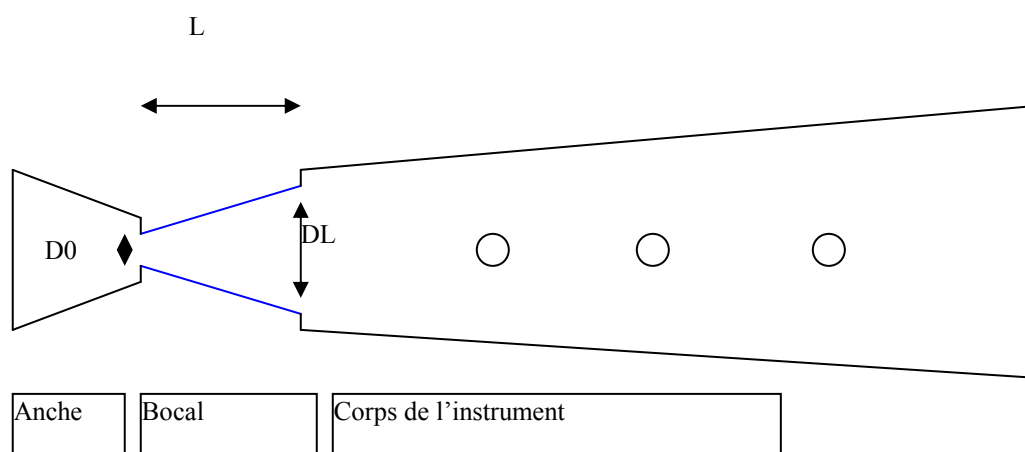


A propos du bocal du hautbois

Le bocal du hautbois est ce petit tube qui sert de trait d'union entre l'anche et l'instrument. La plupart des hautboïstes choisissent leur bocal avec beaucoup de soin. Pourquoi tant d'attention? Quel est le rôle acoustique de ce petit tuyau? L'anche et le haut de la perce du hautbois sont le siège de phénomènes acoustiques violents et compliqués. Faute de tout comprendre sur ces phénomènes, nous nous bornerons ici à quelques considérations sur la justesse de l'instrument, et sur l'influence que le bocal a sur cette justesse. Il ne s'agira que d'évaluer la justesse de l'instrument considéré ici comme une simple colonne d'air. Cette colonne (l'air enfermé dans le hautbois) vibre selon des modes dont la fréquence dépend de la forme géométrique du « récipient », c'est à dire de la forme intérieure du hautbois prolongé de son bocal et de son anche. Dans cet article, il sera question du bocal seul : pour appréhender son influence sur la justesse du hautbois, nous ferons varier les dimensions du bocal pendant que l'instrument, l'anche...et l'instrumentiste restent inchangés.



La perce de l'instrument, avec le bocal (en bleu) et les trois paramètres qui spécifient sa géométrie

La perce du hautbois ressemble en gros à un tronc de cône. En général, le bocal n'est pas un prolongement exact du tube principal, il y a discontinuité de la perce et changement de conicité au niveau du bocal.

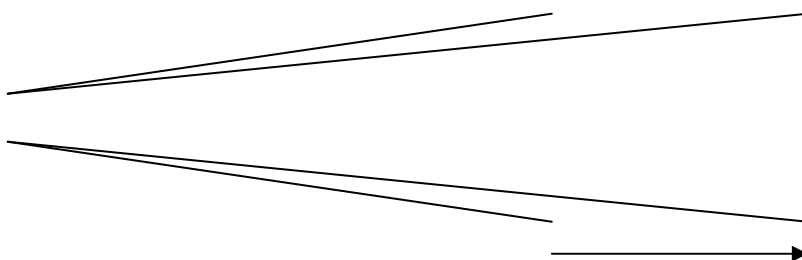
On peut schématiser le bocal par un tronc de cône caractérisé par trois paramètres : sa longueur L , et ses diamètres D_0 et DL au gros bout et au petit bout respectivement.

Voilà donc ci-dessus la colonne d'air dont on se propose de calculer les fréquences de vibration, c'est à dire la justesse.

Le calcul a été fait avec le logiciel TUTT pour les deux premiers modes de vibration de la colonne d'air : le premier mode, dit « fondamental », correspond à la première octave de la tessiture du hautbois. Le deuxième mode correspond à la deuxième octave. On donne ci-après l'influence sur la justesse des deux premiers partiels d'une petite variation de la longueur L et des diamètres D_0 et DL du bocal.

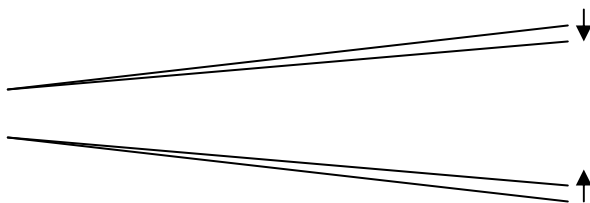
La justesse des modes sera exprimée en cents, par rapport à la justesse idéale ($1/2$ ton = 100 cents).

Changer la longueur du bocal



L'allongement du bocal à diamètres d'extrémité constants entraîne un abaissement général du diapason. Cependant, l'effet est différent sur les deux partiels: même un allongement important (3 mm) n'abaisse le premier partiel que d'une dizaine de cents (un peu plus vers le haut de la gamme, un peu moins vers le bas), alors que le second partiel est plus fortement abaissé (de l'ordre de 20 cents). L'octave se trouve donc rétrécie de 10 cents environ, soit 1/20ème de ton.

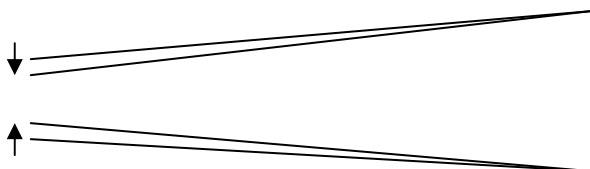
Changer le diamètre du bocal au gros bout



Un rétrécissement du bocal au gros bout tendra à faire monter les fréquences de toutes les notes du bas de la tessiture. L'effet est assez fort : un rétrécissement de diamètre de 0.3 mm suffit à faire monter le premier partiel de 8 cents (1/25ème de ton). En revanche, les seconds partiels se trouvent rabaissés, surtout dans le haut de la tessiture. L'effet global est un rétrécissement des octaves d'environ 15 cents.

Tous les chiffres donnés ici ont été calculés pour une note du milieu de la gamme du hautbois (disons un fa#). L'effet produit par ces mêmes modifications du bocal aurait été un peu moins accentué sur une note du bas de la gamme comme un ré, et plus accentué sur une note du haut de la gamme, comme un la ou un si.

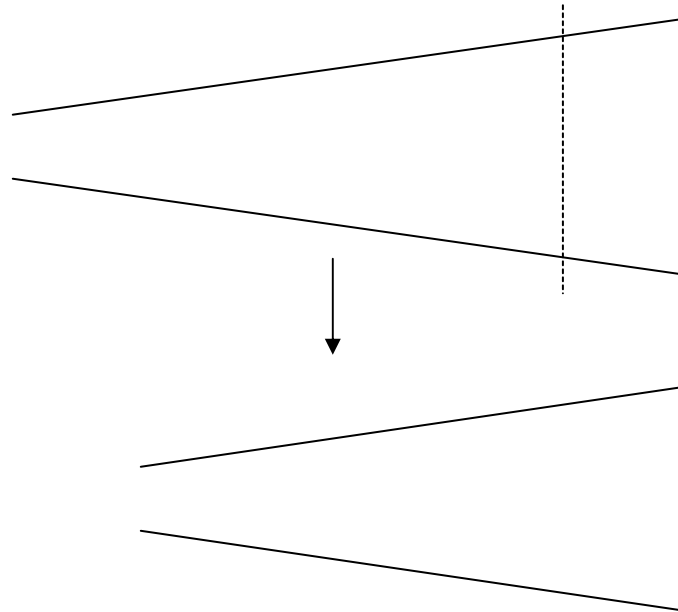
Changer le diamètre du bocal au petit bout



L'effet d'un rétrécissement du bocal au petit bout est similaire à celui d'une réduction de diamètre au gros bout, à ceci près que l'abaissement des notes de la deuxième octave est plus accentué, surtout dans le haut de la gamme.

On a supposé ici que le diamètre de la colonne d'air au niveau du raccord avec l'anche reste constant malgré le rétrécissement du bocal, ce qui est rarement réalisé dans la pratique car l'anche, ligaturée au bocal, suit le rétrécissement de ce dernier. Si on tient compte de cette corrélation, le premier partiel monte encore un peu plus, et les seconds partiels descendent moins.

Couper le bocal par le gros bout



Nous avons jusqu'à présent examiné l'effet d'une modification de longueur du bocal à diamètres d'extrémité constants, et d'une modification des diamètres du bocal à longueur constante. Dans la pratique, couper un bocal par le gros bout revient à réduire à la fois sa longueur et son diamètre au gros bout. Les deux effets précédemment décrits se cumulent alors : si l'on coupe un bocal de hautbois de 3 mm par le gros bout, le diamètre au gros bout diminuera de 0.2 mm : le premier partiel montera de 15 cents, et le second de 10 cents environ. L'octave se trouvera rétrécie de 5 cents.

L'influence sur la justesse d'un raccourcissement du bocal par découpe du gros bout est résumée dans le tableau suivant :

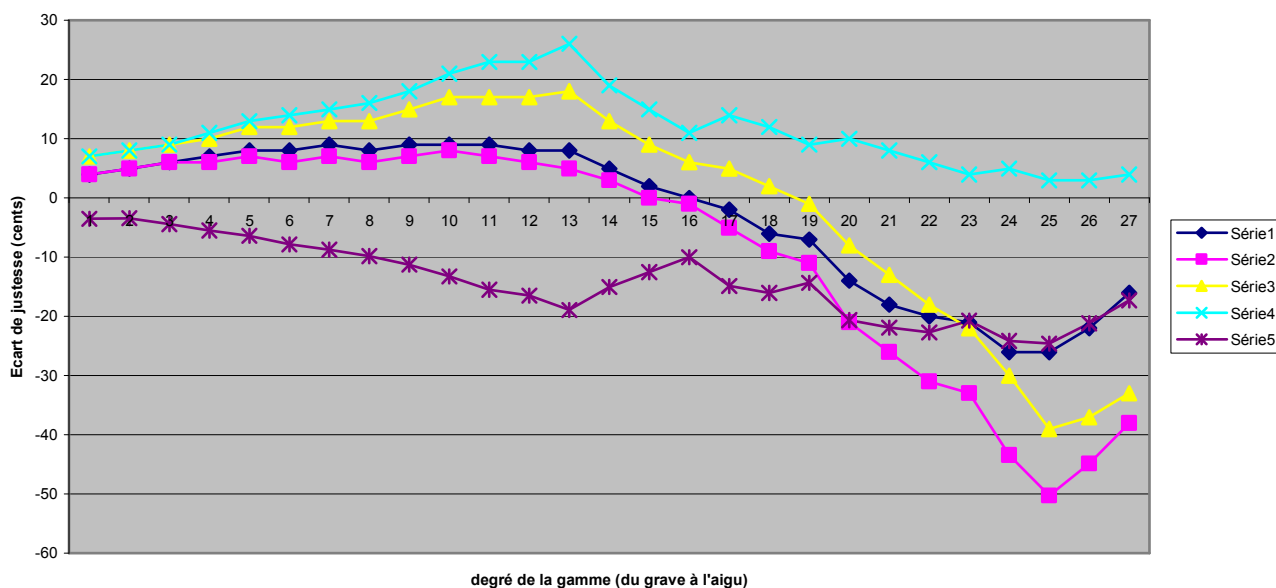
	$\omega 1$ (premier partiel)	$\omega 2$ (second partiel)	8ve (largeur de l'octave)
Pour les notes du bas de la gamme	Elévation modérée	Forte élévation	Augmentation
Pour les notes du haut de la gamme	Forte élévation	Faible élévation	Diminution

Comme on le voit sur ce tableau, couper le bocal entraîne donc un élargissement de la largeur de la gamme dans la première octave, et un rétrécissement de la largeur de la gamme de la deuxième octave. Complicé !

Comment trouver le bon bocal pour son hautbois ?

On trouvera dans le graphique ci-dessous l'influence de quelques perturbations des dimensions du bocal sur la justesse de l'instrument. Le calcul a été fait ici pour un hautbois baroque (en l'occurrence, mon Delanca 415), mais les résultats sont pratiquement les mêmes pour un hautbois moderne.

Perturbation des dimensions du bocal



L'

effet d'une perturbation des dimensions du bocal d'un hautbois baroque sur la justesse de l'instrument sur toutes les notes de la tessiture. Les notes vont du grave à l'aigu, et sont numérotées de 1 (do grave) à 27 (ré aigu).

- 1 : diminuer le diamètre du bocal au gros bout de 0.3 mm
- 2 : diminuer le diamètre du bocal de 0.3 mm au petit bout sans changer le diamètre de la colonne d'air côté anche
- 3 : diminuer le diamètre du bocal de 0.3 mm au petit bout en diminuant également le diamètre de la colonne d'air côté anche
- 4 : raccourcir le bocal de 3 mm en coupant le gros bout
- 5 : allonger la longueur du bocal de 3 mm sans changer ses diamètres d'extrémité.

Comme on le voit ci-dessus, tout changement de dimension du bocal a des influences multiples et croisées sur l'ensemble des notes de la tessiture, et il n'est pas facile de séparer ces influences pour corriger tel ou tel défaut de justesse. Pour démêler cet écheveau, j'ai fait un petit logiciel capable de déterminer les dimensions optimales du bocal pour un instrument (et un instrumentiste) donnés. Le programme utilise la matrice de covariance tirée du graphe ci-dessus pour minimiser les défauts de justesse observés sur l'instrument joué par son utilisateur actuel et équipé de son bocal actuel. L'utilisateur donne au logiciel la justesse de l'instrument (mesurée par exemple à l'aide d'un accordeur électronique) sur quelques notes, avec le bocal existant. En réponse, le logiciel indique comment il convient de modifier ledit bocal pour rendre l'instrument le plus juste possible. Le logiciel en question tourne sur un vulgaire PC : il est possible de le télécharger gratuitement sur le site internet de Joël Eymard (<http://la.trompette.free.fr/>) sous le nom de bocaloptim.exe.

Conclusion

Le bocal ne paye pas de mine : il se réduit à une petite pièce de métal. Son importance est pourtant cruciale sur la justesse de l'instrument, tant sur son diapason global que sur la largeur de sa gamme et la justesse de ses octaves. Je crois que tout couple hautbois-hautboïste mérite l'analyse ci-dessus, afin de déterminer les dimensions du bocal qui lui convient le mieux. C'est particulièrement vrai des instruments historiques, dont les bocaux ont rarement été conservés, et doivent donc être reconstitués. J'ai ainsi fabriqué une copie fidèle du hautbois baroque Bizet du musée d'Oxford, que j'ai longtemps considérée comme très fautive et donc pratiquement injouable, jusqu'au jour où j'ai vraiment cherché le bocal qui convenait à cet instrument. Ayant enfin trouvé les bonnes dimensions au moyen de la petite analyse acoustique ci-dessus, j'ai découvert un instrument magnifique !