

# PRÉCONTRAINTE DE FABRICATION DANS LES INSTRUMENTS DE MUSIQUE EN BOIS



Julien COLMARS<sup>1,3</sup>, Christopher CLARKE<sup>2</sup>, Mathieu VION<sup>2</sup>, Sandie LECONTE<sup>1</sup>, Stéphane VAIEDELICH<sup>1</sup>

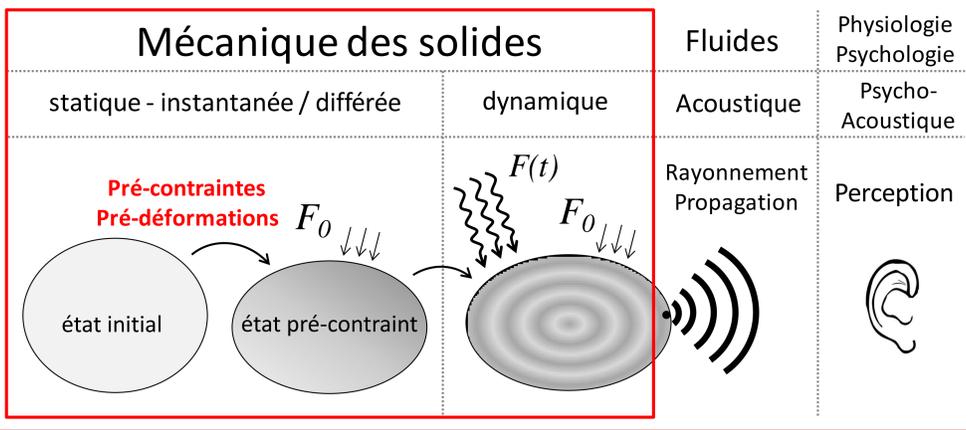
<sup>1</sup> Laboratoire de Recherche et de Restauration du Musée de la Musique, Cité de la Musique, 221 av. Jean Jaurès, 75019 Paris  
<sup>2</sup> Facteurs d'instruments de musique anciens à claviers – Christopher Clarke, Maître d'Art (L'Épinet 71250 Donzy-Le-National)  
<sup>3</sup> Institut Jean le Rond d'Alembert, Université Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

Les instruments de musique en contexte muséal (Musée de la Musique, Paris)  
 . Conserver les **matériaux** (bois, métal, vernis, etc.)  
 . Documenter la **facture instrumentale** (geste du facteur/luthier)  
 . Conserver le **comportement dynamique** de la structure mécanique (fonction sonore, dans et hors état de jeu)

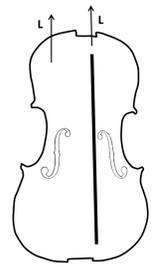
Colmars Julien, Docteur de l'Université Montpellier 2 – Mécanique / Génie Civil  
 Activités de Recherche : comportement hygro-mécanique du matériau bois, modélisation matériau et structure, applications conservation du patrimoine.  
 Contact : julien.colmars@imelavi.fr

## Mécanique et instruments de musique

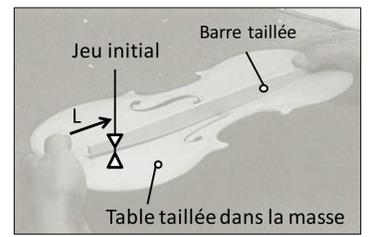
Pourquoi et comment les mécaniciens s'intéressent-ils aux instruments de musique et à leur conservation ?  
 . Vibration des structures  
 . Rayonnement du son dans l'air (mécanique des fluides)  
 . Bio-diversité (essences, relations structure/propriétés : choix optimisé des bois pour la facture instrumentale)  
 . Structure bois supportant des efforts statiques importants (charge des cordes, variations climatiques)  
 . Comportement différé (fluage, fatigue, rupture).  
 . Comportement du « vieux » bois



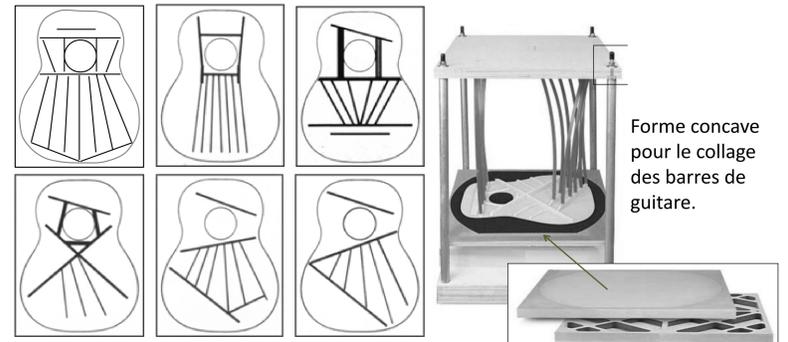
## Barrage, bombé et précontraintes



Les types de barrage et leurs méthodes d'assemblage diffèrent suivant les familles d'instruments, les modèles, les luthiers/facteurs en charge de leur réalisation, les matériaux qu'ils ont à leur disposition, etc. Bien que très différentes d'un point de vue artisanal, les méthodes de barrage peuvent être regroupées suivant des critères mécaniques communs.

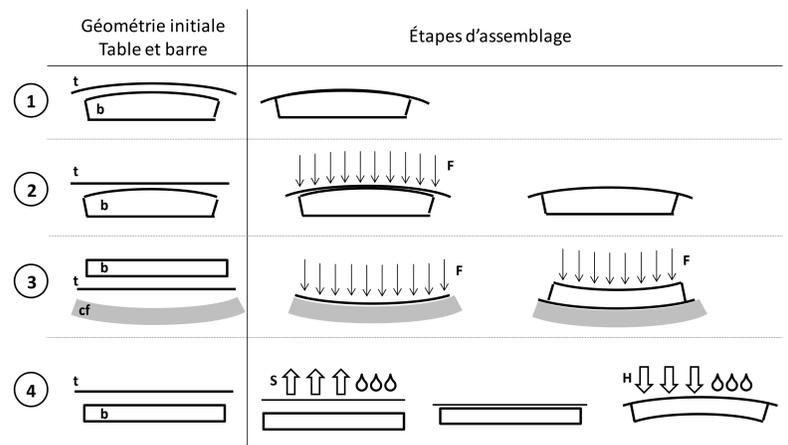


« Forçage » d'une barre de violon : la barre et la table du violon, toutes deux taillées dans la masse, n'ont pas la même courbure. Pour les coller, on fléchit la table sur la barre afin de combler le jeu initial



Lors de l'étape du barrage, le facteur/luthier introduit des **pré-contraintes et pré-déformations** dans la structure. Le rôle de ces précontraintes est mal connu.

Plusieurs méthodes pour **introduire une précontrainte dans les barrages** :  
 . Appliquer un effort extérieur  
 . Utiliser le comportement hygro-mécanique du bois : déformations induites par les variations d'humidité relative de l'air (retrait-gonflement, couplages, etc.).



Typologie mécanique de barrages  
 (1) collage d'une table (t) courbe sur barre (b) courbe  
 (2) fléchissement d'une table plane sur barre courbe par un effort réparti (F)  
 (3) flexion par charge répartie (F), table et barre planes sur contre-forme (cf)  
 (4) séchage (S) de la table ; collage table et barre planes ; puis ré-humidification (H) de la table / le gonflement de la table, empêché par la barre, engendre le bombé.

## Étude du comportement ligneux à l'échelle de maquettes

Créer de la courbure grâce au retrait-gonflement du bois, sur des tables d'harmonie simplifiées (table carrée + 1 barre) et mesurer la réponse vibratoire de la structure.

Table d'harmonie (20cm x 20cm) et barre en épicéa collée à contre fil. Table séchée d'environ 2% de taux d'humidité avant collage.

Mesures de courbure après collage et ré-humidification de la table

Vibromètre laser

Mode propre identifié par élément finis ~1450Hz

Déformée opérationnelle ~1400 Hz

Excitation bruit blanc

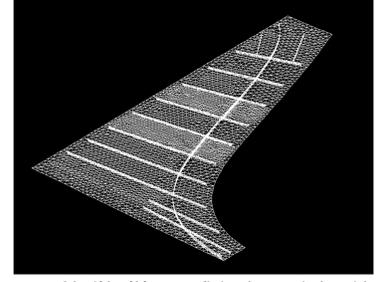
## Instruments anciens et fac-simile



Lorsqu'un instrument n'est plus en état de jeu, on peut décider d'en réaliser une copie, ou fac-simile. Le facteur produit une copie la plus fidèle possible à la géométrie de l'original, et livre un objet qui reflète son interprétation du son originel.



Ci-contre : mesures au marteau d'impact et deux accéléromètres effectuées sur une copie en cours de fabrication (avant et après barrage).



Modèle éléments finis plaque de la table d'harmonie avec barres et chevalet



Table d'harmonie après collage des barres

Travail en cours :  
 Traitement des données vibratoires sur la table d'harmonie avant et après collage du barrage.  
 Amélioration de la géométrie du modèle éléments finis (barres manquantes, champ d'épaisseur, etc.).  
 Modélisation du bombé de la table et analyse modale.

Bibliographie :  
 Mamou-Mani, A., 2007, Précontraintes et vibrations de tables d'harmonie. Vers une modélisation du savoir-faire des fabricants d'instruments de musique. Thèse de doctorat de l'Université Paris VI.  
 Rodrigue, A., 2010, Etude vibratoire d'un violon, Mémoire de Master, Université Paris VI  
 Clarke, C., 2011, rapport de fabrication du fac-simile Erard 1802. Archives Musée de la Musique.