATIFS ET COLORANTS.....434
25.31 PRÉPARATION D'UN RÉSINÂTE.....435
25.32 REMARQUES GÉNÉRALES SUR LA CONFECTION DES VERNIS GRAS.....439
26 RECETTES ANCIENNES.....441
26.1 LA COUPE DES HUILES ET DES VERNIS.....441
26.1.1 PETITE HISTOIRE DE LA DISTILLATION.....441
26.1.2 LA DISTILLATION DE L'ALCOOL.....444
26.1.3 LA DISTILLATION DES ESSENCES.....446
26.1.4 PRINCIPALES ESSENCES UTILISÉES.....448
26.2 PRINCIPE DE COUPE PAR LES ESSENCES.....450
26.2.1 PEUT-ON ÉGALEMENT TRAITER NOTRE HUILE POUR EN AMÉLIORER SES QUALITÉS ?.....451
26.3 QUELQUES RECETTES CÉLÈBRES.....451
26.3.1 LA RECETTE DE THEODORE DE MAYERNE.....454
26.3.2 LE MARCIANA 16E SIÈCLE.....455
26.3.3 LE VERNIS EINTOPF (AU BARRAS).....457
26.3.4 VERNIS A LA SANDARAQUE.....460
26.4 SYNTHÈSE SUR LA PRÉPARATION DES VERNIS GRAS.....462
26.5 PRÉPARATIONS DES SURFACES – APPLICATION DU VERNIS 463
26.5.1 LA MAIN ET LES PINCEAUX.....463
26.5.2 LE SÉCHAGE PHYSIQUE.....463
26.5.3 LE SÉCHAGE CHIMIQUE.....463
26.6 LES DÉFAUTS DES VERNIS GRAS.....464

26.6.1 L'EMBUE DE REPRISE.....464
26.6.2 « LA PEAU DE CRAPAUD (LE FRISAGE) ».....464
26.6.3 « LA PEAU DE CROCODILE ».....464
26.6.4 « LE FEUIL QUI TOURNE AU GRAS ».....465
27 LES RECETTES ANCIENNES DES VERNIS GRAS.....467
27.1 LES UNITÉS ANCIENNES.....467
27.1.1 LES UNITÉS FRANÇAISES.....467
27.1.2 LES UNITÉS GRECQUES.....468
27.1.3 LES UNITÉS ROMAINES.....468
27.1.4 POUR LES MÉTAUX PRÉCIEUX.....469
27.2 CORRESPONDANCE DES NOMS CHIMIQUES ANCIENS ET MODERNES.....470
27.3 HISTORIQUE DES RECETTES DANS LES RECUEILS ANCIENS 491
27.4 LE CONTENU DU TEXTE : COHÉRENCE ET INCOHÉRENCE..491

1 PRÉFACE

J’ai rencontré Michaël lors d’un concert à Beauvais alors qu’il enregistrait un ami guitariste. Très intéressé par la lutherie, nous avons très vite eu de longues et intéressantes conversations sur mon métier, lui avec sa vision scientifique et moi avec mon expérience. Tous les deux animés par la même envie de transmettre nos connaissances nous avons, ensemble, travaillé à vulgariser nos savoirs dans le but de le rendre accessible à tous, et de, nous l’espérons beaucoup, susciter des vocations. Avant que vous ne commenciez la lecture, nous souhaitons apporter quelques précisions sur son contenu. Nous avons voulu écrire un ensemble de cahiers « pour » la lutherie, et non pas « de » lutherie. On trouve aujourd’hui, facilement, de nombreux ouvrages détaillés qui permettent de fabriquer sa guitare. Ici nous avons préféré décrire, de la manière la plus simple et la plus précise possible, son fonctionnement mécanique et acoustique afin de fabriquer à partir de son propre cahier des charges, plutôt que par la copie.

Notre objectif est de proposer un contenu qui s’adresse à tous, que vous souhaitiez fabriquer ou bien simplement comprendre le fonctionnement intime de la guitare. Certains d’entre vous ont certainement déjà acquis une partie des notions mathématiques et physiques qui y seront exposées, et pourront survoler certains paragraphes. Les encadrés qui se succèdent dans les chapitres vous permettront de vous remémorer rapidement les notions essentielles. Pour les autres, nous avons voulu proposer plusieurs expériences. Elles pourront vous sembler bien empiriques, mais elles vous permettront de « visualiser » certaines notions qui, nous le voyons avec les élèves, peuvent sembler bien abstraites voir rébarbatives. Le texte se veut avec le même objectif de facilité de lecture. Nous avons préféré décrire les phénomènes physiques plutôt que d’avancer leurs équations dont la lecture pourrait paraître bien complexe. Nous nous limiterons aux seules nécessaires à la compréhension.

Nous avons découpé notre premier cahier en deux grandes parties. La première s’intitule: « Initiation ». Nous y exposons toutes les notions de base, qu’elles soient générales ou précises, qui forment le vocabulaire que nous utiliserons. Nous allons considérer l’instrument dans ses deux états

possibles. Statiquement, sous la tension des cordes, mais sans mouvements de celles-ci, et ensuite dynamiquement. L'étude statique est importante puisqu'un instrument mal équilibré ne pourra pleinement s'exprimer. Elle nous permettra de caractériser, comment construire pour permettre à l'instrument de vibrer au maximum de ses capacités. Dans l'étude dynamique, nous ferons le lien entre nos « générateurs de fréquences », que sont nos cordes, et les différents mouvements qui en découlent sur l'ensemble des parties constitutives de la guitare.

Dans la partie suivante, intitulée « Perfectionnement », nous aborderons, un peu à la manière d'un puzzle, la manière de travailler chacune de nos « pièces » à chaque fois d'un point de vue « mécanique » et « acoustique » avec pour objectif de pouvoir définir un cahier des charges des caractéristiques sonores.

Bien que le domaine traité soit vaste, nous espérons, en toute modestie, Michaël et moi avoir atteint nos objectifs, et vous souhaitons bonne lecture !

2 INTRODUCTION

La guitare est constituée d'un ensemble d'éléments : la table, le fond, le manche, les éclisses, le chevalet, etc., assemblés l'un à l'autre. Chacun est partie intégrante de la rigidité et de la construction du son. Nous allons commencer par ce qui nous semble être la base de notre étude, c'est-à-dire le parcours du son au travers de l'instrument.

2.1 DESCRIPTIF DE LA GUITARE

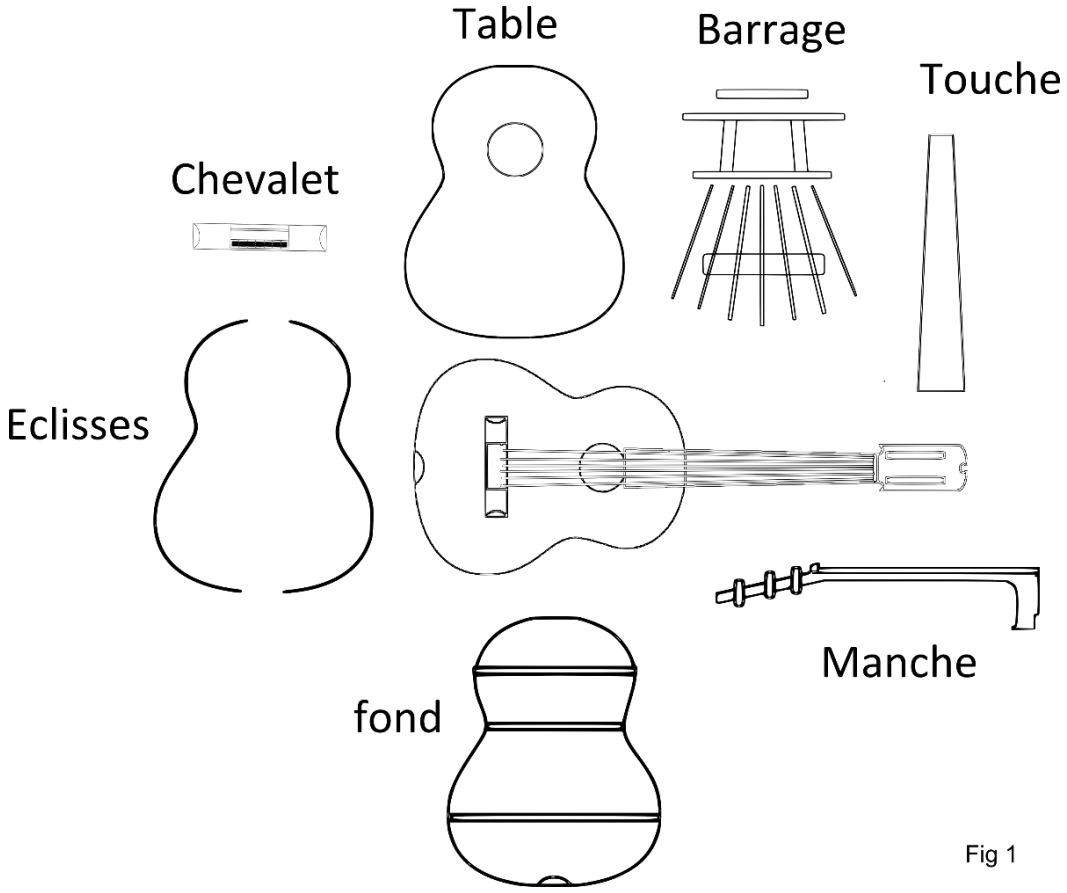
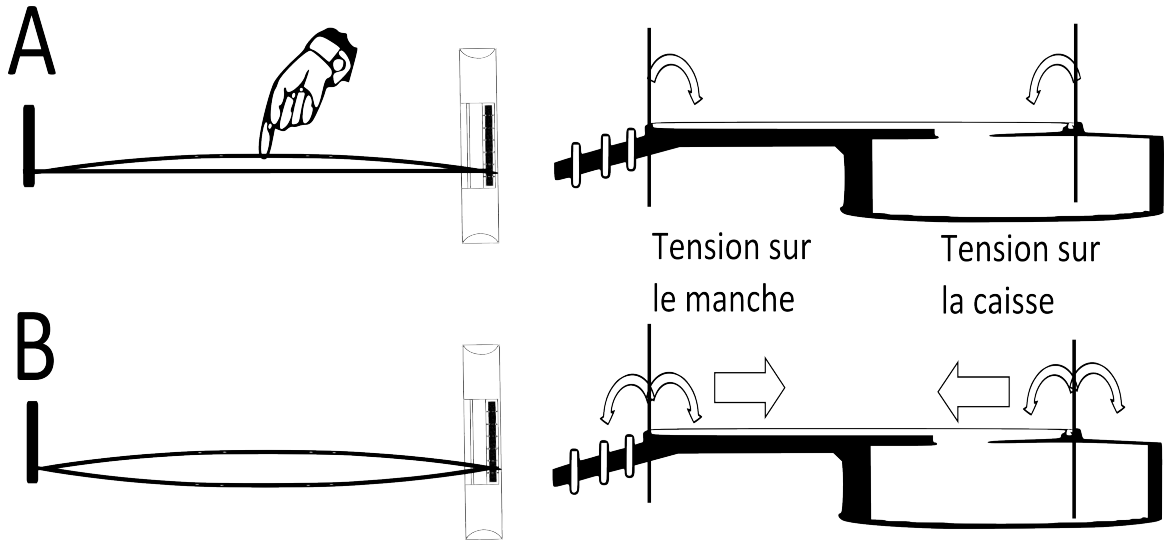


Fig 1

2.2 LES CORDES

Les cordes ont un rôle très important. Leurs oscillations ébranlent l'instrument. Elles sont considérées comme « excitatrices » et, par prolongement, comme génératrices d'ondes, caractérisées par leurs

fréquences. Leur comportement est donc à la base même de la construction du son. Elles s’appuient sur le sillet de tête, pour le manche, et le sillet de chevalet, pour la caisse. Lorsque l’on s’accorde, on transmet leur tension à l’ensemble de l’instrument. Si on en pince une, ou plusieurs simultanément, puis on les lâche, on crée un mouvement de la table, de la caisse et du manche. L’oscillation qui en découle induit toutes les réactions mécaniques et sonores de l’instrument. Sur les schémas ci-dessous nous représentons l’action du mouvement des cordes, du pincé à sa fin de vibration :



(A) : En déplaçant notre corde, juste avant de la libérer, on crée un raccourcissement de la longueur entre nos deux sillets. Il s’ensuit un basculement de la table vers le manche et du manche vers la table. (B) : Au lâcher, la corde va repasser par sa position d’origine, et osciller, toujours autour de sa position de repos, jusqu’à ce qu’elle s’arrête après avoir dissipé toute son énergie au travers de l’instrument et de son frottement avec l’air qui l’entoure. Pendant tout ce temps, il y aura des oscillations en avant et en arrière, autour de nos sillets, d’abord importantes, puis de plus en plus faibles.

2.3 DU SILLET DE TÊTE AU SILLET DE CHEVALET

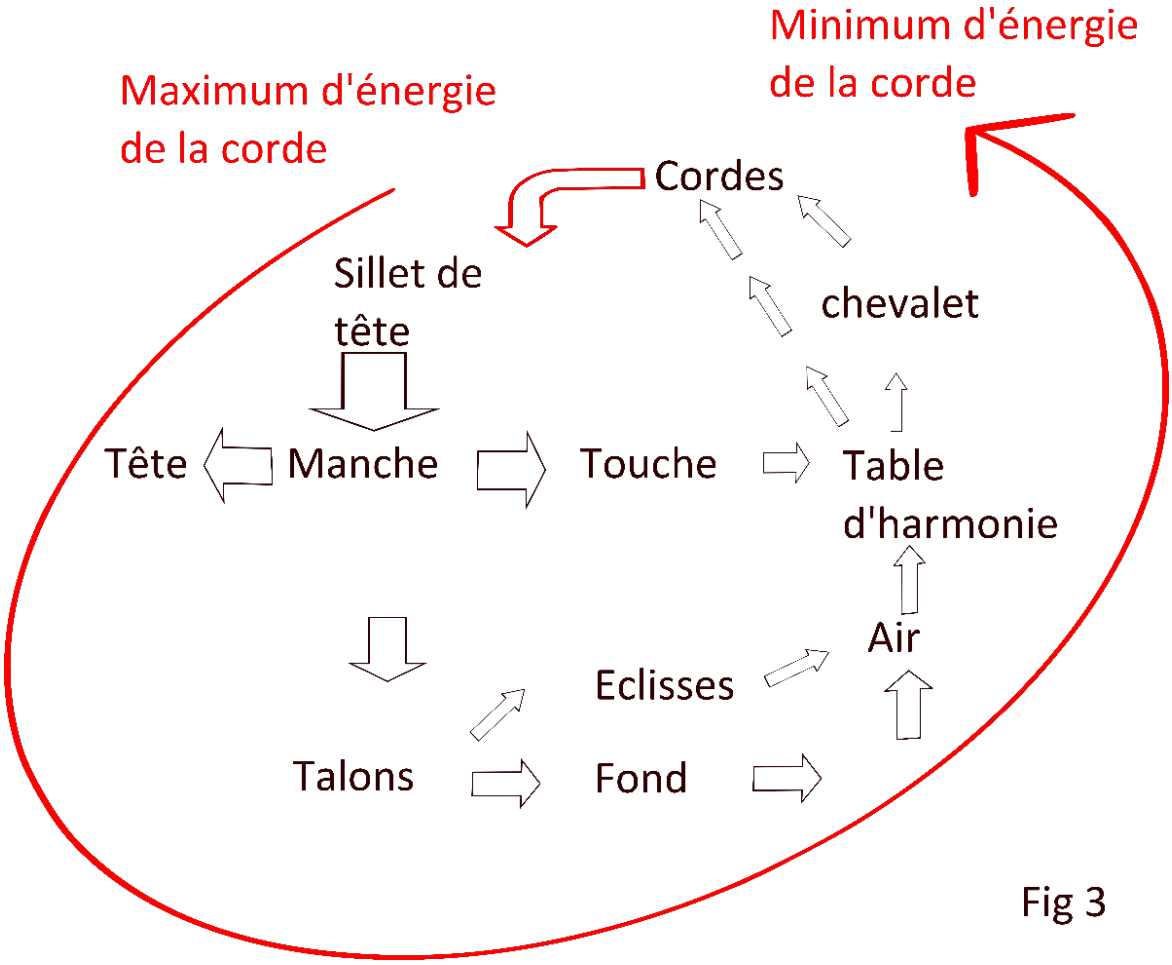
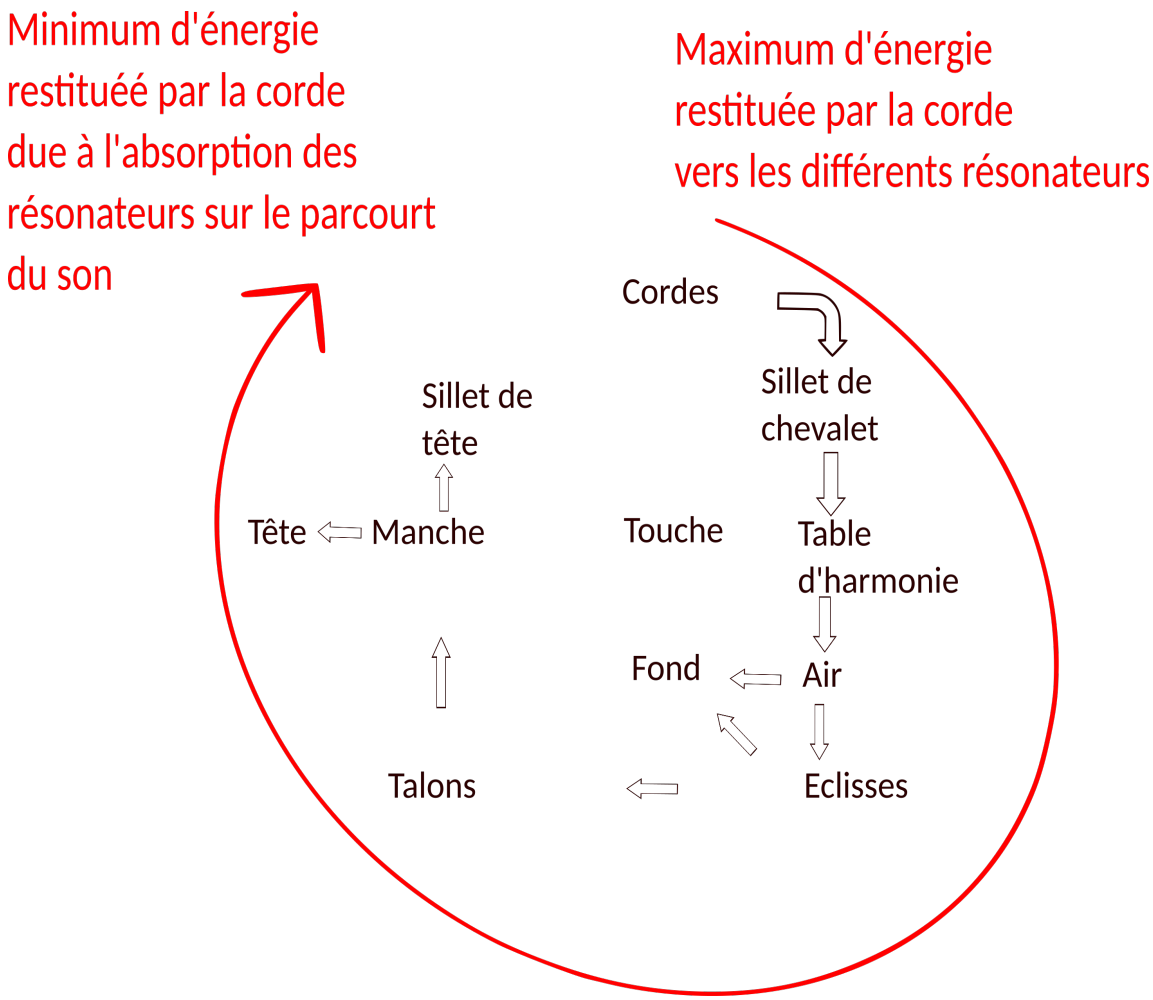


Fig 3

Quand la vibration arrive au sillet de tête, elle se propage vers la tête, vers la table d'harmonie (par le manche et au travers de la touche), mais aussi au fond par le talon. Ce dernier crée un bras de levier qui permet au fond, grâce à sa forme bombée, d'osciller et de transmettre une partie de son énergie aux éclisses puis à la table d'harmonie par le biais du volume d'air contenu dans la caisse.

2.4 DU SILLET DE CHEVALET AU SILLET DE TÊTE

Cette fois, la vibration passe par le sillet, au chevalet, puis à la table d'harmonie. Son oscillation, d'avant en arrière transmet au fond une partie de son énergie par l'air contenue dans la caisse et par les éclisses.



Le parcours du son est donc multidirectionnel. On pourrait résumer son trajet ainsi :

– Sur chacun des deux parcours, l'énergie est grande au départ puis diminue à chaque passage par un résonateur.

– Les temps de parcours des vibrations sont différents pour arriver à un même résonateur : Ex : Le temps mis par la vibration pour arriver à la table d'harmonie est quasi instantané en partant du sillet de chevalet, mais plus long en partant du sillet de tête.

– Même si les ondes générées par les cordes sont identiques au départ de chaque sillet, leur direction est différente. Leur passage au travers des différents résonateurs, et l'association de leur mouvement respectif (nous les appellerons des résonateurs couplés) déterminent la complexité et la richesse de la sonorité de notre guitare.

– Chacun d'entre eux aura également la capacité de vibrer à des fréquences qui lui sera propre, leurs « fréquences de résonances ». Elles sont spécifiques aux matériaux de construction, comme le choix du bois, mais également au procédé de fabrication, comme le choix de l'épaisseur, le renforcement par un barrage, etc.

3 L’ÉQUILIBRE DES FORCES

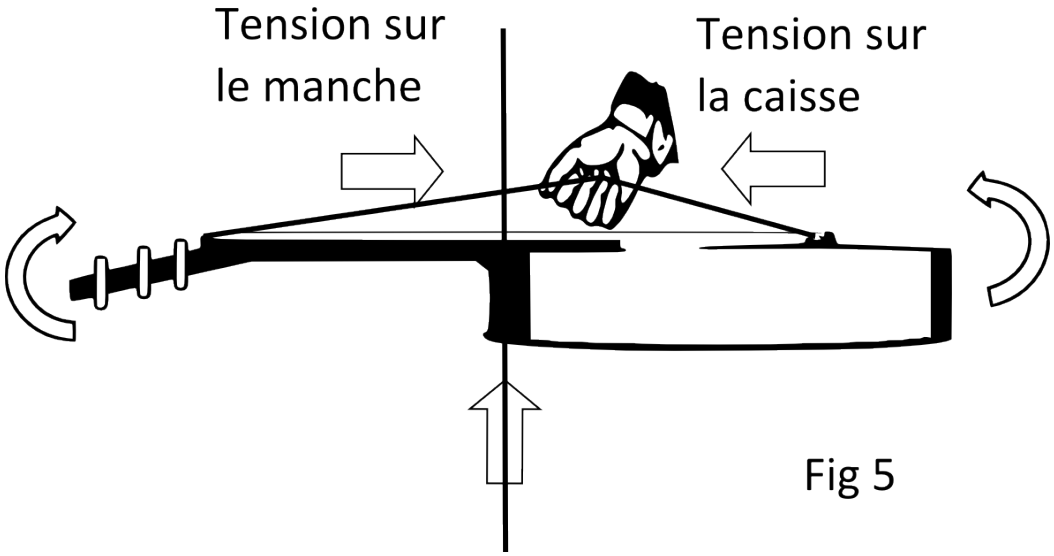


Fig 5

« *Un instrument mal équilibré est un instrument qui ne pourra pas pleinement exprimer ses capacités sonores* ».

C’est la règle d’or. Nous allons donc commencer par étudier notre instrument de manière statique, c’est-à-dire mis en tension par les cordes, mais sans mouvement de celle-ci.

Réalisons une petite expérience :

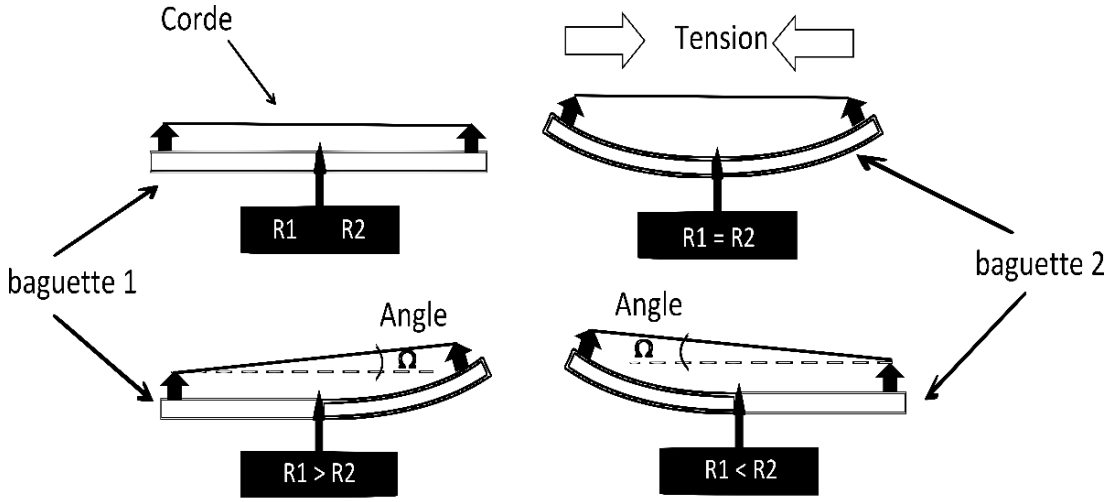
Fixons, sur un bloc de bois, bien rigide, deux baguettes que nous appellerons R1 et R2 comme ci-dessous. Tendons notre corde et observons leur comportement.

On a trois possibilités :

– R1 = R2, les résistances de R1 et de R2 sont identiques : dans ce cas, leur déformation l’est également.

– R1 > R2, la résistance de la baguette R1 est supérieur. Notre baguette R2 se déforme plus, et la corde forme un angle par rapport à l’horizontale en direction de R1.

– R1 < R2, la résistance de R2 étant plus grande, R1 se déforme plus, et un angle se forme par rapport à l’horizontale, mais de l’autre côté.



R1 = résistance mécanique de la baguette R1
R2 = résistance mécanique de la baguette R2

Fig 6

Appliquons cela à notre instrument en considérant notre manche comme R1, notre caisse comme R2. Le bloc de fixation sera notre talon.

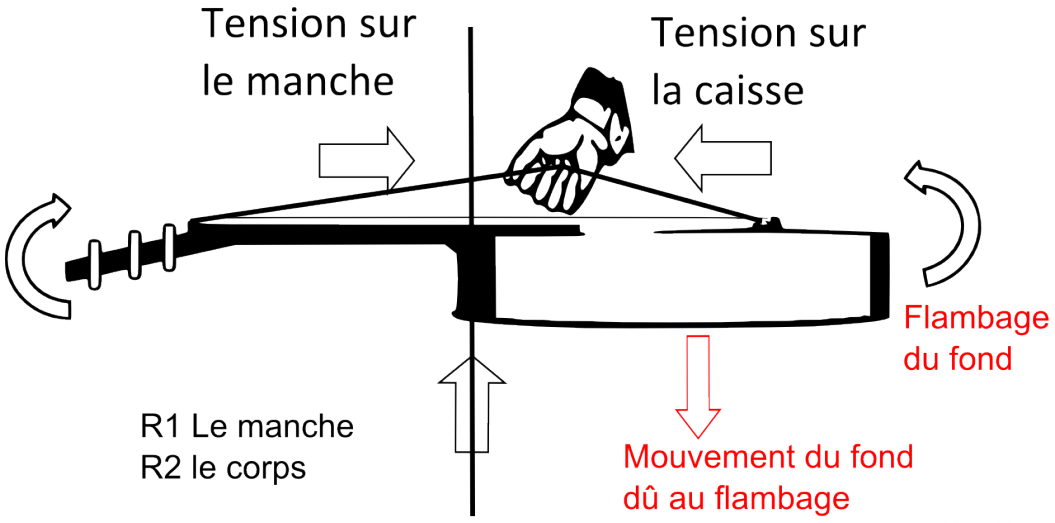


Fig 7

Nous retrouvons les mêmes cas de figure comme ci-dessous :

– R1 = R2, notre manche et notre caisse se déforment de la même façon : L'instrument est équilibré.

– R1 > R2, notre caisse subit une déformation plus importante que notre manche et un angle va se former entre la corde et la touche : L'instrument est déséquilibré, la caisse est en « surtension »

– R1 < R2, notre manche subit une déformation plus importante que la caisse et un angle va se former entre la corde et la touche : L'instrument est déséquilibré, le manche est en « surtension »

3.1 LE TRAVAIL DES FORCES

Cette vision de l'équilibre de l'instrument reste très simplifiée. Étudions donc, plus en détail, les réactions sur notre caisse et notre manche. Pour cela, nous allons introduire la notion de « force », afin de pouvoir représenter, simplement, les tensions.

La force est communément représentée en physique par des « vecteurs ».

Nous n'entrerons pas ici dans leurs applications mathématiques, nous nous limiterons à leur représentation graphique comme un outil « visuel ».

Pour réaliser l'expérience suivante, nous allons nous servir d'un ressort. Son comportement est très proche de celui de nos résonateurs. Comme lui, chacun d'entre eux possède une capacité à se déformer, et un point de rupture à ne surtout pas dépasser.

Attachons-le sur le sol. Sur son point de contact, nous plaçons deux axes, l'un vertical, l'autre horizontal. Sur son autre extrémité, nous plaçons une corde. Avant de tirer dessus, pour appliquer notre force, nous noterons Y, la distance du point de fixation à la position de l'extrémité du ressort projeté sur l'axe vertical, et X celle sur l'axe horizontal comme suivant. Représentons cela comme sur le dessin suivant.

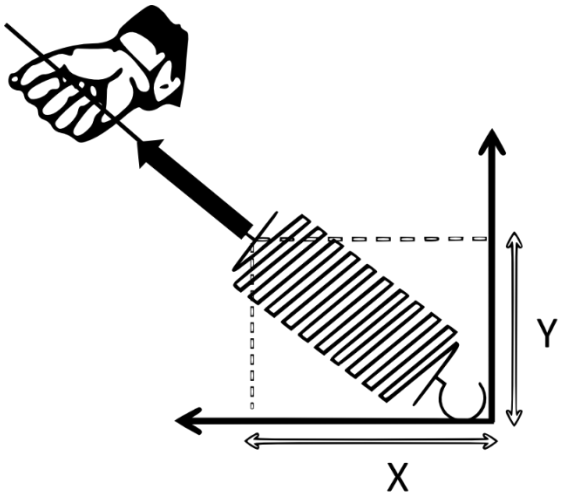
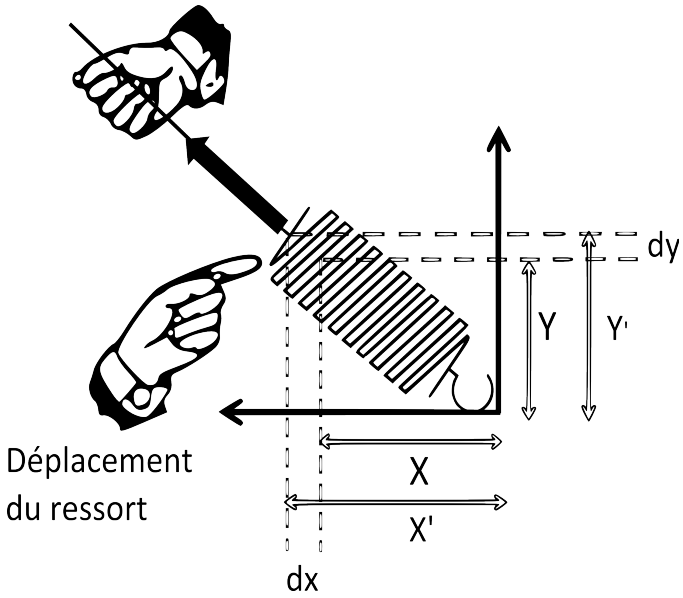


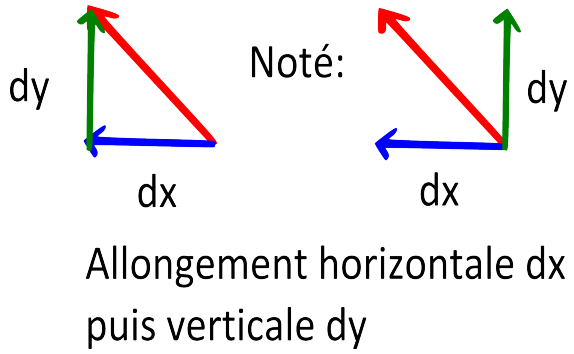
Fig 8

En tirant, notre ressort s’allonge suivant la direction de la force. Nous noterons alors Y’ la nouvelle projection de l’extrémité du ressort sur l’axe vertical, et [X’] celle sur l’axe horizontal.



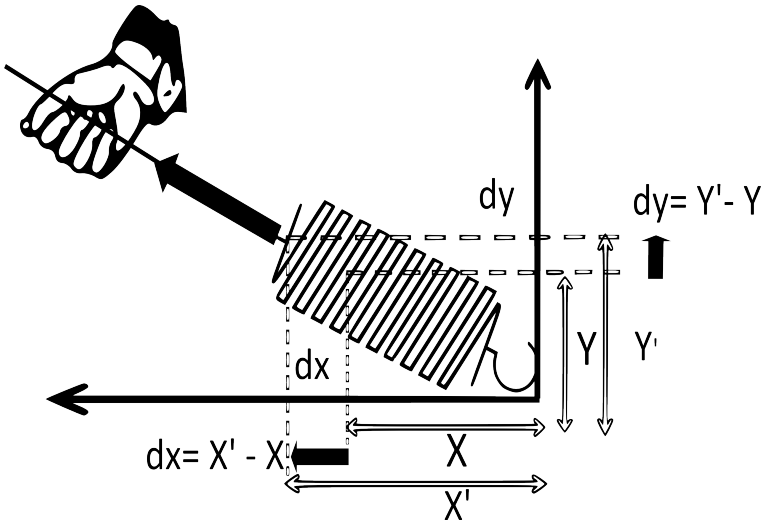
En soustrayant Y’ à Y (on note dY = Y’ – Y) et X’ à X (on note dX = X’ – X), nous obtenons la valeur de l’allongement du ressort sur l’axe vertical et horizontal.

Tout se passe exactement comme si, au lieu de tirer dans la direction de la force, nous avions d'abord allongé le ressort horizontalement de la valeur dX *puis* verticalement de la valeur dY.



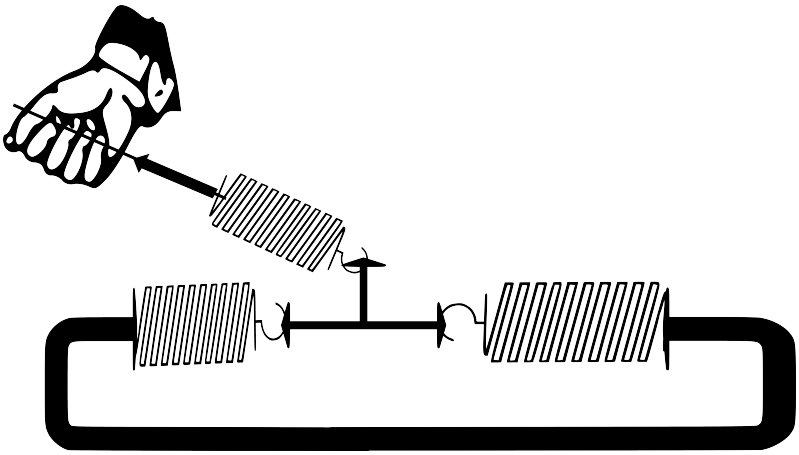
On peut donc décomposer notre force comme une somme de deux autres (qu'on appelle « RÉSULTANTES »), chacune agissant dans des directions différentes : la première, sur l'axe horizontal, entraînant le déplacement dX, et la seconde, sur l'axe vertical, entraînant le déplacement dY.

Dans l'exemple suivant, nous choisirons la direction de la force avec un angle par rapport au sol, beaucoup plus faible. Nous observons cette fois que le déplacement dX est bien supérieur à celui de dY. La tension se répartit majoritairement dans cette direction et la longueur de sa représentation, sur l'axe horizontal, également.

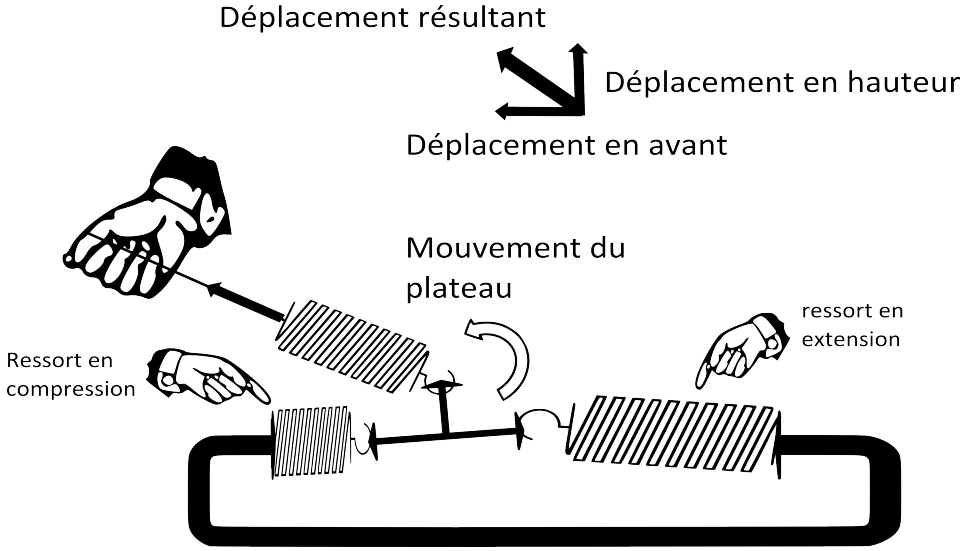


3.2 LES FORCES APPLIQUÉES SUR LA TABLE

Continuons nos expériences en accrochant notre ressort sur une petite planchette. Nous l’attacherons ensuite, grâce à deux nouveaux ressorts, à deux parois rigides comme ci-dessous. Nous laissons au triangle, où est fixé notre premier ressort sur le plateau une certaine souplesse de mouvement.



Appliquons maintenant notre force dans la direction suivante :

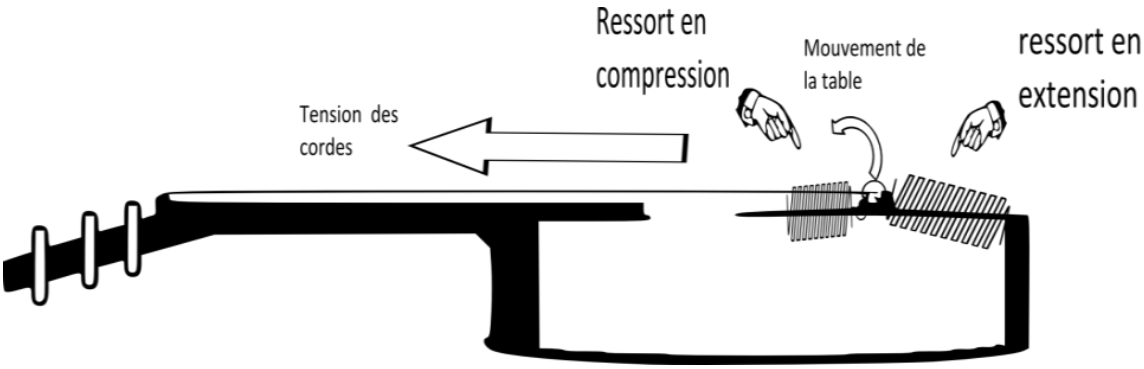


Cette fois notre plateau se déplace vers la gauche et en hauteur.

Représentons nos forces pour expliquer son déplacement. Sur l’horizontale, soit dX, on note une compression d’un des deux ressorts de fixation. L’autre

subit une élongation, on remarque également un basculement, en avant, du triangle de fixation. Le déplacement selon la verticale est responsable de l'élévation le plateau.

Appliquons ces principes à notre instrument en représentant notre table par notre ensemble de ressorts. La direction de la force suit celle des cordes et sa valeur (aussi appelée INTENSITÉ) correspond à la tension d'accordage. Nous obtenons la représentation suivante :

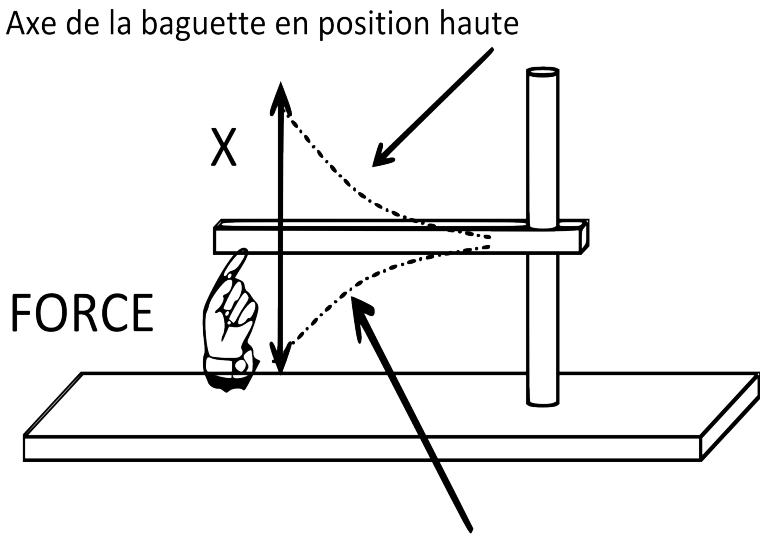


Notre table d'harmonie, en avant du chevalet, travail en compression, alors que sa partie en arrière du chevalet travaille en étirement.

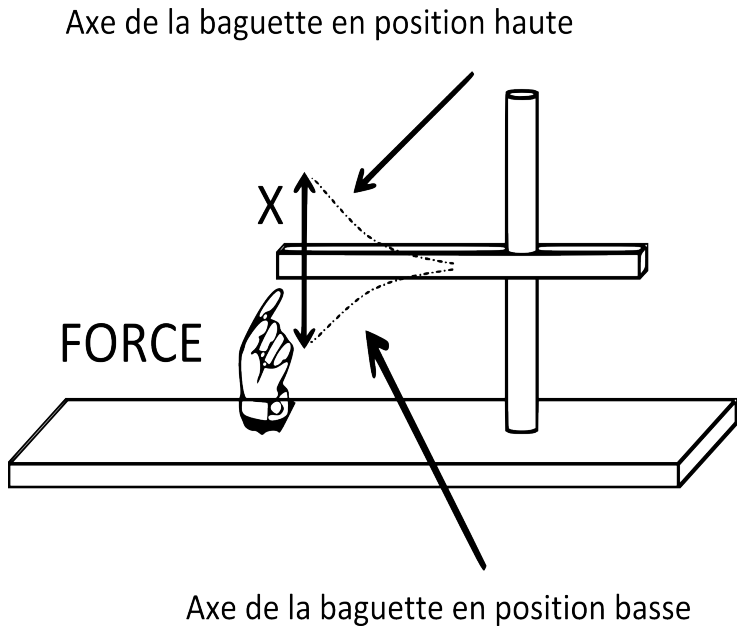
3.3 LES FORCES APPLIQUÉES SUR LE MANCHE ET LE FOND

Cette fois, bloquons une baguette de bois, à l'une de ses extrémités, comme ci-dessous. Appliquons une force d'une valeur suffisante pour la faire fléchir. Son extrémité libre se déplace alors vers le haut de quelques centimètres, que nous noterons X, par rapport à sa position au repos.

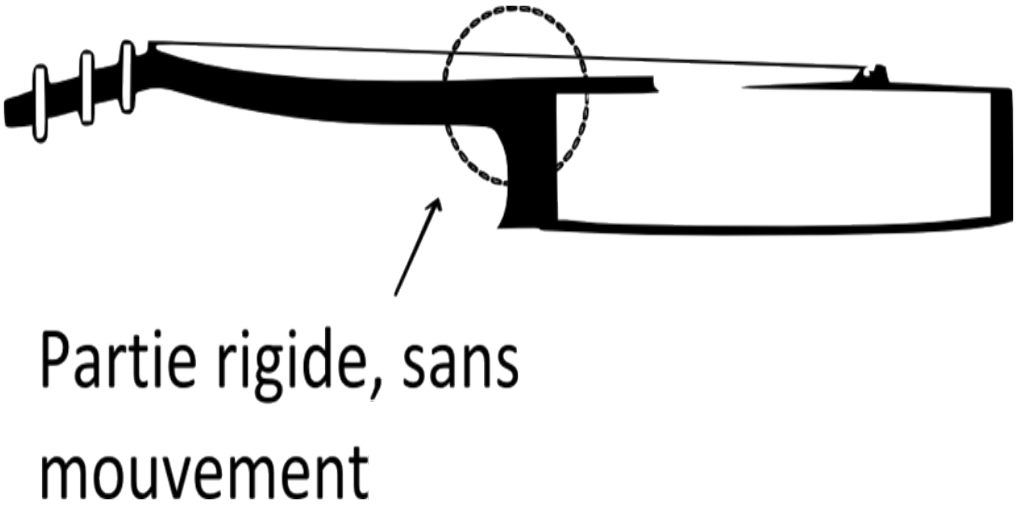
Maintenant, lâchons la baguette. Celle-ci va osciller avec une certaine amplitude, autour de sa position de repos.



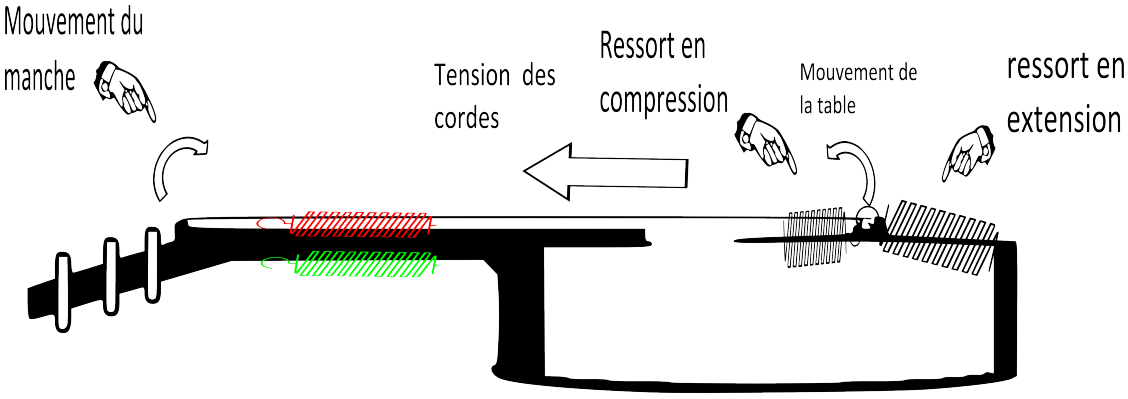
Déplaçons-la ensuite pour la pincer du proche de son centre, et appliquons exactement la même force. Au lâcher de la baguette, X son déplacement, sera bien inférieur. Ceci nous montre que plus le point d’application de la force, est éloigné du point de fixation, plus le déplacement de la baguette est important pour une même force.



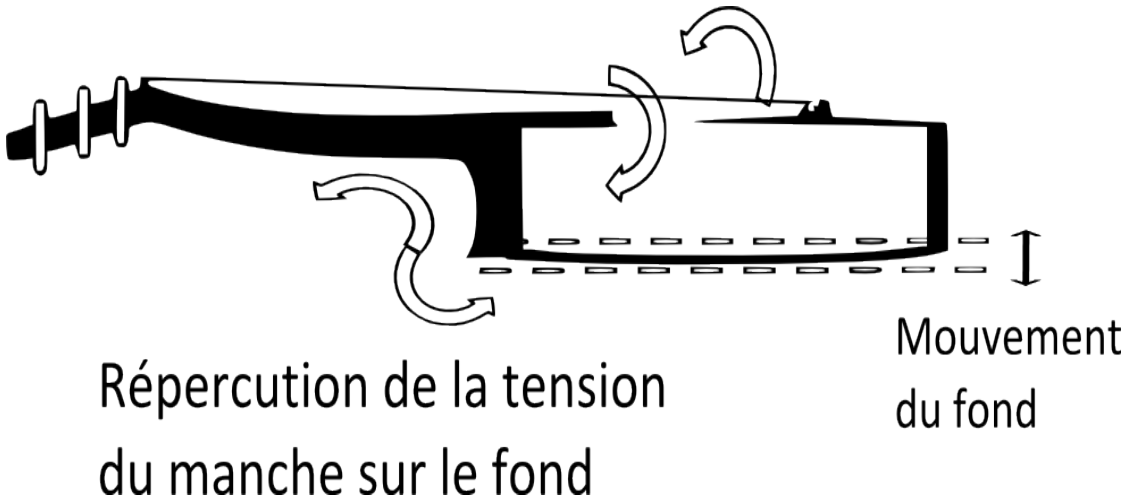
Pour notre manche, c’est la même chose. Sous tension, il subit une traction, dont le point d’application, au sillet, est assez loin de son point de flexion naturel, son talon. Notre tension des cordes sera donc suffisante pour le faire fléchir. Sa réaction est tout à fait assimilable à celle d’un ressort que l’on compresse.



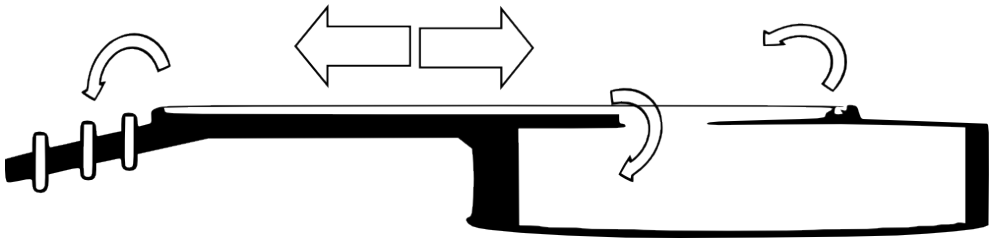
Dans le même esprit que le schéma précédent, nous allons schématiser notre ensemble table + talon + manche, comme suit :



On considère pour notre modèle, notre talon rigide et indéformable. Ce n’est pas ressort, mais plutôt un point d’articulation, entre le manche et la caisse. Le mouvement du manche sera donc transmis, sans aucune flexibilité de la part du talon, au fond de l’instrument. Ce dernier étant voûté par construction, il pourra se déformer et suivre ses oscillations.



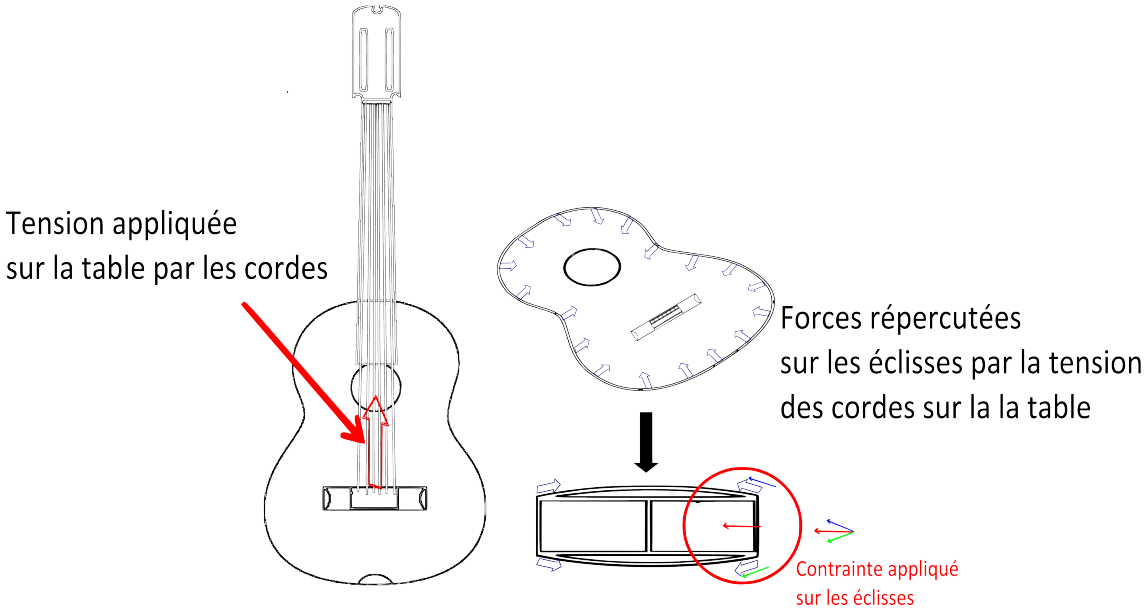
Mais ce mouvement vers le haut de la tête du manche implique, à contrario, un mouvement de la touche vers le bas. Notre touche est fabriquée dans un bois très dense et rigide. Donc peu déformable. Sa surface de contact avec la table étant importante, elle s’appuie fortement dessus.



Par construction, notre table devra être consolidée dans cette zone, sinon les risques de rupture seront très importants, voire inévitables. Nous verrons dans le chapitre dédié à la table le rôle structurel de la partie en avant du barrage, que ce soit dans le cas de la construction d’une guitare classique ou bien d’une folk.

3.4 LES FORCES APPLIQUÉES SUR LES ÉCLISSES

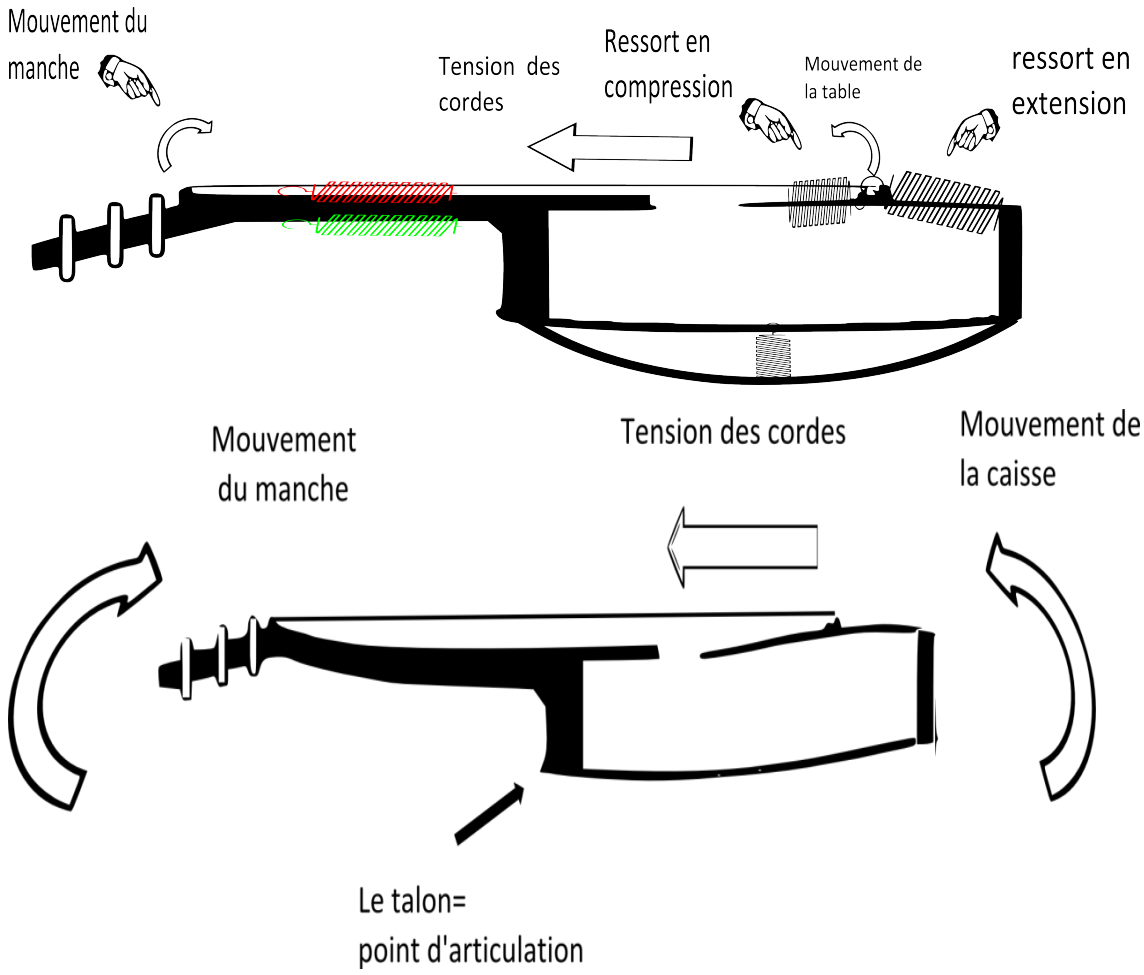
Les éclisses sont de fines planches pliées. Une résultante des forces, qui s'appliquent dessus, lui sont perpendiculaires. La force exercée sur le chevalet va se répartir sur l'ensemble du contour de l'instrument et non pas en un seul point. L'intensité des forces de tensions sera donc répartie sur l'ensemble du périmètre de la caisse.



La tension des cordes s'applique sur le chevalet, et donc sur l'ensemble de la table, puisque ce dernier y est collé. La table étant fixée sur les éclisses, ces dernières subissent donc des « tensions » réparties sur l'ensemble de la table comme indiqué, ci-dessus. Pour le fond, les éclisses étant contraintes par la table, inévitablement elles en répercutent une partie de leur tension sur le fond.

3.5 L’ENSEMBLE DES FORCES APPLIQUÉES SUR L’INSTRUMENT

Pour conclure, nous pouvons représenter l’instrument comme ci-dessous : deux ensembles de ressorts séparés par un point d’articulation, notre talon de manche.

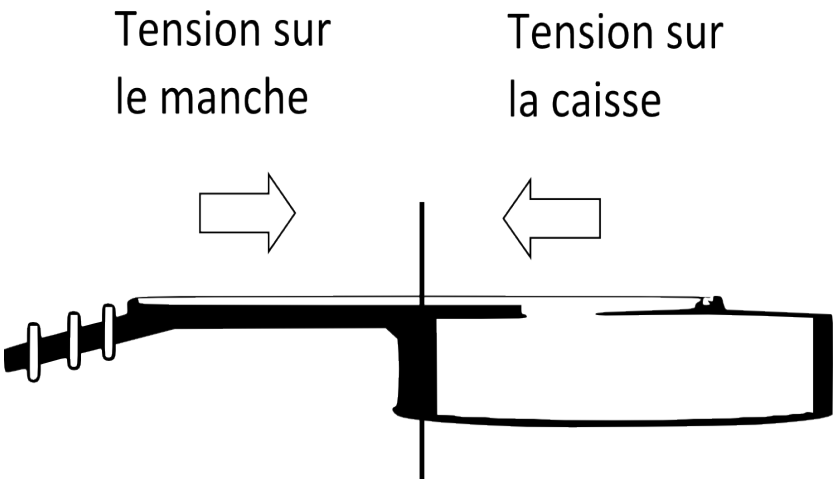


L’art du luthier sera, par construction, d’équilibrer l’ensemble des forces afin de pouvoir laisser vibrer au mieux chacune des parties constitutives de l’instrument.

Au niveau des forces qui entrent en jeu, nous allons atteindre un équilibre statique. L’ensemble de celles cotées manche va s’équilibrer avec

l'ensemble coté caisse. En mécanique on obtient l'équilibre lorsque la somme des forces est nulle.

On notera $\Sigma \vec{F} = 0$



Le but recherché est d'obtenir une tension sur le manche, identique et opposée, à celle de la tension appliquée sur la caisse. Dans le cas contraire, si l'une d'entre elles est très légèrement supérieure l'équilibre n'est plus garanti et l'instrument subira des déformations qui pourront rendre le jeu difficile, voir des décollements et des fentes sur la table, ou bien, coté manche, une rupture du talon. Nous verrons, dans les chapitres suivants, par quels moyens nous pouvons les « travailler » en recherchant soit la souplesse, soit la rigidité.

4 LE MOUVEMENT

« Seul un système qui vibre mécaniquement peut émettre un son ».

Pour décrire le mouvement, les physiciens utilisent des fonctions mathématiques dont le seul nom suscite appréhension voire blocage. Par conséquent, nous allons vous proposer une série d'expériences que nous pensons intéressantes pour introduire ces notions.

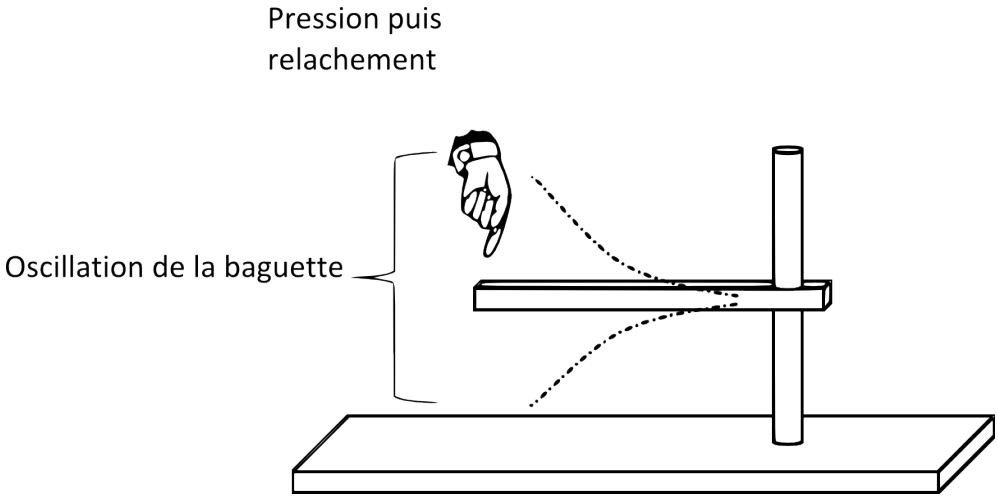
Seul un objet en mouvement peut émettre un son. Il lui faut une surface suffisante qui lui permette, lorsqu'on l'agite, de déplacer l'air qui l'entoure, jusqu'à nos oreilles. Prenons comme exemple une règle de bois souple. Si on l'agite vigoureusement de bas en haut, un auditeur placé en face entendra un son. Si on l'agite plus vite il deviendra plus aigu. Si on continue, toujours à la même vitesse, mais avec un mouvement moins ample, la sensation de volume sonore diminue. Même effet si l'on décide de s'éloigner un peu. Que se passe-t-il exactement entre notre mouvement de baguette et notre sensation auditive ? Dans son mouvement de bas en haut notre règle déplace de l'air. Celui-ci va, par contact avec l'air voisin, permettre à l'onde sonore de se propager dans toutes les directions et d'arriver à notre tympan. Ce dernier, maintenant mis en mouvement, va transmettre à notre cerveau l'information que nous interpréterons comme un son. On parle bien de transmission, puisque que « l'air que fait vibrer la baguette (notre émetteur), n'est pas celui qui fait vibrer l'oreille (le récepteur). À chaque fois qu'une partie de l'air, mis en mouvement, communique son déplacement à l'air voisin. Sur son trajet, le volume sonore s'atténuera. La démonstration est simple à faire en s'éloignant de la source sonore. L'onde devra parcourir une plus grande distance jusqu'à nous.

Pour que la note perdure, le mouvement de notre baguette devra donc être « régulier », d'une certaine « amplitude » et « entretenu ». Dès que le l'on cessera d'agiter, le son s'affaiblira jusqu'à s'éteindre. Pour caractériser ces notions de « régularité », d'« amplitude », d'« entretien » et d'« extinction » du son, les physiciens parlent d'un mouvement périodique amorti. Nous

allons nous attacher dans le chapitre suivant à expliquer les notions mathématiques et physiques qui les décrivent afin de posséder un vocabulaire de base.

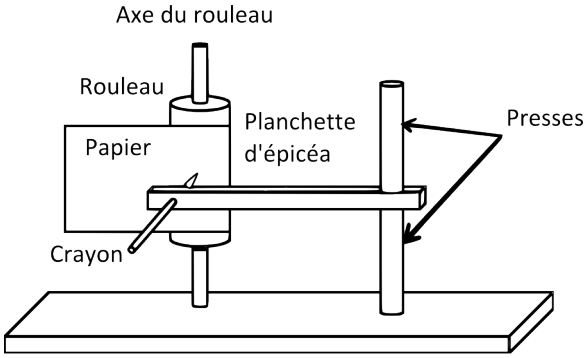
4.1 LE MOUVEMENT PÉRIODIQUE SINUSOÏDAL AMORTI

4.1.1 LA PÉRIODE



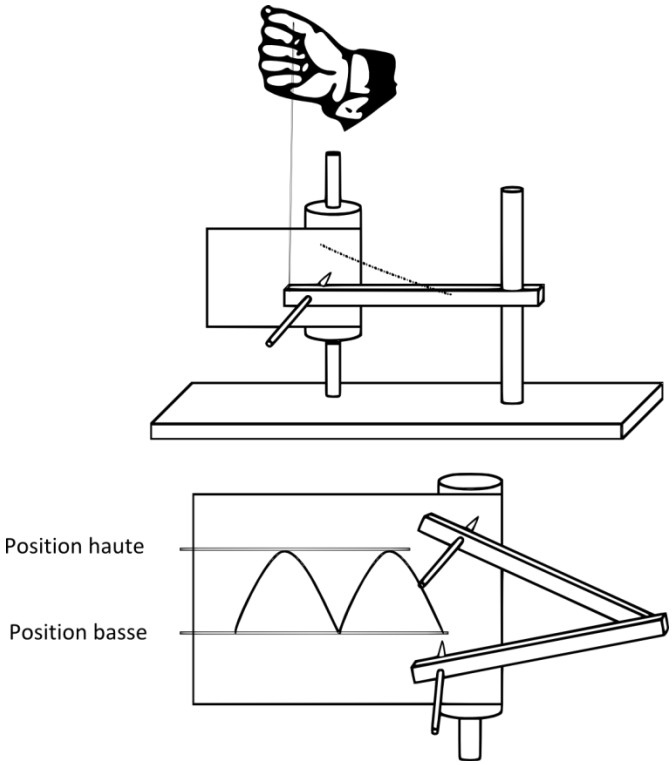
Prenons une petite baguette de bois. Bloquons une de ses extrémités et, après l'avoir déformée en tirant dessus, lâchons-la. Elle va vibrer un petit moment en produisant un son. Notre baguette a oscillé autour de sa position de repos (non contrainte) et a déplacé l'air qui l'entoure jusqu'à notre oreille. L'expérience montre que l'air qui nous est parvenu, s'est déplacée en suivant exactement le même mouvement (la même oscillation) que notre baguette, en s'atténuant. Pour étudier comment se forme un son, il nous suffira d'étudier le mouvement qui le génère.

Dans notre cas, pour se représenter le mouvement de notre baguette, il nous suffira de placer sur son extrémité libre un crayon dont la pointe viendra s'appliquer sur un rouleau de papier.



Support de montage

À l’extrémité de notre tige, nous fixons une cordelette que nous tirons, vers le haut, de 2 cm. Ensuite nous la relâchons pour que notre baguette retrouve sa position initiale.



Nous répétons plusieurs fois de suite, au même rythme ce geste, et nous tirons régulièrement et à vitesse constante (toujours la même) sur la feuille de papier pour observer le tracé qui se dessine.

Nous observons que :

– Notre crayon passe plusieurs fois par une position haute et basse : cet écart, nos 2 cm, représente « *l'amplitude* ».

– Une partie du tracé, se répète régulièrement, ou plutôt, *périodiquement*. Ce temps, nécessaire à notre crayon pour passer deux fois de suite, soit par sa position haute, soit par sa position basse, est appelé « la *période* » T. Représentée sur le papier, plusieurs fois, par un motif identique.

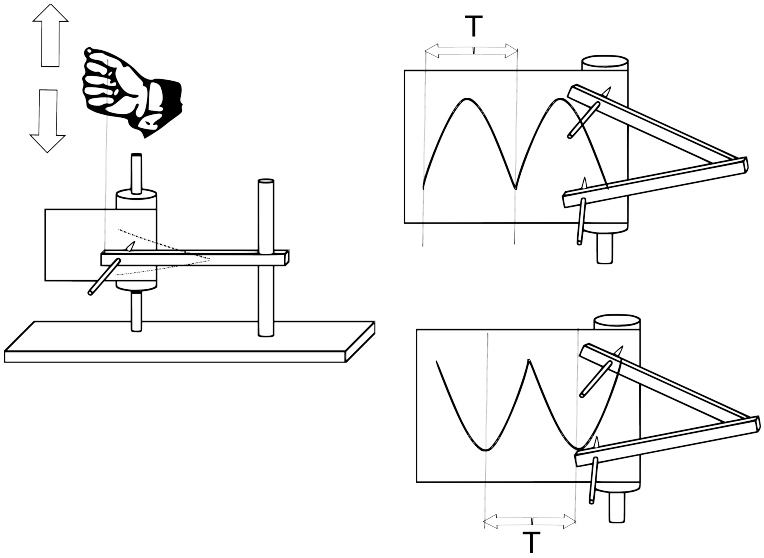
– Il nous a fallu un certain temps pour que le déplacement, répétitif et régulier, de notre main réalise le tracé. Si nous allons plus vite, nous aurons beaucoup plus de motifs identiques dessinées pour un même temps de mouvement. Pour caractériser cela, les physiciens ont introduit la notion de « fréquence » F (en Hertz noté Hz) en la définissant comme le nombre de périodes réalisées en une seconde.

La relation mathématique qui permet de les relier est la suivante :

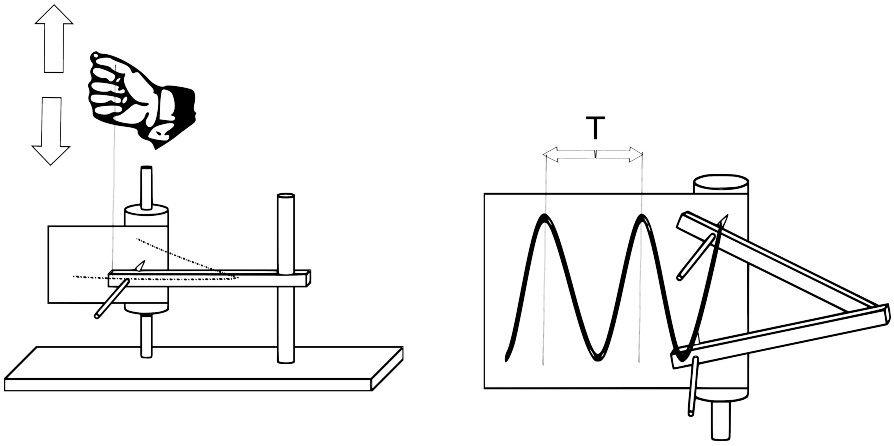
$$F=\frac{1}{T} \quad \text{ou encore} \quad T=\frac{1}{F}$$

F est la fréquence (en Hertz) et T la période (en seconde)

Si maintenant, au lieu de déplacer notre cordelette vers le haut, nous la tirons vers le bas avec la même amplitude et la même fréquence, qu'observerait-on ?

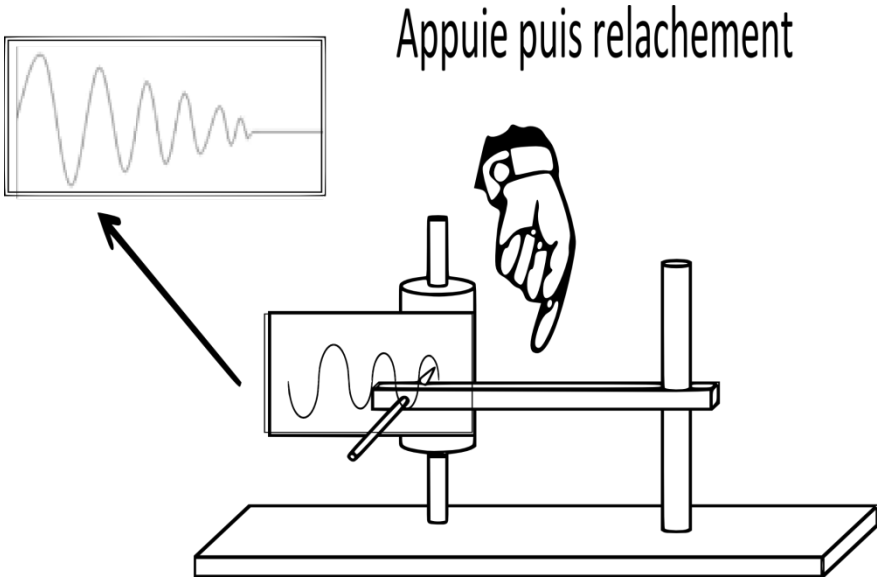


Le nouveau tracé (que désormais nous appellerons « courbe ») à la même fréquence, la même amplitude, mais son « motif » est inversé. Si maintenant nous combinons les deux mouvements précédents, c'est-à-dire que l’on déplace notre pièce de bois avec la même amplitude, alternativement vers le haut puis immédiatement après vers le bas, la courbe qui se dessine combine, nos deux motifs.



Remarque : Puisque l’on réalise deux déplacements, il nous faut deux fois plus de temps pour réaliser la période (qui correspond à notre nouveau motif) : puisque notre nouvelle période est doublée, la nouvelle fréquence est forcément, divisée par deux.

4.1.2 L'AMORTISSEMENT



Maintenant, tirons notre baguette en position haute et lâchons-la : L'amplitude de son mouvement va décroître jusqu'à devenir nulle. N'étant plus entretenue par notre main, elle subit un amortissement dû à la structure et au poids du matériau, qui tend à la ramener vers sa position initiale (de repos).

Cette notion d'amortissement est très importante, car inévitable dès qu'il n'y a plus entretient du mouvement : la vibration ne peut durer indéfiniment. Ce phénomène est propre à chaque matériau. Si on prenait deux planchettes, aux mêmes dimensions, mais dans deux bois différents (épicéa et ébène par exemple pour aller d'un extrême à l'autre), et que l'on reproduisait l'expérience précédente, on observerait deux mouvements avec des amplitudes, des fréquences et un temps d'amortissement différents.

4.1.3 LE CERCLE, POUR DÉCRIRE LE MOUVEMENT

Les mathématiciens ont vite rapproché la forme de notre motif avec une fonction géométrique appelée SINUS, mot latin dont la traduction est « courbe ». Celle-ci découle de relations avec une figure géométrique que

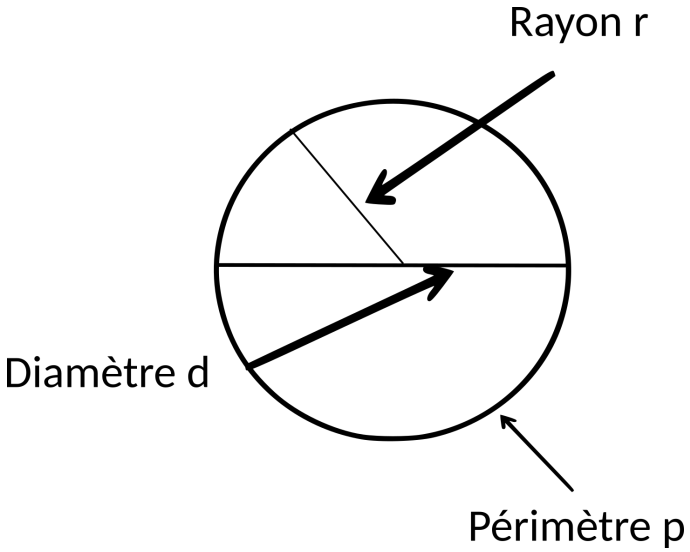
l'on a tous, un jour, tracé avec un simple compas : le cercle. Son étude va nous permettre de décrire complètement et facilement notre mouvement.

Commençons par un petit rappel de ce qui le caractérise, c'est-à-dire son rayon, son diamètre et son périmètre. Prenons une cordelette, et plions-la pour former un cercle.

– Sa longueur forme le « périmètre » du cercle.

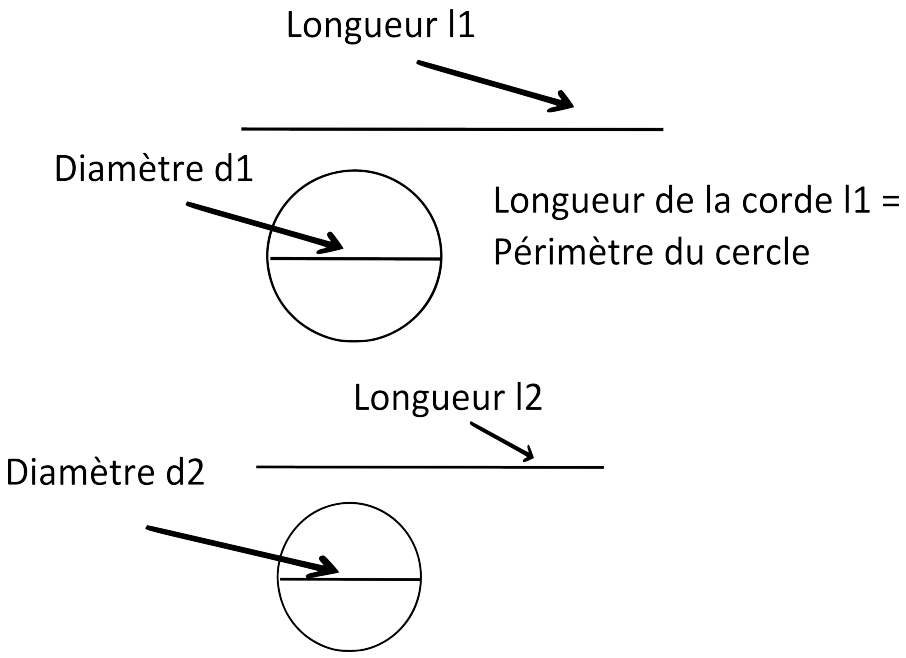
– Traçons un trait qui relie son centre à n'importe quel point du cercle. Sa longueur sera toujours la même : il forme « le rayon » que nous noterons r.

– Prenons deux points distincts du cercle. Si le trait (segment) entre ces deux points passe par le centre du cercle, on obtient un diamètre. Le centre est aussi le milieu du segment. Le diamètre (noté d ou Ø). Il aura donc une longueur de $d=r+r=2\times r$



Essayons d'établir les relations entre le périmètre, le rayon et le diamètre. Prenons maintenant deux cordelettes de longueurs quelconques, mais

différentes et formons deux cercles.



$$\frac{l1}{d1}=\frac{l2}{d2}=\pi$$

$$\pi \simeq 3{,}14$$

On remarque qu'en divisant n'importe quel périmètre par son diamètre, on obtient une constante, noté π≈3,1415926358… Ce nombre, invariable dont le nombre de chiffre est infini. Pour des raisons d'écriture, été symbolisé par la lettre grecque π (lire PI).

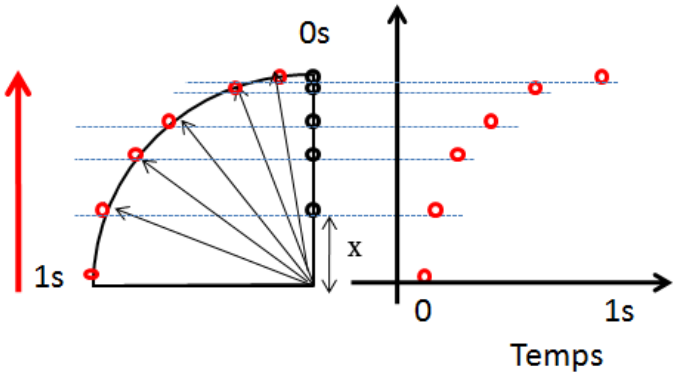
On obtient donc, en notant le périmètre avec la lettre p, la relation suivante :

$p=2\times r\times \pi$ π et $p=d\times \pi$

Rapprochons maintenant le cercle et notre courbe :

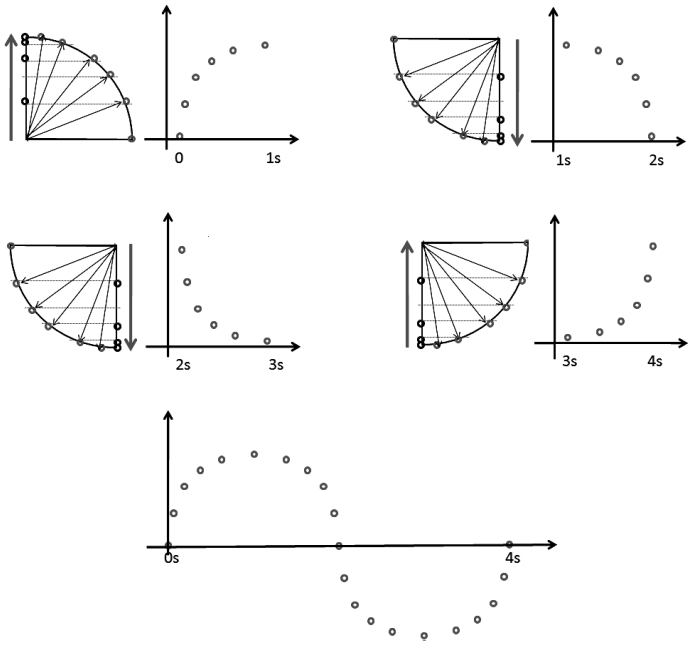
Pour cela, imaginons un point qui va parcourir l'ensemble du périmètre d'un cercle. Nous allons décomposer son parcours en quatre temps, quart-de-cercle, par quart-de-cercle.

A chaque point du périmètre on reporte sur le graphique sa position X au moment ou le point passe dessus.



Nous projetterons chaque point franchi sur notre quart de cercle, sur l'axe vertical, et lui imposerons un temps de parcours d'une seconde.

Nous obtenons les courbes situées à droite de chaque portion de cercle.

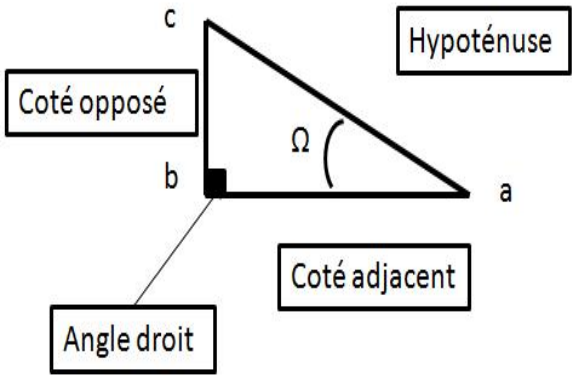


Si maintenant nous mettons, bout à bout, nos quatre déplacements, la courbe obtenue ressemble beaucoup à nos oscillations. Le cercle s'avère donc être un bon moyen de représentation : son diamètre sera égal à l'amplitude, et son périmètre représentera la longueur développée de la courbe (la longueur de notre cordelette) sur une période. Nous nommerons cette longueur, longueur d'onde, noté λ

4.1.4 LES RELATIONS DANS UN TRIANGLE RECTANGLE.

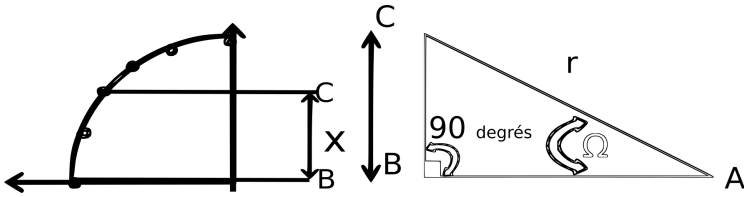
Reprenons notre schéma précédent et essayons de trouver un moyen simple de connaître la valeur du déplacement de la projection du point (soit x) sur l'axe :

Le triangle rectangle est un triangle dont deux de ses longueurs forment un angle droit (90°).



Choisissons de poser l'angle Ω comme ci-dessus. Nous avons un côté du triangle à l'opposé de l'angle (le côté opposé) et les deux autres, formant notre angle Ω. Le plus long est appelé « l'hypoténuse », le dernier « le côté adjacent ».

Plaçons ce triangle dans notre portion de mouvement comme ci-dessous. On peut ainsi faire correspondre notre hypoténuse avec le rayon et notre côté opposé avec la valeur de la projection x. Pour trouver notre valeur, nous ne connaissons que celle de R et l'angle Ω.



$$\sin(\Omega)=\frac{BC}{CA}=\frac{x}{r}$$

$$x=r\sin(\Omega)$$

En géométrie les mathématiciens ont établi une série de relations dans le triangle rectangle toujours en fonction de ses angles. Celle qui nous intéresse est la fonction sinus.

Sans entrer dans une démonstration, et pour la caractériser simplement, nous dirons qu'elle représente une série de valeurs dont le résultat est compris entre −1 et 1. Ce qui nous intéresse particulièrement est les valeurs pour un angle de 0° ; 90° ; 180° ; 270° et 360°.

– Quand notre crayon a décrit un quart de cercle (soit 90°) notre courbe a atteint son *maximum*.

Nous obtenons $x=r\times\sin(90)$

Comme nous avons $\sin(90)=1$. Nous pouvons écrire $x=r\times 1=r$

– Quand notre crayon a décrit la moitié du cercle (soit 180°), notre courbe repasse par sa position d'origine (la moitié de notre période).

Pour une valeur de $180°$. Nous obtenons $x=r\times\sin(180)$

Comme nous avons $\sin(180)=0$, nous pouvons écrire $x=r\times 0=0$

– Quand notre crayon a décrit les trois quarts de notre cercle (soit 270°), notre courbe atteint son minimum.

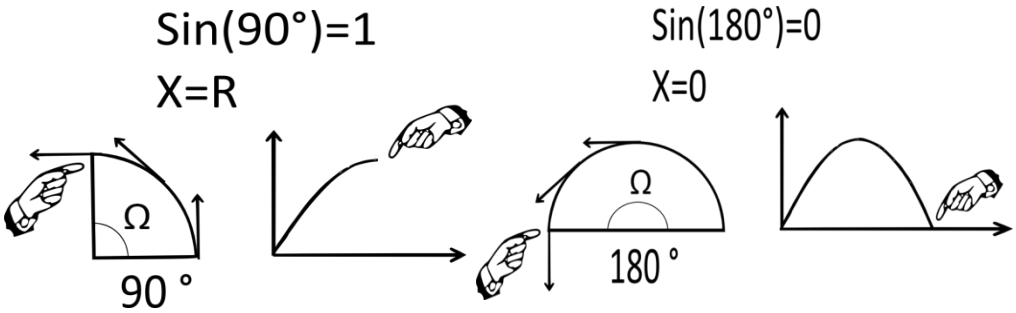
Pour une valeur de $270°$. Nous obtenons $x=r\times\sin(180)$

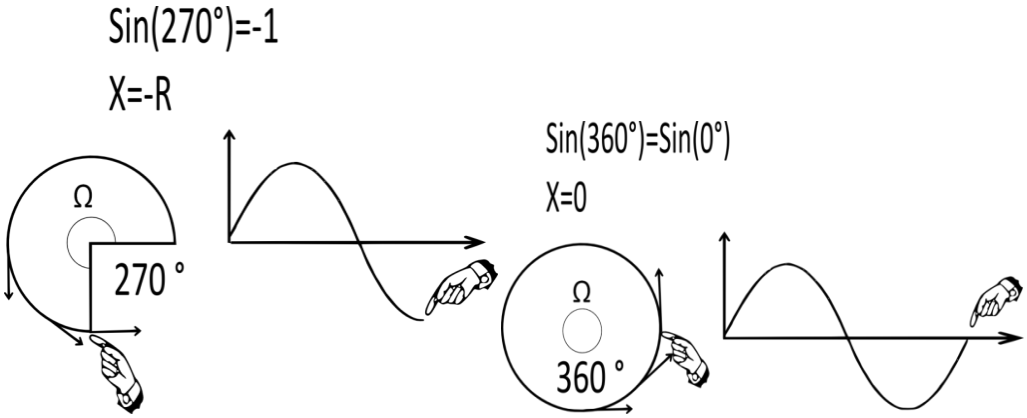
Comme nous avons $\sin(270)=-1$. Nous pouvons écrire $x=r\times(-1)=-r$

– Quand notre crayon a décrit complètement notre cercle (soit 360°), notre courbe repasse par sa position d'origine (une période complète).

Pour une valeur de $360°$. Nous obtenons $x=r\times\sin(360)$

Comme nous avons $\sin(360)=0$, nous pouvons écrire $x=r\times 0=0$





4.1.5 PHASE ET DÉCALAGE DE PHASE

Nous verrons dans les chapitres suivants l'intérêt de pouvoir comparer le mouvement de différents résonateurs entre eux, comme, par exemple, la table et le fond. S'ils ont le même mouvement en même temps, les courbes qu'ils décrivent seront dites « en phase ». Si l'une atteint son maximum d'amplitude en même temps que l'autre son minimum, elles seront en « opposition de phase ». Dans les autres cas, elles seront en « décalage de phase ». C'est donc cette notion particulière, de phase que nous allons caractériser maintenant, puisqu'elle nous sera bien utile par la suite !

Reprenons nos conditions expérimentales précédentes et réalisons un nouveau montage : on applique cette fois un mouvement régulier de bas en haut d'amplitude et de fréquence régulière, à deux systèmes différents A et B en décalant dans le temps le démarrage du deuxième système d'une seconde.

Les deux tracés décrivent deux courbes parfaitement identiques, mais dont le motif est décalé. Ils sont de même fréquence, de même amplitude, mais en opposition de phase : quand la courbe de gauche atteint son maximum, celle de droite atteint son minimum au même instant.

ACAJOU D'AFRIQUE

Amortissement	**11,96**
Module de Young	**7,7**
Densité	**0,45 à 0,60**
Particularité	
Se travaille facilement **Belle finition** **Peut-être ondé**	

Botanique
KHAYA IVORENSIS
ACAJOU – GRAND BASSMAN - MAHOGANY

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce
Côte d'Ivoire	**Bassman**
Ghana – Nigeria	**Mahogamy**
Cameroun	**N Golllon**
Guinée - Gabon	**Udianunu**

Utilisation en lutherie	
TABLE	**x**
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	**x**
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Basses, et médiums favorisées **Notes bien détachées** **Bonne projection** **Son dit « Chaleureux »**

ACAJOU D'AMÉRIQUE

Amortissement	**6,41**
Module de Young	**9,6**
Densité	**0,45 à 0,60**
Particularité	
Belle finition **Peut-être moiré ou moucheté**	

Botanique
SWIETENIA MACROPHYLLA
ACAJOU D'AMERIQUE - HONDURA

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce		
Pérou	**Agũano**		
Brésil	**Araputanga**	**Mogno**	
Amérique Centrale	**Méxican**	**Tabasco**	**Honduras**
	Guatemala	**Nicaragua**	
Bolivie	**Mara**		
Vénézuela	**Urura**		

Utilisation en lutherie	
TABLE	**x**
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	**x**
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Basses très présentes, médiums favorisées **Notes bien détachées** **Assez bonne projection** **Son dit « Chaleureux »** **Beau sustain**

AMARANTE

Amortissement	**5,63**
Module de Young	**2,1**
Densité	**0,8 à 1**
Particularité	
Bois dur **Grain serré** **Se travaille bien violet plus ou moins foncé**	

Botanique
PELTOGYNE
AMARANTE – PURPLEHEART

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce	
Panama	**Nazareno**	
Guyane	**Bois violet**	
Surinam	**Purper Hart**	
Brésil	**Guarabu**	**Pau Roxo**
Colombie	**Tananeo**	

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Comme acajou

BOIS DE ROSE

Amortissement	**4,65**
Module de Young	**14,6**
Densité	**0,9 à 1,20**
Particularité	
Beau veinage **Tronc tortueux**	

Botanique
DALBERGIA VARIABILIS
TULIPWOOD - BAHIA

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce
Guyane	**Bois de rose**
Brésil	**Sébastiao de arruda**

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	**x**
TOUCHE	**x**
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Sustain, **Bonne projection.** **Graves profonds** **Médiums présents** **Aigus assez cristallins**

PALISSANDRE DU BRÉSIL

Amortissement	**6,96**
Module de Young	**16,2**
Densité	**0,8 à 1,10**
Particularité	
Le roi des palissandres **Couleurs contrastées**	

Botanique
DALBERGIA NIGRA
JACARANDA – RIO ROSEWOOD

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce		
Brésil	**Caviuna**	**Wewe**	**Jacaranda**

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	**x**
TOUCHE	**x**
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Sustain, **Bonne projection.** **Graves profonds** **Médiums présents mais pas agressifs** **Aigus cristallins**

PALISSANDRE DES INDES

Amortissement	**7,28**
Module de Young	**13,3**
Densité	**0,85 à 1,05**
Particularité	
Beau veinage **Beau poli**	

Botanique
DALBERGIA OLIVERI
INDIAN ROSEWOOD

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce		
Indes	**Rosewood**	**Shisham**	**Sissoo**
Birmanie	**Tamalon**	**Yindaik**	
Vietnam	**Trac**	**Chingchan**	
Indonésie	**Sonokeling**		

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	**x**
TOUCHE	**x**
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Sustain, **Bonne projection.** **Graves profonds** **Médiums agressifs** **Aigus cristallins.**

PALISSANDRE DE MADAGASCAR

Amortissement	**4,02**
Module de Young	**22**
Densité	**0,85 à 1,1**
Particularité	
Du brun au rose **Beau fini** **Travail difficile**	

Botanique
DALBERGIA BARONI
DALBERGIA GREVEANA

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce	
Madagascar	**Voemboana**	**Palissandre de Madagascar**

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	**x**
TOUCHE	**x**
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Sustain, **Bonne projection.** **Graves profonds** **Médiums très présents** **Aigus cristallins**

ÉBÈNE DE MACASSAR

Amortissement	**8,2**
Module de Young	**18**
Densité	**1,1 à 1,2**
Particularité	
Belle finition **Beau poli** **Très facile à travailler** **Marbré noir et beige**	

Botanique
DIOSPYROS CELEBICA
COROMANDEL

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce
Indonésie	**Kaju Hitam**

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	**x**
TOUCHE	**x**
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Clarté Précision **Bois qui ne sèche jamais complètement**

ÉBÈNE NOIR – ÉBÈNE DU GABON

Amortissement	**9,13**
Module de Young	**19,3**
Densité	**1,1 à 1,2**
Particularité	
Grain très serré **Beau poli**	

Botanique
DIOSPYROS CRASSIFLORA
DIOSPYROS ATROPURPUREA

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce
Cameroun	**Mevini**
Gabon	**Evila**
Congo	**Ebene**
Congo	**Ebano**

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	**x**
TOUCHE	**x**
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Comme le Macassar

COCOBOLO

Amortissement	**8,1**
Module de Young	**10,9**
Densité	**0,8 à 1,1**
Particularité	
Très bel aspect marbré « couleur feu » **Fin** **Travail facile** **Difficile à coller**	

Botanique
DALBERGIA RETUSA

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce
Nicaragua	**Cocobolo**
Mexique	**Cocobolo**

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	**x**
TOUCHE	**x**
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Très belles basses puissantes **Très forte projection sonore** **Bois très réactifs aux nuances de jeux**

ÉRABLE D'AMÉRIQUE

Amortissement	**11,52**
Module de Young	**7, 3**
Densité	**0,7 à 0,80**
Particularité	
Se travaille bien **Résistant au choc** **Résistance à l'usure**	

Botanique
ACER SACCHARUM
HARD MAPLE

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce		
Canada	**Sugar Maple**	**Hard Maple**	**Black Maple**

Utilisation en lutherie	
TABLE	**x**
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	**x**
TOUCHE	**x**
MANCHE	**x**
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Graves profonds **Aigus cristallins** **Léger creux dans les médiums** **Son brillant et précis.** **Puissance comparable au Palissandre**

ÉRABLE SYCOMORE

Amortissement	**16,11**
Module de Young	**6,4**
Densité	**0,6 à 0,75**
Particularité	
Blanc à jaune claire **Parfois ondé** **Homogène mais nerveux**	

Botanique
ACER PSEUDOPLATANUS
SYCOMORE – ERABLE - MAPLE

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce
France	**Sycomore**
Italie	**Acero**
Angleterre	**Maple**
Allemagne	**Ahom**

Utilisation en lutherie	
TABLE	**x**
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	**x**
TOUCHE	**x**
MANCHE	**x**
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Graves profonds **Aigus cristallins** **Très léger creux dans les médiums** **Son brillant et précis.** **Son Puissant**

EPICEA

Amortissement	**7,88**
Module de Young	**12,6**
Densité	**0,4 à 0,5**
Particularité	
Beau fil **Travail facile** **Blanc avec des veines orangées**	

Botanique
PICEA ENCELSA – PICEA ABIES
EPICEA – SPRUCE EUROPEEN

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce
France	**Epicéa**
Allemagne	**Fichte**
Angleterre	**Spruce**
Norvège	**Spruce Withewood**

Utilisation en lutherie	
TABLE	**x**
FOND	
ÉCLISSES	
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	
PLACAGE	
BARRAGE	**x**

Particularité sonore
Grande sensibilité **Son moelleux et doux** **Très réactifs aux subtilités du jeu**

EPICEA DE SITKA

Amortissement	**7,9**
Module de Young	**12,6**
Densité	**0,46**
Particularité	
Beau fil **Travail facile** **Couleur rosée**	

Botanique
PICEA SITCHENSIS

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce
Amérique du Nord	**Sitka Spruce**
Alaska	**Sitka Spruce**
Californie	**Sitka Spruce**
Canada	**Sitka Spruce Withewood**

Utilisation en lutherie	
TABLE	**x**
FOND	
ÉCLISSES	
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	
PLACAGE	
BARRAGE	**x**

Particularité sonore
Son brillant **Bonne projection** **Réagit mieux aux attaques franches qu'à un jeu subtil aux doigts**

RED CEDAR

Amortissement	**7,16**
Module de Young	**6,9**
Densité	**0,45 à 0,60**
Particularité	
Assez fragile **Travail facile**	

Botanique
JUNIPERUS VIRGINIANA
EASTER RED CEDAR

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce		
USA Est et Sud	**Red cedar**	**Juniper**	**Aromatic red**
Europe			**Cèdre rouge d'Amérique**

Utilisation en lutherie	
TABLE	**x**
FOND	
ÉCLISSES	
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	
PLACAGE	
BARRAGE	**x**

Particularité sonore
Rigidité et léger mais très fragile **imputrescible et stable** **son cristallin** **Très long sustain** **Basses belles et présentes.** **Aigus moins marqués**

BUBINGA

Amortissement	**5,64**
Module de Young	**21,2**
Densité	**0,84**
Particularité	
Pas mal de contre-fils **Parfois pommelé** **Souvent Moiré**	

Botanique
KEVAZINGO

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce		
Cameroun	**Essingang**		
Gabon	**Kevazingo**		
Guinée	**Oveng**		
Congo	**Waka**	**Akume**	**Akume**

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Son extrêmement puissant **basses et médiums puissants** **Aigus très cristallins**

PADOUK D'AFRIQUE

Amortissement	**5,16**
Module de Young	**13,6**
Densité	**0,65 à 0,85**
Particularité	
Fonce à la lumière **Travail aisé** **Polissage et vernissage aisé**	

Botanique
PTEROCARPUS SOYAUXII
CORAIL – PADOUK - BARWOOD

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce		
Cameroun	**Muengé**		
Guinée	**Palo Rojo**		
Gabon	**M'Bél**		
Congo	**Kisésé**	**N'Gula**	**Tukula**

Utilisation en lutherie	
TABLE	**x**
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	**x**
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Proche du cocobolo avec des graves profonds

MERISIER D'EUROPE

Amortissement	**9,98**
Module de Young	**10,5**
Densité	**0,60 à 0,70**
Particularité	
Travail aisé **Belle finition**	

Botanique
CERASUS AVIUM – PRUNUS AVIUM

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce	
France	**Merisier**	
Angleterre	**Cherry**	**Wild Cherry**
Allemagne	**Kirsche**	

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Basses et médium peu marquées **Projection moyenne** **Son plutôt clair et précis**

NOYER D'AMÉRIQUE

Amortissement	**8,4**
Module de Young	**7,2**
Densité	**0,50 à 0,60**
Particularité	
Beau fini **Travail aisé** **Résistant**	

Botanique
JUGLANS NIGRA

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce		
États-Unis (Grands lacs)	**Noyer noir**	**Canaletta**	**Noyer D'Amérique**

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	
TOUCHE	**x**
MANCHE	**x**
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Basses et médiums favorisées **Notes bien détachées** **Très bonne projection** **Son dit « Chaleureux »** **Très beau sustain**

CYPRÈS

Amortissement	**9,30**
Module de Young	**7,9**
Densité	**0,50 à 0,55**
Particularité	
Résineux **Odorant** **Facile à travailler**	

Botanique
CUPRESSUS SEMPERVIRENS

Origine géographique	Noms donnés dans ces pays pour décrire l'espèce		
Bassin Méditerranéen	cyprès	**cipresso**	**zipresse**

Utilisation en lutherie	
TABLE	
FOND	**x**
ÉCLISSES	**x**
CHEVALET	
TOUCHE	
MANCHE	
PLACAGE	**x**
BARRAGE	

Particularité sonore
Projection sonore **Creux dans les médiums**