

## Etude de la clarinette à partir de la mesure de l'impédance d'entrée

J. GILBERT, J.P. DALMONT, B. GAZENGEL, F. GIROUD et F. DURAND

*Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, URA 1101 du CNRS, avenue Olivier Messiaen, BP. 535, 72017 Le Mans cedex, France*

**Abstract :** resonance and playing frequency measurements have been made for the two first registers of clarinets. Results point out general tuning properties of the instrument. A comparative study has brought to light distinctive maker's choices between two different models.

### 1. INTRODUCTION.

De nombreuses mesures d'impédance d'entrée ont été réalisées sur des instruments à vent à trous latéraux. Cependant, celles-ci n'ont été que peu exploitées. Des mesures conjointes de fréquences de résonance et de fréquences de jeu sur les deux premiers registres de clarinettes sont présentées. Leur comparaison permet de mettre en évidence les propriétés générales de justesse de l'instrument. Pour finir, une étude comparée souligne certains choix distincts de facture entre deux modèles différents [1].

### 2. CADRE DE L'ETUDE.

#### 2.1 Modèle physique élémentaire et régimes d'oscillation périodiques.

Un instrument à vent en général, la clarinette en particulier, est un oscillateur auto-entretenu : il transforme une surpression constante dans la cavité buccale, fournie par les poumons de l'instrumentiste, en une pression acoustique. Cette dernière est due à une instabilité mécanique de l'anche, instabilité de nature oscillante provoquée par la réaction acoustique du tuyau sonore (voir [2] par exemple). L'oscillation de l'anche provoque une modulation du débit d'air entrant dans l'instrument (effet valve) et donc une pression acoustique. L'analyse des régimes d'oscillation qui en résultent, peut être complexes (notes multiphoniques par exemple). La modélisation physique

de cet auto-oscillateur et l'étude systématique de ses régimes d'oscillation, offrent encore beaucoup de points d'interrogation. Néanmoins on peut affirmer qu'en première approximation les régimes permanents périodiques ont une fréquence fondamentale (fréquence de jeu) voisine d'une des fréquences de résonance du résonateur. L'écart entre ces deux fréquences est avant tout contrôlé par l'embouchure du clarinetiste. Dans une approximation linéaire du comportement de l'anche, le débit lié à son mouvement provoque un décalage de la fréquence de jeu par rapport à la fréquence de résonance correspondante. Ce décalage est caractéristique de "l'embouchure" du clarinetiste ; on lui associe une correction de longueur équivalente  $\Delta L$  (voir [3] et [4] par exemple).

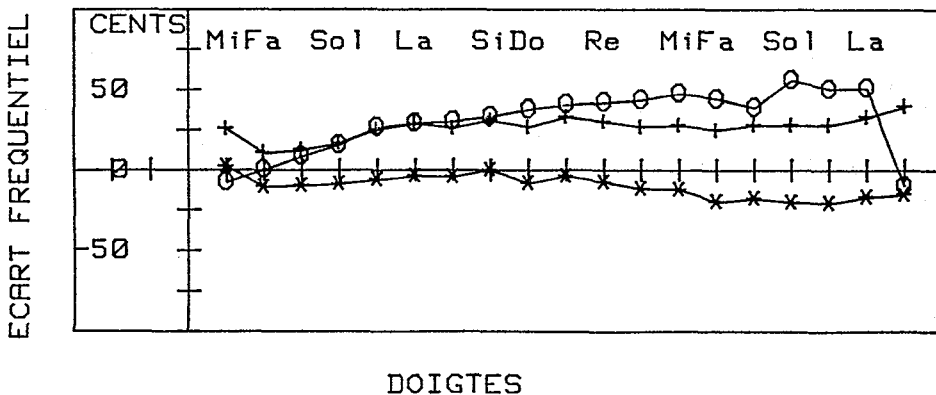
## 2.2 Mesures effectuées.

Les résultats expérimentaux décrits au paragraphe suivant sont le fruit de deux types de mesures: d'une part, des mesures de fréquence de jeu avec un dispositif mécanique reproduisant "l'embouchure" du clarinetiste ("bouche artificielle" [3]), d'autre part, des mesures de fréquence de résonance avec un pont de mesure d'impédance d'entrée à deux microphones [5]. Pour ces mesures le bec est remplacé par un cylindre de même volume et de même diamètre d'entrée ; .

## 3. RESULTATS EXPERIMENTAUX.

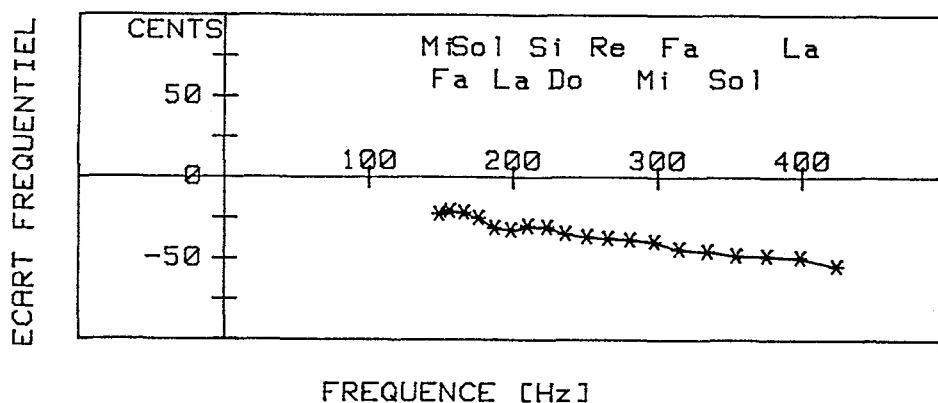
### 3.1 Fréquences de résonance, fréquences fondamentales et justesse.

Nous présentons figure 1 les mesures des deux premières fréquences de résonance ( $F_1$ ,  $F_2$ ) et la fréquence de jeu ( $F_{\text{jeu}}$ ) pour les doigtés du premier registre (regimes d'oscillation tels que  $F_{\text{jeu}}$  est voisine de  $F_1$ ). La courbe de justesse y est référencée par rapport à la gamme tempérée définie à partir du La3 (440 Hz). Analyser la justesse de la clarinette revient, en première approximation, à analyser les fréquences de jeu des notes jouées.



**Figure 1** : courbe de justesse (le barillet originel est remplacé par un barillet adapté à la bouche artificielle) : en abscisse, les doigtés du premier registre de la clarinette et en ordonnée,  $F - F_0$  en cents.  $F_0$  est la fréquence de la gamme tempérée ayant pour référence le La3 à 440 Hz.  $F$  est la première fréquence de résonance (+), la seconde fréquence de résonance (o), ou la fréquence de jeu (\*).

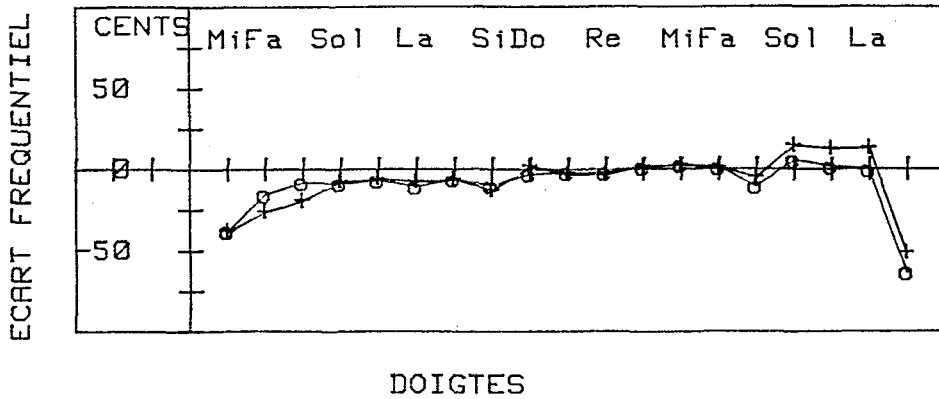
Les résultats expérimentaux présentés figure 1 confirment que les variations locales de justesse des fréquences de jeu sont semblables à celles des fréquences de résonance correspondantes : pour une "embouchure" donnée, contrôler la justesse de la clarinette revient bien à contrôler la justesse de ses fréquences de résonance. La bouche artificielle permet de conserver une "embouchure" suffisamment stable pour évaluer la correction de longueur  $\Delta L$  correspondante : l'écart fréquentiel relatif entre fréquence de jeu et fréquence de résonance est proportionnel à cette dernière (Figure 2). Il faut noter qu'il nous a été impossible de trouver une "embouchure idéale" permettant un fonctionnement sur les deux registres de la clarinette (un réglage par registre).



**Figure 2 :** écart fréquentiel entre la fréquence de jeu  $F_{\text{jeu}}$  et la première fréquence de résonance  $F_1$  (écart caractéristique de l'effet de "l'embouchure") pour les doigtés du premier registre : en abscisse, les fréquences de résonance du premier registre (en Hz), en ordonnée  $F_{\text{jeu}} - F_1$  en cents.

### 3.2 Comparaison entre deux clarinettes.

Il est intéressant de voir si les dispositifs expérimentaux sont suffisamment précis pour mettre en évidence des différences notables entre des clarinettes de modèle différent. Après comparaison de deux clarinettes de marques A et B, nous avons constaté de grandes similitudes. Cependant les résultats expérimentaux font apparaître des différences significatives quant à l'inharmonicité du haut du premier registre (figure 3). Les compromis choisis par les facteurs A et B sont différents : le facteur de clarinettes A a visiblement choisi de tolérer une inharmonicité positive pour les doigtés Sol/Sol#/La afin de limiter l'inharmonicité importante du La# (inharmonicité inhérente à l'utilisation du trou de registre en trou de note pour ce doigté). Ceci a pour effet de rendre plus homogène le timbre du haut du premier registre ("doigtés de gorge") par rapport à la clarinette B. Notons que ces différences d'inharmonicité entre A et B ont été corrélées avec les perces correspondantes (perce de la partie haute du résonateur : barillet et corps du haut).



**Figure 3 :** inharmonicité des doigtés du premier registre. En abscisse, les doigtés du premier registre de la clarinette et en ordonnée,  $F_2 - F_1$  en cents ( $F_1$  et  $F_2$  sont respectivement la première et la seconde fréquence de résonance) : clarinette A (+), clarinette B (o).

#### 4. CONCLUSION.

L'analyse globale de la clarinette, par des moyens expérimentaux tels que la mesure d'impédance d'entrée et l'utilisation d'une "bouche artificielle", permet de mettre en évidence les propriétés générales de justesse de l'instrument. Les résultats expérimentaux comparés de deux modèles de clarinette ont mis en évidence certaines options de facture différentes (exemple des doigtés de gorge). Ces caractérisations objectives pourraient être utilisées lors de la conception d'un instrument à vent.

#### REFERENCES

- [1] GIROUD F. et DURAND F., Etude de la justesse, du timbre et de la facilité d'émission de la clarinette. Rapport de stage de Maîtrise de physique. Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, Le Mans, 1993.
- [2] WILSON T.A. and BEAVERS G.S., Operating modes of the clarinet. J. Acoust. Soc. Am. 56 (1974), p.653.
- [3] NEDERVEEN K., Acoustical Aspects of woodwind Instruments, Frits Knuf, Amsterdam 1974.
- [4] GILBERT J., Etude des instruments de musique à anche simple : extension de la méthode d'équilibrage harmonique, rôle de l'inharmonicité des résonances, mesure de grandeurs d'entrée. Thèse de doctorat. Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, Le Mans, 1991.
- [5] DALMONT J.P. et BRUNEAU A.M., Acoustic impedance measurement : plane-wave mode and helical mode contributions. J. Acoust. Soc. Am. 91(5), p.3026.
- [6] KERGOMARD J. et MEYNIAL X., Systèmes micro-intervalles pour les instruments de musique à vent avec trous latéraux. J. Acoustique 1, p.255.