

## ***Les sciences du bois appliquées à la conservation des instruments de musique historiques : études de cas en Italie***

**Marco Fioravanti – DISTAF – Università degli Studi di Firenze**

*La contribution apportée par les sciences du bois à la conservation des instruments de musique peut concerner différents aspects comme l'identification des essences utilisées (qui peut donner des informations importantes sur l'instrument lui-même ou sur une école de lutherie), les relations entre les instruments en bois et le milieu de conservation, et, dans le cas d'instruments historiques l'effet de leur usage face à leur conservation et transmission. Cette présentation est un recueil des principaux résultats concernant l'étude et la conservation d'instruments de musique historiques en bois en Italie, en particulier pour un projet concernant le violon dit Cannone ayant appartenu à Niccolò Paganini, un projet concernant la surveillance et l'analyse du comportement de l'instrument dans différentes phases de sa « vie actuelle », dans le but d'établir l'effet des variations d'humidité et de l'application de charge.*

## ***Wood science applied to conservation of historical musical instruments: cases studies in Italy***

*The contribution of the wood science to the musical instruments conservation may interest different fields such as wood species identification (useful for the determination of the lute making school for example or geographical origins), the conservation conditions of wooden musical instruments, and in the case of musical instruments of the cultural heritage.*

*This talk is a collection of the mean results about the study and the conservation of wooden cultural heritage musical instruments in Italy and a particular attention will be paid to the violin called "Cannone" that has been belonged to Niccolò Paganini. A monitoring project and the analysis of the instrument behaviour has been led at each stage of its « present life » to evaluate the effect of hygrometric variations and the application of a loading.*

### **I Introduction**

Les sciences du bois qui étudient les caractéristiques et le comportement du bois, sont généralement appliquées à la construction et à la transformation de ce matériau. Au cours de la dernière décennie, toutefois, elles ont apporté une aide de plus en plus précieuse à la connaissance et à la conservation des objets et constructions en bois qui appartiennent au patrimoine culturel (biens immobiliers ou mobiliers de valeur historique, archéologique ou artistique).

Appliquées aux instruments de musique en bois, les sciences du bois peuvent aider à approfondir la connaissance des matériaux utilisés (détermination des essences) et de leurs caractéristiques mécaniques ainsi que les techniques de travail du bois ; elles peuvent ainsi fournir des indications utiles à leur bonne conservation.

La dendrochronologie, technique de datation du bois, mérite désormais d'être considérée comme une discipline indépendante qui exige des compétences et des connaissances très spécifiques qui dépassent le cadre de la technologie du bois.

## II L'identification des essences de bois

L'identification des essences constitue l'un des éléments de connaissance les plus importants pour une bonne utilisation et/ou conservation d'un objet en bois, principalement parce que les caractéristiques physiques du bois varient considérablement d'une essence à l'autre<sup>1</sup>.

Concernant les instruments de musique et d'autres objets en bois d'intérêt historico-artistique, la connaissance de l'essence peut aussi apporter d'autres indications utiles ; elle offre notamment un témoignage précieux sur le niveau de maturité technologique de la facture d'instruments à une période donnée. L'utilisation d'une essence spécifique, en effet, est toujours l'expression d'un processus empirique de sélection qui, à partir des essences les plus faciles à trouver, a amené chaque école de lutherie à choisir celles qui convenaient le mieux à la facture de telle ou telle partie d'un instrument.

Le fait que, par ailleurs, un facteur d'instruments ait eu recours systématiquement à des essences spécifiques non seulement pour les composantes structurelles mais aussi pour les éléments décoratifs peut également permettre d'étayer, le cas échéant, des hypothèses d'attribution.

Il est clair que, dans cette démarche, il est indispensable de déterminer correctement l'essence employée.

L'identification du bois peut se faire par la seule observation de ses caractéristiques macroscopiques ou par le recours aux techniques microscopiques, le choix de la méthode dépendant des caractéristiques de l'essence, des caractéristiques de l'objet considéré, et de la possibilité de prélever ou non un échantillon.<sup>2</sup>

Avec les instruments de musique, où la possibilité de prélever un échantillon est de fait exclue (car une telle opération représenterait une altération inacceptable de la structure et de la fonctionnalité de l'instrument), l'identification ne peut s'opérer que par un examen des caractères macroscopiques ou des spécificités microscopiques qui sont directement observables sur l'instrument à l'aide d'une loupe et d'un microscope. La présence de colorants qui modifient la couleur naturelle du bois et, souvent, de couches de vernis, qui rendent pratiquement impossible l'observation de la structure du bois sous-jacent, risque d'accroître encore la marge d'incertitude dans certaines

---

<sup>1</sup> Pensons notamment à la masse volumique, qui va de 200 kg/m<sup>3</sup> pour le balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) à 1200 kg/m<sup>3</sup> pour le quebracho (*Schinopsis balansae* Engl.)

<sup>2</sup> En Italie, il existe depuis peu une réglementation (UNI NORMAL 11118) qui fixe les critères de reconnaissance des essences de bois des objets d'intérêt historico-artistique.

identifications. Si l'on ajoute à cela le fait que certaines parties internes de l'instrument sont inaccessibles ou, à tout le moins, difficiles à observer, on comprendra aisément que les résultats obtenus puissent varier d'un instrument à l'autre, voire sur un même instrument. Dans le cas où l'essence ne peut être établie avec certitude, on essaie malgré tout d'identifier la catégorie systématique qui en est la plus proche (taxon).

Heureusement, le nombre d'essences utilisées par les différentes écoles de lutherie est assez limité. Pour les instruments à cordes, par exemple, l'école italienne, sous l'influence de celle de Crémone, prévoit l'emploi d'essences comme l'érable (*Acer sp.*) pour le fond, les éclisses et le manche, et l'épicéa (*Picea abies Karst.*) pour la table d'harmonie. Pour cette dernière, toutefois, il existe de nombreuses variantes, et il n'est pas rare que les tables d'harmonie d'autres écoles de facture soient en sapin blanc (*Abies alba, Mil.*) ou en cyprès (*Cupressus sempervirens L.*); ce dernier était notamment très prisé de Bartolomeo Cristofori, qui l'employait pour diverses parties de ses épinettes.

À ces essences principales il convient d'en ajouter d'autres que l'on pourrait qualifier de secondaires : peuplier (*Populus ps.*) ou saule (*Salix sp.*) pour les filets décoratifs, ébène (*Dyospiros sp.*) pour les claviers, ou encore hêtre (*Fagus sylvatica L.*) pour les contre-éclisses.

Malgré l'apparente simplicité que semble comporter un nombre si limité d'essences, l'identification exige souvent beaucoup de temps et de soin parce que, comme nous l'avons déjà signalé, la nature des surfaces peut rendre difficile la reconnaissance des caractères taxonomiques permettant d'identifier l'espèce ; ainsi, en l'absence d'éléments certains, il convient de conserver une grande prudence dans ces conclusions.

Jusqu'à une période récente, il n'était pas rare que l'attribution d'une essence soit fondée davantage sur la connaissance que l'on pouvait avoir de son utilisation traditionnelle pour tel ou tel élément que sur une observation réelle. Rappelons par exemple le cas de la trompette marine conservée au *Museo degli Strumenti Musicali* de Florence, dont on pensait qu'il s'agissait d'un instrument construit à Crémone vers 1790. Du fait de cette origine présumée, on a longtemps pensé que la table d'harmonie était en épicéa. Une étude de datation par dendrochronologie a été conduite sur la base de cette supposée identification. L'analyse approfondie de l'instrument au microscope a toutefois révélé qu'il ne pouvait s'agir de cette essence, les canaux résinifères caractéristiques de l'épicéa étant absents, et l'examen au MEB d'un fragment minuscule qui se détachait de l'instrument a permis de confirmer que la table d'harmonie avait été réalisée en sapin blanc, essence qui ne présente pas de canaux résinifères axiaux (figure 1).

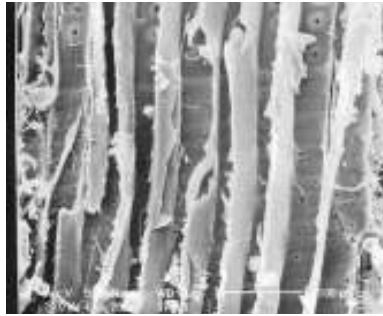


Figure 1 : Images MEB de bois de sapin blanc – coupe longitudinale radiale

Les éléments de structures principaux ne sont pas les seuls à pouvoir fournir des indications utiles ; il convient de considérer également ceux qui sont à première vue secondaires comme les filets décoratifs des tables d'harmonie et du fond des instruments à cordes.

L'étude menée sur le violon *Charles IX* d'Andrea Amati nous en fournit une illustration intéressante. L'examen des filets de cet instrument a montré que, contrairement aux hypothèses formulées jusque-là, Amati employait pour ces éléments du bois d'érable (*Acer sp.*) teint dans les endroits les plus sombres. L'examen complet et attentif des filets du violon a permis de mettre en lumière des interventions de restauration qui, pour ce filet, avaient utilisé des essences différentes (figure 2).



Figure 2 : Violon *Charles IX* - Andrea Amati – Dos. L'image fait ressortir la différence entre les parties de filets d'origine et les parties insérées lors des restaurations.

Voyons maintenant un autre exemple d'examen de la structure qui a apporté une contribution peut-être définitive à l'attribution d'un instrument : il s'agit de la *viola contralto* en dépôt à la *Library of Congress* de Washington, qui fait partie de l'ensemble

de « violons » réalisé pour les Médicis par Antonio Stradivari vers 1690.<sup>3</sup> L'examen comparé de cette *viola contralto* et de la *viola tenore* conservée à Florence révéla une anomalie dans le bois d'épicéa (*Picea abies* Karst.) utilisé par Stradivari pour leur construction. Cette espèce présente normalement un aubier et un duramen indifférenciés (la limite entre les deux ne peut pas être établie sur la base de la couleur du bois) et il est très rare que, suite aux processus d'oxydation qui accompagnent le séchage, les deux parties soient clairement distinctes. L'observation du bois de la *viola contralto* et de la *viola tenore* révéla une différence chromatique très nette entre les deux parties (figure 3) (au point que certains chercheurs avaient décrit la *viola tenore* comme constituée de l'assemblage de trois planches) de nature à faire supposer que les deux tables avaient été construites à partir d'une même pièce de bois. Cette hypothèse a ensuite été étayée par les résultats d'une étude dendrochronologique (en cours de publication).



Figure 3 : *Viola tenore* – Antonio Stradivari 1690 – Dans la partie centrale de l'instrument on peut voir la différence de couleur entre l'aubier et le duramen de la table d'harmonie en épicéa.

### III Caractérisation physico-mécanique et conservation

La caractérisation mécanique du bois des instruments de musique peut répondre à des motivations diverses et, notamment, aider à établir si une essence ou une palette d'essences convient pour la facture ou la restauration d'un instrument donné, et à évaluer son état de conservation.

---

<sup>3</sup> Dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, il ne restait plus dans la collection de la cour des Médicis que deux instruments sur les cinq constituant l'ensemble réalisé par Stradivari, la *viola tenore* et le *violoncello*, actuellement conservés à Florence.

Concernant les autres instruments, le premier violon a disparu sans laisser de traces, tandis que les deux autres ont changé de main tellement de fois - entre collectionneurs, musiciens et commerçants européens et américains - que leur trace s'est également perdue.

L'opinion qui prévaut aujourd'hui, fondée sur des considérations documentaires et techniques et sur l'analyse stylistique, tend à identifier la *viola contralto* manquante à un instrument qui est actuellement la propriété d'une fondation privée américaine qui l'a confié en dépôt à la *Library of Congress* de Washington. Mais en l'absence de preuve formelle, l'attribution était contrainte à une extrême prudence.

En ce qui concerne les caractéristiques acoustiques du bois des instruments de musique, l'Italie possède un important corpus de recherche sur la caractérisation du bois de résonance.

La lutherie italienne est en effet convaincue que le bois d'épicéa dit « de résonance » (caractérisé par la présence de figures dans les cernes de croissance appelées « indentations »), possède des propriétés acoustiques supérieures à celles du bois d'épicéa normal.

Les recherches conduites sur la caractérisation acoustique de ces deux types d'épicéa [Bonamini 1991, 1998, Chiesa 1988, Scatarzi 1994] ont montré que la présence d'une anomalie d'indentations agit sur l'anisotropie du bois. Cependant, cette différence, décelable ponctuellement à proximité des indentations, perd tout effet pratique sur les pièces de plus grandes dimensions où la variabilité caractéristique du bois atténuée de fait l'effet provoqué localement par la présence d'indentations.<sup>4</sup>

Les caractéristiques élastiques et acoustiques, qui ont été abondamment étudiées, ne suffisent donc pas à expliquer les raisons pour lesquelles les maîtres luthiers recherchaient certains bois en particulier, et notamment le bois de résonance, sauf à accepter qu'il n'existerait aucune différence.

Des recherches plus récentes portant sur les dynamiques d'absorption et le comportement viscoélastique de ces deux types de bois ont toutefois mis en lumière le comportement spécifique de l'épicéa de résonance par rapport à celui de l'épicéa normal, et ont montré en particulier que le comportement de l'épicéa de résonance est extraordinairement proche de celui du bois d'érable, qui est utilisé pour toutes les autres parties du violon.

La figure 4 montre les isothermes d'absorption du bois d'épicéa normal, d'épicéa de résonance et d'érable. Ces courbes expriment la teneur en eau à laquelle le bois s'équilibre avec les variations d'humidité relative du milieu. Comme on peut le voir, le comportement de l'épicéa de résonance est parfaitement analogue à celui de l'érable, et dans un milieu d'humidité égale, ces deux essences absorbent moins d'eau que le bois d'épicéa normal.<sup>5</sup>

Des résultats comparables ont été obtenus lors de tests de simulation mécanique (figure 5) où une charge a été appliquée sur une longue durée et avec une variation de l'humidité au cours du temps. Dans ce cas également, l'épicéa de résonance et l'érable montrent un comportement très similaire, avec pour les deux essences un moindre taux de déformation visqueuse.

---

<sup>4</sup> Bonamini (1998) conclut son étude comparative – basée sur l'examen d'un échantillon de plus de 10 m<sup>3</sup> de bois de résonance d'épicéa - en affirmant que d'un point de vue pratique, deux tables d'harmonie qui présentent approximativement la même quantité d'indentations peuvent avoir des comportements élastiques et acoustiques totalement différents. A l'inverse, deux tables d'harmonie peuvent présenter les mêmes caractéristiques acoustiques alors que l'une montre dix fois plus d'indentations que l'autre.

<sup>5</sup> Cet élément a également des implications importantes pour les propriétés acoustiques du bois, en particulier l'amortissement de l'onde sonore qui dépend fortement de la teneur en humidité du bois.

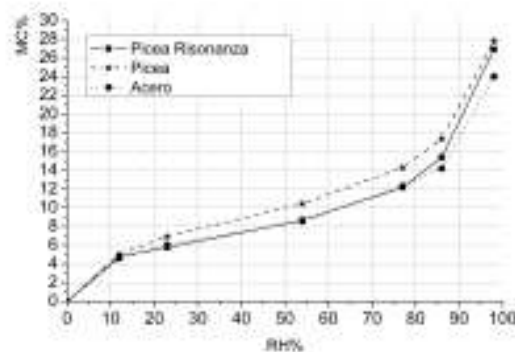


Figure 4 : Isotherme d'absorption des bois d'épicéa, d'épicéa de résonance et d'érable.

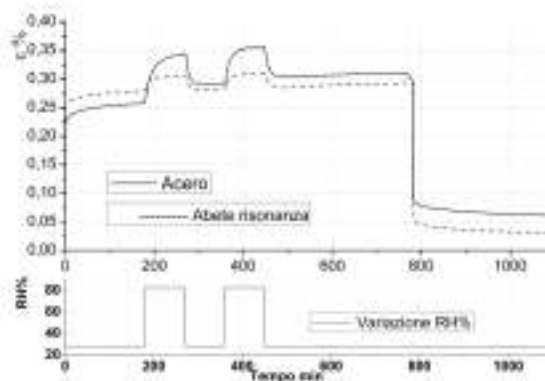


Figure 5 : Graphiques de la mesure du fluage viscoélastique et mécanosorptif sur les bois d'épicéa et d'érable.

Ces résultats semblent donc indiquer que le choix de l'épicéa de résonance ne serait pas lié aux caractéristiques acoustiques de cette essence mais plutôt au fait qu'il a un comportement très semblable à celui de l'érable qui constitue les autres parties des instruments, notamment dans la durée et au cours du vieillissement.

Il est clair que l'acoustique d'un instrument est déterminée par différents paramètres, dont les techniques de facture, qui débordent amplement des seules caractéristiques du bois. Cela dit, le comportement acoustique des instruments au cours du temps est une question qui depuis toujours divise conservateurs et amateurs passionnés d'instruments de musique en bois.

Il semble établi que l'acoustique des instruments neufs s'améliore à mesure qu'ils sont joués, mais les instruments historiques entrent dans une catégorie à part car l'objectif principal est de prolonger leur existence aussi longtemps que faire se peut.

La conservation d'un instrument historique pose un problème extrêmement complexe, moins pour des raisons purement techniques que pour des raisons de philosophie de la conservation. La question qui se pose toujours est celle de savoir si un instrument qui - du fait de son facteur, de son état de conservation et de son histoire - revêt une importance telle qu'il est considéré comme un bien culturel, peut encore être joué, sachant que son utilisation, avec les contraintes qu'elle représente en termes de variations d'humidité et de sollicitation du bois, peut provoquer des altérations graves et irréversibles de la structure du matériau.

Dans une tentative de quantification objective de l'impact de ces variations sur la vie d'un instrument ancien, des recherches ont été entreprises récemment pour caractériser le comportement d'un violon historique, le *Cannone* de Niccolò Paganini, réalisé en 1743 par le luthier Bartolomeo Giuseppe Guarneri del Gesù.

Cet instrument, aujourd'hui propriété de la Ville de Gênes, outre qu'il fait partie du patrimoine culturel, est aussi joué régulièrement ; à ce titre, il est emblématique de la problématique qui nous occupe aujourd'hui.

L'étude repose sur deux paramètres, considérés comme les plus importants dans le processus de vieillissement d'un instrument : les variations d'humidité du bois et les sollicitations mécaniques imposées par la tension des cordes.

Les variations d'humidité dans le bois peuvent entraîner deux types de phénomènes : au niveau macroscopique, des gonflements et rétractations qui, s'ils sont excessifs, peuvent provoquer des déformations ou, pire encore, des fissurations qui compromettent gravement la conservation d'un instrument ; au niveau structural, l'instabilité moléculaire liée aux mouvements d'entrée et de sortie des molécules d'eau peut favoriser des modifications de la structure des polymères constitutifs du bois.

Du point de vue mécanique, outre le comportement élastique, nous avons également étudié les caractéristiques viscoélastiques, notamment mécanosorptives<sup>6</sup>, du matériau ; en condition de charge constante, il peut se produire avec le temps une déformation irréversible.

Aux fins de cette étude, les deux milieux de conservation (salle et vitrine) de l'instrument ont été soumis à une surveillance en continu.

Dans la vitrine où l'instrument est généralement conservé, les conditions de température et d'humidité relative sont mesurées, en même temps que sont contrôlées les variations de masse de l'instrument, partant de l'hypothèse que celles-ci sont déterminées par la teneur en humidité du bois (voir figure 6).

Le graphique de la figure 7 reporte les résultats d'une phase de surveillance. Les variations de masse de l'instrument, très minimes en termes absolus, révèlent une adaptation extraordinairement rapide aux variations hygrothermiques à l'intérieur de la vitrine. Cela est encore plus surprenant si l'on considère que les surfaces extérieures de

---

<sup>6</sup> Si un état de sollicitation mécanique du bois est associé à une variation d'humidité (ce qui se produit ordinairement au cours d'une exécution), l'effet provoqué par l'interaction de ces deux facteurs est plus élevé que la simple somme des effets produits par chacun d'entre eux (déformation mécanique viscoélastique et gonflement). Ce phénomène est appelé comportement mécanosorptif.



l'instrument sont recouvertes d'une couche de vernis qui devrait retarder cette adaptation du bois aux variations du milieu.

Ce comportement ne s'explique que si l'on postule que l'intérieur de la caisse s'équilibre très rapidement aux conditions extérieures, et que ceci favorise une absorption rapide de l'humidité par les parties internes de l'instrument où le bois n'est pas verni.



Figure 6 : Surveillance des variations de poids du *Cannone*. Le dispositif est constitué d'une balance de précision au centigramme, qui porte le poids de l'instrument et du support métallique.

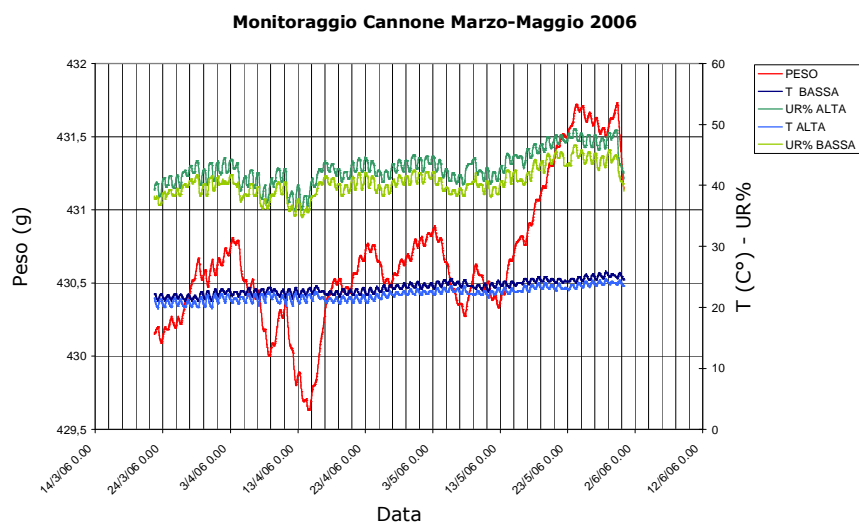


Figure 7 : Surveillance du *Cannone*. Sur le graphique sont reportées les variations de T et de HR de la vitrine et l'évolution des variations de poids.

L'hypothèse a été vérifiée par les relevés, effectués également au cours de concerts, d'une microsonde thermo-hygrométrique (figure 8) insérée à l'intérieur de la caisse. Comme le montre le graphique de la figure 9, extrait d'un relevé effectué lors d'un concert, les variations d'humidité relative à l'intérieur de l'instrument sont très soudaines et s'expliquent soit par les conditions de la salle, soit par la proximité du corps de l'instrumentiste, laquelle semble influencer davantage sur la température que sur l'humidité.

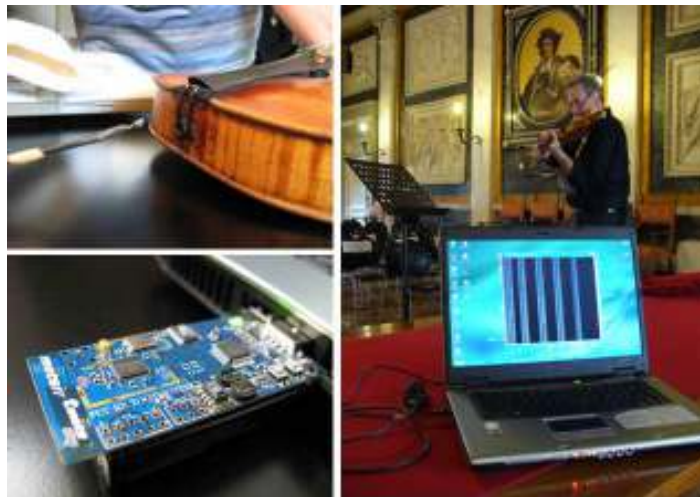


Figure 8 : Mesure des variations de température et de HR à l'intérieur de la caisse du *Cannone*. Le dispositif est constitué d'une sonde thermohygrométrique miniaturisée reliée à un enregistreur de données qui transmet les données à un ordinateur distant de quelques mètres. La sonde est insérée par le trou du bouton.

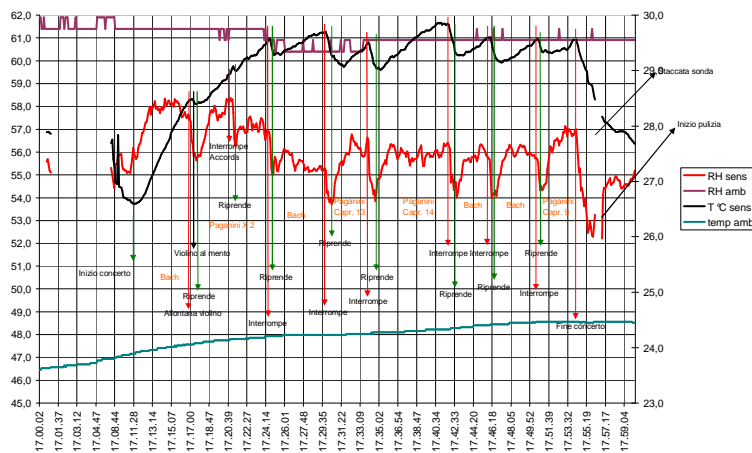


Figure 9 : Surveillance du *Cannone*. Le graphique montre les résultats d'un essai de mesure des variations de T et de HR à l'intérieur de la caisse de l'instrument lors d'un concert.

Dans son ensemble, le jeu entraîne une perturbation de la dynamique hygroscopique de l'instrument qui est assez lente à se résorber. La figure 10 représente l'enregistrement des valeurs de masse de l'instrument à la fin de l'exécution. Au cours de cette manifestation qui, en incluant l'accord et le concert proprement dit, avait duré quelque 6 heures, l'instrument avait absorbé plus d'un gramme d'humidité, et il a fallu une semaine environ pour qu'il retrouve la masse qui avait été relevée avant le concert.

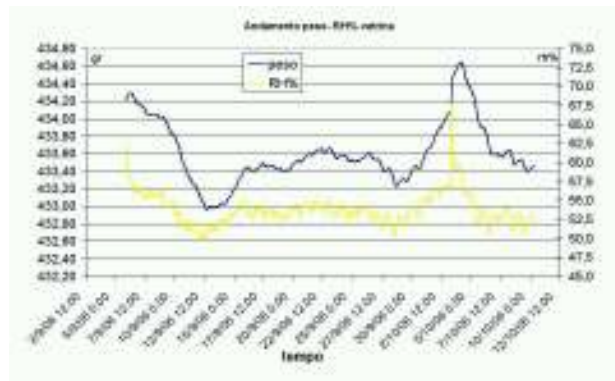


Figure 10 : Surveillance du *Cannone*. Sur le graphique sont reportées les variations de poids consécutives à une exécution. La flèche indique le retour au poids relevé avant le concert.

Ces résultats seront bientôt intégrés aux résultats des mesures mécaniques qui, dans la phase actuelle de mise au point méthodologique, ne portent que sur des instruments de moindre valeur. Nous souhaitons maintenant quantifier les forces et les déformations viscoélastiques que subit l'instrument durant des périodes comparables à celles qui caractérisent les exécutions auxquelles ils sont soumis.

## Bibliographie

- [1] Chiesa V., *Influenza dell'intensità delle introflessioni sui parametri di elastici del legno di Picea abies Karst di risonanza*, Tesi di laurea, DISTAF, Facoltà di Agraria, Università degli studi di Firenze 1988.
- [2] Bonamini G., Chiesa V., Uzielli L., *Anatomical features and anisotropy in spruce wood with indented rings* – Acoustical Society Journal – Vol 1, n8 – 1991.
- [3] Bonamini G., *The elastic behaviour of spruce wood showing indented rings* – Proceedings of International Workshop on Mechanical behaviour of non-standard wood – Firenze, 1998.

## **Biographie**

Marco Fioravanti est ingénieur forestier, Docteur de l'Université de Florence, Professeur associé de Technologie du Bois à l'Université de Florence. La conservation des objets en bois du Patrimoine a été un de ses principaux intérêts de recherche à partir de la fin des années 80. Il a mené ses recherches sur le comportement physique et mécanique des panneaux peints et des sculptures en bois, concernant surtout le comportement viscoélastique et mécanosorptif, la diffusion de l'humidité et les relations entre les objets du Patrimoine et l'environnement dans lequel ils sont conservés.

Il est responsable de plusieurs projets concernant la conservation d'instruments de musique historiques en bois, parmi lesquels la collection Cherubini à Florence, le violon « Cannone » de Paganini par Guarneri del Gesù, autres instruments par Stradivari et Amati conservés à Cremona.