

Peut on caractériser une anche simple pour répondre aux attentes du musicien?

Bruno Gazengel ¹, Jean Pierre Dalmont ¹, Jean François Petiot ²,
Alberto Munoz ¹, Pierre André Taillard ¹

¹Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, UMR CNRS 6613, Avenue Olivier
Messiaen, 72085 Le Mans Cedex 9

²Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes, UMR CNRS 6597, 1
rue de la Noé - BP 92101 -F-44321 Nantes Cedex 03

7 juin 2018

Sommaire

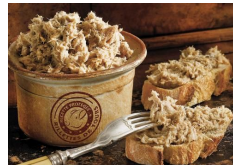
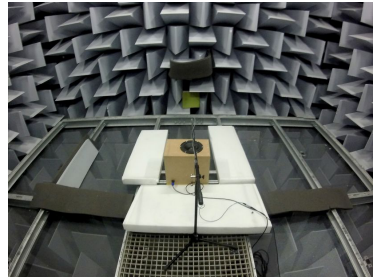
- 1 Contexte
- 2 Physique d'un instrument à anche simple
- 3 L'anche
- 4 Tests perceptifs
- 5 Mesures in vitro
- 6 Mesures in vivo (sur musicien)
- 7 Conclusion

Le Mans



Le Mans

- Environ 150 000 habitants
- 1 heure de Paris (TGV), environ 2 heures de l'océan atlantique (en voiture)



Le Mans Université

- Environ 11 000 étudiants, 1000 personnels
- Faculté des Sciences et Techniques
- Faculté des Lettres, Langues & Sciences Humaines
- Faculté de Droit, des Sciences Économiques et de Gestion
- Instituts Universitaires de Technologie (Le Mans, Laval)
- École Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans (ENSIM)
- Sports
- Culture



Présentation du laboratoire

Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans

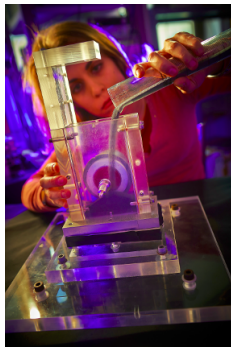
- environ 140 personnes, tous corps de métiers confondus
 - Personnels académiques (~ 60 chercheurs permanents) : 9 chercheurs CNRS, 28 maitres de conférences, 22 professeurs
 - 21 personnels techniques et administratifs
 - 43 Doctorants, 10 Post-Doctorants



Présentation du laboratoire

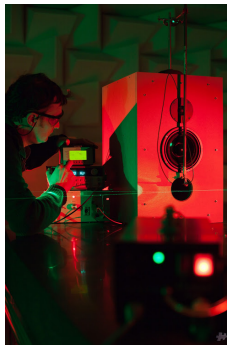
Équipes de recherche

Matériaux Acoustiques



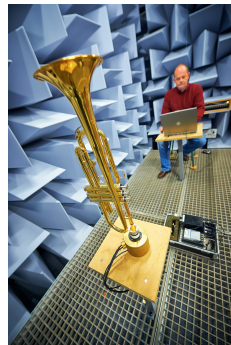
B Gazengel

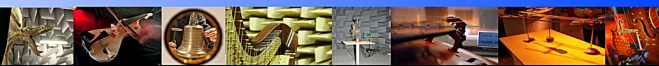
Transducteurs



Physique des Anches Simples

Guides et structures





Activities

Research

Technology transfer

(ITEMM, CTTM)

Physical modelling

Tools for Instrument makers

Simulation tools

Oscillation regime
calculation techniques

Measuring systems
for quality control

Physical parameters
Measurement
techniques

Instrument
classification

Non musical
applications

Dissemination

Conferences for
music schools

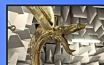
Scientific concerts

Instruments

Woodwinds



Brass



String
Instruments &
bow



Instruments
augmented with
electroacoustic
devices



People



Jean Pierre
Dalmont



Bruno
Gazengel



Alberto
Munoz



Joel
Gilbert



Simon
Félix



François
Gautier



Emmanuel
Brasseur



Frédéric
Abiltzer



Bertrand
Lihoreau



Pierrick
Lotton



Léo
Guadagnin

Contexte

- Acoustique musicale
(instruments à vent à anche simple)
- Aide à la facture instrumentale
(plateforme PAFI, capteur d'impédance,...)
- Travaux sur l'anche simple



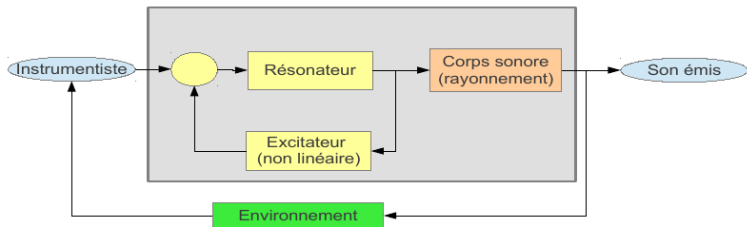
Plan

- 2 Physique d'un instrument à anche simple
 - Principe de l'instrument
 - Modèle physique
 - Production du son

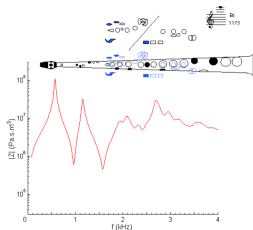
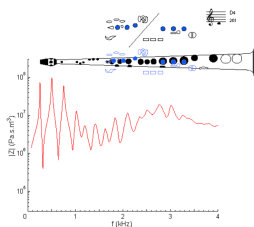
Physique des instruments à anche simple



Physique des instruments à anche simple



Le résonateur

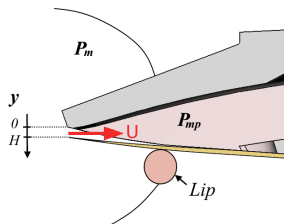


<http://newt.phys.unsw.edu.au/jw/saxacoustics.html>

- Le résonateur est caractérisé par sa géométrie interne (perce)
- Le résonateur est décrit par son impédance d'entrée
 - peut être mesurée (capteur d'impédance) ou calculée (logiciels PAFI, Akabak, ...)
 - renseigne sur les fréquences de jeu de l'instrument (maximum d'impédance).

L'excitateur

Excitateur = bec + anche + lèvres + cavité buccale + musicien



- Paramètres de contrôle
 - Pression dans la bouche du musicien (pression P_m)
 - Force et position de la lèvre du musicien
- Physique de l'instrument
 - Écoulement de l'air dans le canal anche table (débit U)
 - Mécanique de l'anche (position y)
- Résultat : son produit dans le bec (pression acoustique P_{mp})

Modèle physique

L'instrument est décrit par trois équations

- 1 Impédance d'entrée ou fonction de réflexion (relation pression acoustique - débit) (Eq. 1)

$$P_{mp}(\omega) = Z(\omega)U(\omega)$$

- 2 Écoulement de l'air dans le canal anche-table (relation saut de pression - débit - position de l'anche) (Eq. 2)

$$U(t) = S(t)\sqrt{\frac{2}{\rho}[P_m - P_{mp}(t)]}$$

Modèle simplifié $S(t) = w.y(t)$ (néglige les fuites latérales)

- 3 Mécanique de l'anche (relation saut de pression - position de l'anche) (Eq. 3)

$$P_{mp}(t) - P_m(t) = f[y(t)]$$

Rôle souhaité de l'anche

L'anche est un ressort

$$K \cdot [y(t) - H] = P_{mp}(t) - P_m(t)$$

- L'anche module la section du canal d'entrée d'air
- Permet la conversion d'une pression constante en pression acoustique

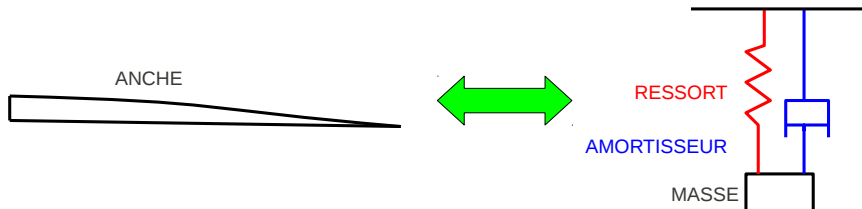
Vue d'une anche en mouvement (bouche artificielle)

Rôle non voulu de l'anche

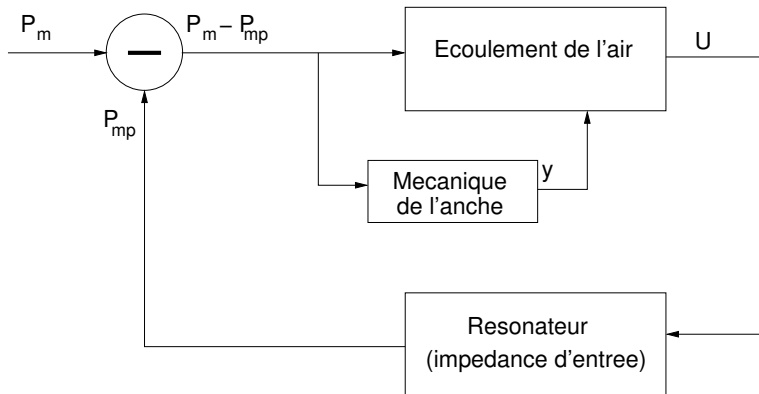
L'anche est un système oscillant à un degré de liberté

$$M \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + R \frac{dy(t)}{dt} + K \cdot [y(t) - H] = P_{mp}(t) - P_m(t)$$

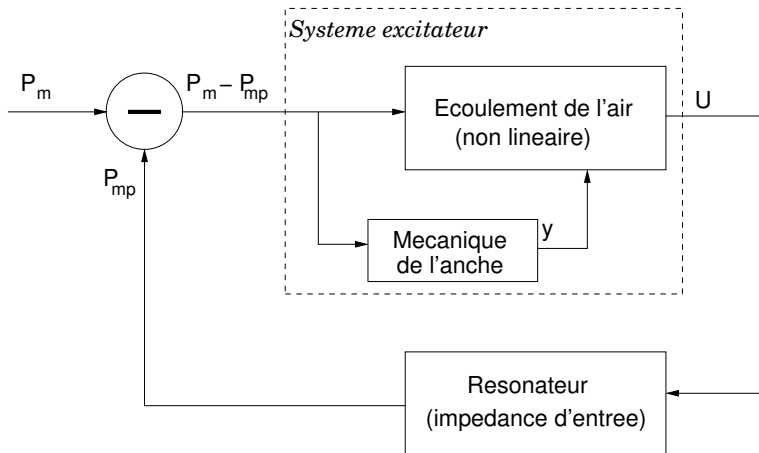
- L'anche est un système masse ressort
- Elle possède sa propre fréquence de résonance (canard)



Modèle complet de l'instrument (schéma bloc)

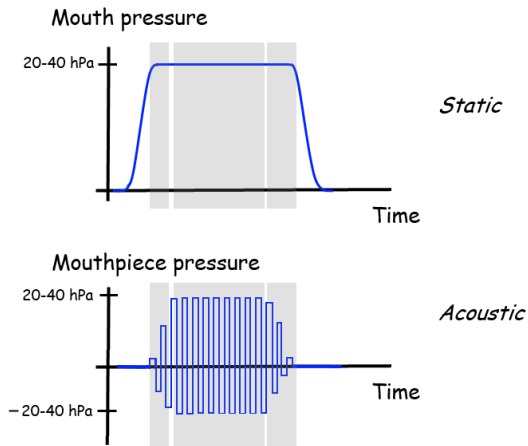


Modèle complet de l'instrument (schéma bloc)



La production du son

Une pression statique P_m dans la bouche du musicien est convertie en pression acoustique dans le bec P_{mp} (oscillations auto-entretenue)



Prédiction du son produit

- Approche analytique : analyse de stabilité linéaire [Velut, Vergez, Gilbert (2017)]
 - Estimation de fréquence de jeu (au seuil d'oscillation)
 - Estimation de pression de seuil (valeur de P_m nécessaire pour émettre un son)
- Approches numériques
 - Équilibrage harmonique (calcul des amplitudes des harmoniques) [Gilbert, Kergomard, Ngoya (1989)]
 - Résolution temporelle (calcul de la pression dans le bec) [Guillemain, Kergomard, Voinier (2005)] → synthèse sonore

Effet de l'anche sur le son produit

Les modèles physiques usuels indiquent :

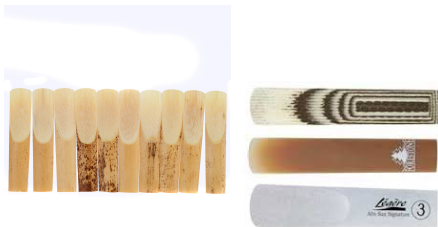
- L'anche a un effet sur la **facilité d'émission** (pression de seuil P_s proportionnelle à $K.H$, K raideur, H ouverture au repos) [Dalmont, Frappe (2007)]
- L'anche a un effet sur la **justesse** (la souplesse de l'anche joue le rôle d'un volume d'air ajouté) [Dalmont, Gazengel, Gilbert, Kergormard (1995)].
- L'anche a un effet sur le **timbre** (résonance d'anche) [Thompson, 1979]

Plan

- 3 L'anche
 - Qu'est ce qu'une anche
 - Problème posé

Qu'est ce qu'une anche?

- Géométrie
 - Languette (1 dimension)
- Fabrication
 - Roseau (marques Vandoren, Rico, La Voz, Rigotti, ...)
 - Matériau de synthèse (carbone, plastique, exemple du brevet "Légère")



Caractéristiques (force)

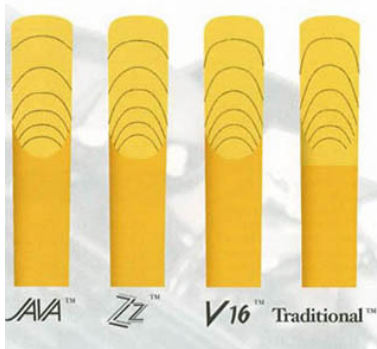
- Force : donnée par un numéro, pas d'unité physique
- La force permet de trouver une anche jouable pour un bec donné

Brand	Strength														
	Soft										Hard				
Vandoren Traditional	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5						
Vandoren V12				2.5	3	3.5	4	4.5	5						
Vandoren 56 Rue Lepic				2.5	3	3.5	3.5+	4	4.5	5					
Vandoren V16		1.5	2	2.5	3	3.5	4	5							
Vandoren Java	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4								
Vandoren Java Red	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4								
Vandoren ZZ	1.5	2	2.5	3	3.5	4									
Rico	1.5	2	2.5	3	3.5	4									
Rico Royal	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5							
Rico Grand Concert Select					2.5	3	3.5	4	4.5	5					
Rico Grand Concert Select Evolution				2	2.5	3	3.5	4	4.5	5					
Rico Select Jazz		2S	2M	2H	3S	3M	3H	4S	4M	4H					
Hemke			2	2.5	3	3.5	4								
La Voz			S	MS	M	MH	H								
Plasticover	1	1.5	2	3	3.5	4	5								
Fibracell			S	MS	M	MH	H								

Copyright Ackerman Music Ltd.

Caractéristiques (coupe)

A topographical diagram of each cut, with the lines connecting areas of equal thickness. The more pointed the arch, the thicker the spine and heart, and conversely, the thinner the side bevels.



AVA™

Java reeds are more flexible than Traditionals and V16s and vibrate on a long palette, creating a bright sound with immediate response.

ZZ™

ZZ reeds combine the medium-thick heart, spine, and rounded tip of the V16 with the flexible palette design of the Java, giving the player a rich, colorful sound with quick response.

V16™

V16 reeds have a medium-thick heart (more than Java but less than Traditionals), with a profile designed for producing a strong attack with a deep, rich sound.

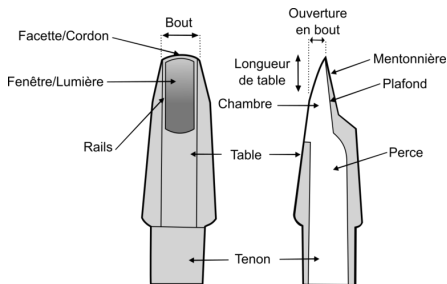
Traditional™

Traditionals feature the thinnest tip with the thickest heart, resulting in crisp articulation with a full, dark sound.

© Vandoren

Anche et bec

L'anche est en interaction avec un bec

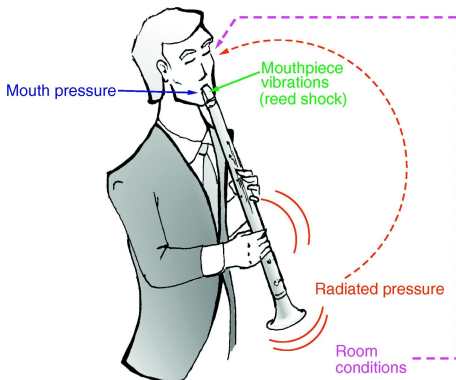


- L'anche (système 1D) s'enroule sur le bec (non linéarité)
- L'anche crée des chocs sur le bec
- L'anche (système 2D) s'écrase à l'intérieur du bec (plaque encastrée sur les bords)

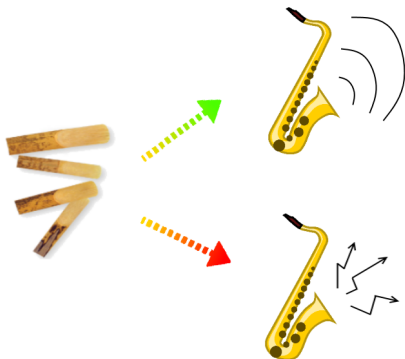
Exemple : simulation numérique d'une anche en mouvement (F Avanzini, *Computational Issues in Physically-based Sound Models*, PhD thesis, Universit'a degli Studi di Padova, 2001).

Effets sur le musicien

- Pression dans la bouche
- Sensation auditive par conduction aérienne
- Sensation auditive par conduction osseuse (vibrations)
- Autres...



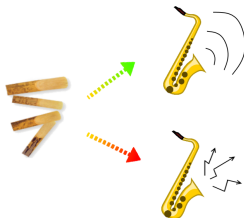
Problématique



- Anches de même force, même coupe, même marque
- Différences de qualité dans les anches perçues par les musiciens.

Objectif

Recherche d'indicateurs de qualité d'anches simples par approches objectives et subjectives



- Est-il possible de trouver un espace perceptif à plusieurs dimensions indépendantes (facilité d'émission, timbre, homogénéité, intonation, ...)?
- Est-ce possible d'expliquer ces différences perçues grâce à des mesures objectives ?

Travaux réalisés

- Collaboration entreprise Vandoren (2004-2007) (*confidentiel de 2004 à 2014*)
- Thèse Thomas Guimezanes (2008) (*confidentiel de 2004 à 2014*)
- Projets étudiants (Deust, Licence SPI, ENSIM)
- Collaboration CIRMMT (Université Mc Gill) (2012)
- Stage Master 2 Ewen Conan + divers stages étudiants DUT
- Thèse Alberto Munoz (2017)
- Thèse Pierre André Taillard (5 juillet 2018)

Organisation des Travaux

- 1 **Recherche de descripteurs subjectifs indépendants et pertinents pour un ensemble de musiciens \rightarrow dimensions de l'espace perceptif**

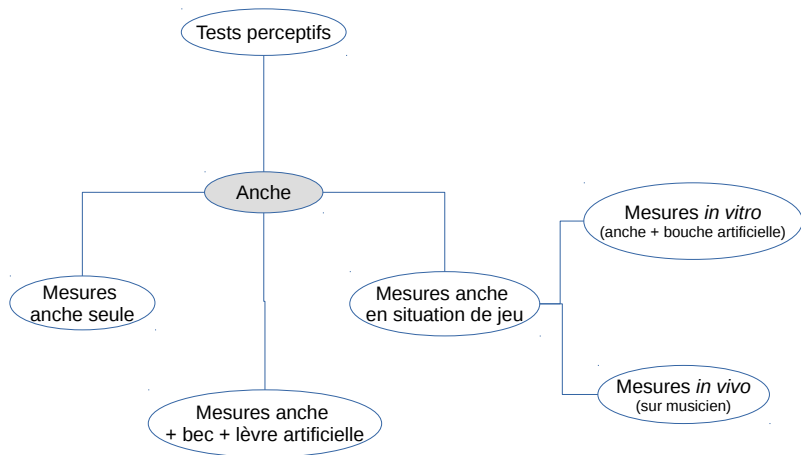
Organisation des Travaux

- 1 Recherche de descripteurs subjectifs indépendants et pertinents pour un ensemble de musiciens \rightarrow dimensions de l'espace perceptif
- 2 **Caractérisations d'anches in vitro**
 - Anche seule : mesures statiques ou vibratoires.
 - Anche + bec + lèvre artificielle
 - Mesures statiques ou quasi-statiques
 - Estimation de paramètres (signal, anche) en situation de jeu artificiel

Organisation des Travaux

- 1 Recherche de descripteurs subjectifs indépendants et pertinents pour un ensemble de musiciens \rightarrow dimensions de l'espace perceptif
- 2 Caractérisations d'anches *in vitro*
 - Anche seule : mesures statiques ou vibratoires.
 - Anche + bec + lèvres artificielle
 - Mesures statiques ou quasi-statiques
 - Estimation de paramètres (signal, anche) en situation de jeu artificiel
- 3 **Caractérisations d'anches in vivo (sur musicien)**
 - Estimation d'indicateurs objectifs sur les signaux produits
 - Estimation de paramètres équivalents à l'anche en situation de jeu réel

Organisation des Travaux



Plan

- 4 Tests perceptifs
 - Contexte, objectif
 - Etat de l'art
 - Formalisation du Problème
 - Anches de clarinette
 - Anches de saxophone
 - Conclusion

- De nombreux descripteurs subjectifs peuvent caractériser une anche
- Exemples
 - Facilité
 - Résistance
 - Projection
 - Bruit de souffle
 - Homogénéité
 - ...
- Quels descripteurs sont les plus pertinents?

Plan

- Contexte, objectif
- **Etat de l'art**
- Formalisation du Problème
- Anches de clarinette
- Anches de saxophone
- Conclusion

Descripteurs utilisés dans la littérature (1/3)

- Qualité globale (bon - mauvais)
 - 80 anches de clarinette, 10 musiciens [Casadonte, 1995]
 - 150 anches de clarinette, 2 musiciens [Kolesik, 1998]
 - 24 anches de clarinette, 2 musiciens [Pinard, 2003]
 - 25 anches de saxophone ténor, 1 musicien [Chandra Mukhopadhyay, 2007]
 - 2 anches de clarinette, 1 musicien ? [Stetson, 2014]
- Pas d'analyse formelle du consensus entre musiciens

Descripteurs utilisés dans la littérature (2/3)

- Descripteurs généraux
 - 80 anches de clarinette, 10 musiciens [Casadonte, 1995]
 - 1 Dark vs. bright (timbre)
 - 2 Soft vs. hard (strength)
 - 3 Buzzy vs. fluid (noise)
 - 4 Squeaky vs. stable (stability)
 - 5 Weak-bodied vs. full-bodied (acoustic strength)
 - 10 anches de clarinette, 32 musiciens [Obataya, 1999]
 - 1 Sonority (Nari, in Japanese),
 - 2 Richness (Yutakasa),
 - 3 Softness (Yawarakasa) of tone,
 - 4 Ease of vibration (Shindo- shiyasusa),
 - 5 Response (Han-no no yosa)

Descripteurs utilisés dans la littérature (3/3)

- Mesure de l'*aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques de l'anche à satisfaire des exigences* (définition de la qualité).
- Utilisé par [Kolesik, 1998] pour 150 anches de clarinette évaluées par 2 musiciens.
 - ① Ability to produce a clear tone over the range of the instrument;
 - ② Ability to produce clear and rapid articulations over the range of the instrument;
 - ③ Ability to produce smooth slurs between high and low notes;
 - ④ Ability to play the note F6 (clarinet Pitch) with the conventional fingering in tune;
 - ⑤ Ability to play the note A6 easily and in tune;
 - ⑥ Ability to play without great effort upward to C7.

Bilan

- Difficulté de comparer des indicateurs dans des langues différentes pour des musiciens de cultures différentes
- Pas d'analyse de robustesse des musiciens. Les musiciens sont-ils répétables à l'aveugle?
- Existe-t-il un effet significatif de l'anche?
- Pas d'analyse de consensus entre musiciens. Le descripteur utilisé est-il évalué de la même façon par tous les musiciens?
- Combien de descripteurs sont indépendants? Quelle est la dimension de l'espace perceptif?

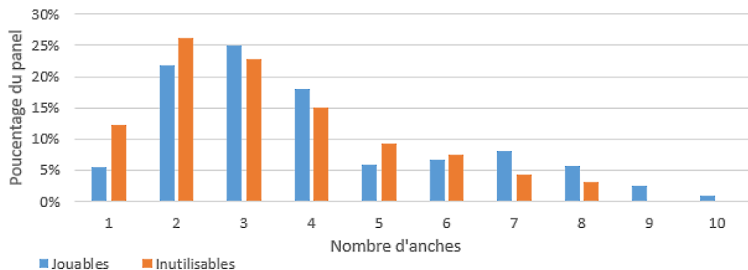
Tests subjectifs

- Objectif : Déterminer le nombre de descripteurs subjectifs indépendants pour construire un espace perceptif caractérisant les anches
- Moyens utilisés
 - Définir un vocabulaire commun aux différents musiciens
 - Faire évaluer différents descripteurs à différents musiciens soumis à N anches
 - Vérifier la robustesse des musiciens
 - Etudier le nombre de dimensions indépendantes
 - Proposer des noms de descripteurs pertinents

Qualité perçue des anches

Enquête auprès de 375 clarinettes et saxophonistes.

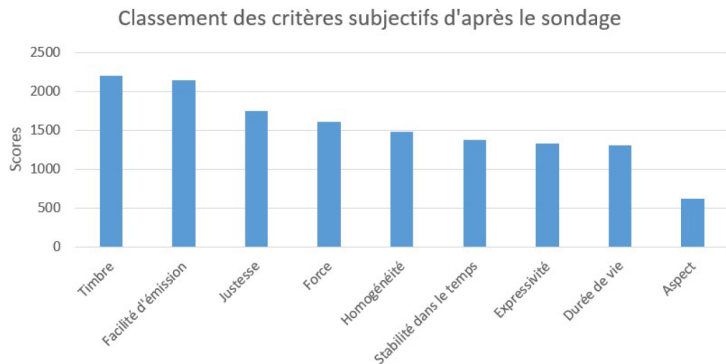
Représentation des jugements de qualités d'anches contenues dans une boîte de 10 anches



Sur une boîte de 10 anches, 3 sont jouables en concert, 2 sont injouables

Qualité perçue des anches

Classer les critères subjectifs d'une liste selon leur pertinence pour décrire la qualité des anches



Timbre et **facilité d'émission** sont les deux principaux descripteurs de la qualité des anches.

Plan

- Contexte, objectif
- Etat de l'art
- Formalisation du Problème
- **Anches de clarinette**
- Anches de saxophone
- Conclusion

Travaux sur les anches de clarinette

- Contexte : contrat avec l'entreprise Vandoren (2004-2007)
- Test avec un musicien expert
- Echantillons
 - 1 série de 50 anches de force 3, 5
 - 3 x 50 anches de force 3, 5 et de raideur très proche.

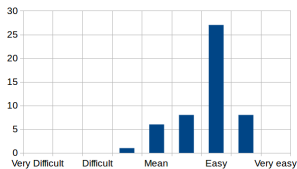
B. Gazengel, J. P. Dalmont, and J. F. Petiot, "Link between objective and subjective characterizations of Bb clarinet reeds," Appl. Acoust., vol. 106, 2016.

Résultats Série 1

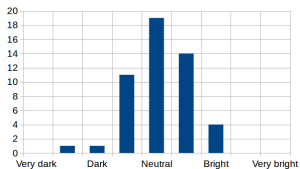
Conditions de test

- 50 anches de force 3,5
- Même coupe, même marque

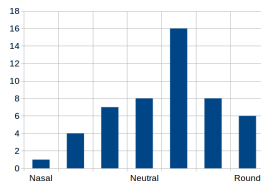
Résultats



Facilité d'émission



Brillance

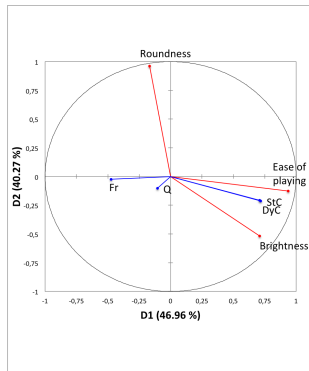


Rondeur

Il existe une variabilité perceptive pour cette série d'anches donnée comme "identiques" ou proches.

Analyse ANOVA : effet produit significatif (Facilité d'émission > Timbre > Rondeur)

Analyse en composantes principales



Espace perceptif à deux dimensions (87 % de variance) :

- Dimension 1 (47 % variance): expliquée principalement par facilité d'émission et brillance (fortement corrélés)
- Dimension 2 (40 % variance) : expliquée principalement par rondeur

Résultats Série 2

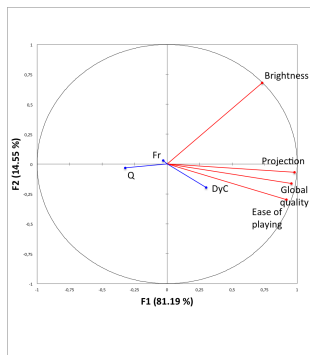
Conditions de test

- 3 x 50 anches de force 3, 5, raideur très proche ($\pm 1\%$)
- 3 coupes différentes (56, V12, Bb), même marque
- Descripteurs : facilité d'émission, brillance, projection, qualité globale

Résultats

- Analyse ANOVA : effet produit significatif sauf pour la coupe 56 et le descripteur brillance.
- Taux de reconnaissance des coupes à l'aveugle : 100 % (56), 96 % (V12), 99 % (Bb).

Analyse en composantes principales



Espace perceptif à deux dimensions (95 % de variance) :

- Dimension 1 (81 % variance): expliquée principalement par facilité d'émission, projection et qualité globale (fortement corrélés)
- Dimension 2 (14 % variance) : difficilement expliqué principalement par brillance

Plan

- Contexte, objectif
- Etat de l'art
- Formalisation du Problème
- Anches de clarinette
- **Anches de saxophone**
- Conclusion

Travaux sur les anches de saxophone ténor (1)

Contexte : collaboration avec G Scavone et S Mac Adams (CIRMMT, Université McGill, Montréal)

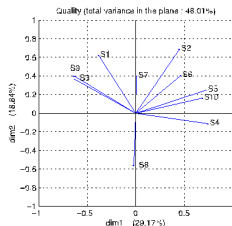
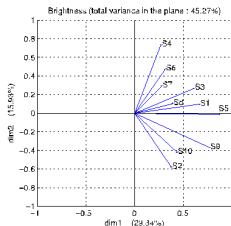
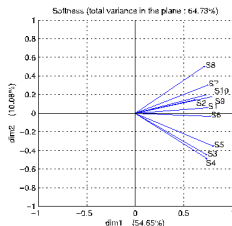
Conditions de test

- Tests avec 10 musiciens sur 2 sessions
- Echantillons : 1 série de 20 anches de force 2, 5.
- descripteurs : Softness (facilité d'émission), Brightness (timbre), Global quality

J.-F. J. F. Petiot, P. Kersaudy, G. Scavone, S. McAdams, and B. Gazengel, "Investigation of the relationships between perceived qualities and sound parameters of saxophone reeds," *Acta Acust. united with Acust.*, vol. 103, no. 5, pp. 812–829, 2017.

Résultats

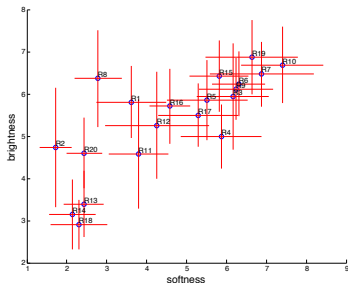
Analyse "Consonance" à partir des analyses en composantes principales



- Softness : assez bon accord des musiciens (54% variance axe 1)
- Brightness : accord moyen des musiciens (29% variance axe 1)
- Global quality : pas d'accord et même désaccord.

Configuration consensuelle

- Etude des indicateurs Softness et Brightness.
- Moyenne des valeurs des descripteurs sur les 10 musiciens et les 2 sessions



- Espace à deux dimensions
- Corrélation entre Softness et Brightness
- Les musiciens sont plus en désaccord sur l'indicateur brightness pour les anches difficiles.

Travaux sur les anches de saxophone ténor (2)

Contexte : thèse Alberto Muñoz (soutenue septembre 2017)

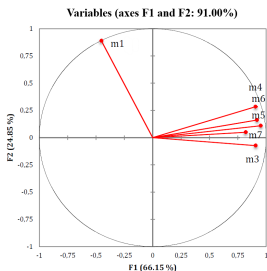
Conditions de test

- Tests avec 7 musiciens niveau amateur à professionnel, style classique ou jazz
- Echantillons : 1 série de 20 anches, 2 marques, 2 coupes, même force
- descripteurs : Facilité d'émission, timbre, qualité globale

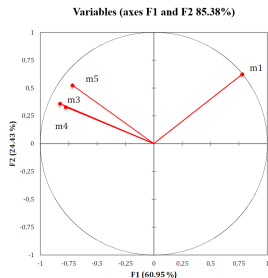
ARANCÓN, Alberto Muñoz. New techniques for the characterisation of single reeds in playing conditions. 2017. Thèse de doctorat. Université du Maine.

Résultats

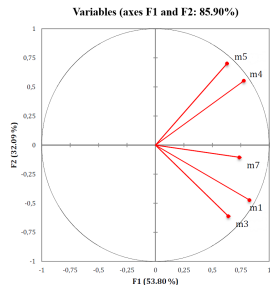
- Analyse du pouvoir discriminant des musiciens (au niveau individuel) : retrait des données pour lesquelles les évaluations sont non significatives
- Analyse en composantes principales



Facilité d'émission. m1 : sujet dissident, consensus entre les autres



Timbre. m1 : sujet dissident, consensus entre les autres

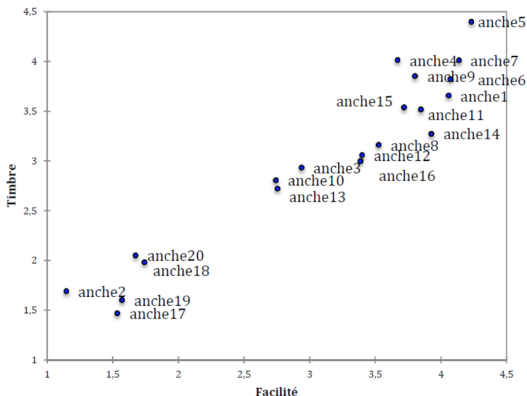


Qualité globale, consensus plus faible/autres descripteurs

Espace perceptif

Caractérisation des anches par le panel

- 2 dimensions retenues : facilité d'émission et timbre
- Moyenne des évaluations du panel
- Dimensions très corrélée ($r=0,95$)



Conclusion (1)

- Anches de clarinette Sib : tests perceptifs avec un expert
 - Espace perceptif à deux dimensions pour 50 anches de même force (facilité d'émission - timbre, rondeur)
 - Espace perceptif à une dimension principalement pour 3 x 50 anches de même force et de raideur très proche (facilité d'émission - projection - qualité globale)
- Anches de saxophone ténor : tests perceptifs avec 10 musiciens (Montréal) et avec 7 musiciens (Le Mans)
 - Facilité d'émission : indicateur consensuel, timbre : indicateur moyennement consensuel, qualité globale : pas de consensus
 - Espace perceptif à 1 dimension principalement (facilité d'émission - timbre)

Conclusion (2)

- Perceptivement les anches sont caractérisées principalement par une dimension unique (facilité d'émission ou timbre).
- Reste à définir d'autres indicateurs subjectifs pour décrire plus finement la sensation des musiciens (“rondeur” ?).

Plan

- 5 Mesures in vitro
 - Etat de l'art
 - Mesures dynamiques
 - Conclusion

Comment caractériser une anche?

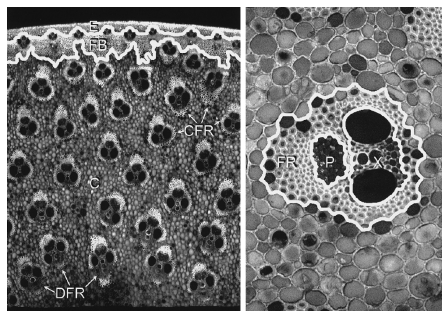
- Systèmes potentiellement étudiés
 - Anche seule
 - Anche + bec
 - Anche + bec + lèvres
 - Anche + bec + lèvres + musicien
 - Anche + bec + lèvres + bouche artificielle
 - Autre
- Pour quels déplacements ?
 - Faibles déplacements (quelques micromètres),
 - Forts déplacements (de l'ordre du mm).

Comment caractériser une anche?

- Nature de l'excitation
 - Force ponctuelle.
 - Charge répartie (pression).
- Type d'excitation
 - En statique (grandeurs qui ne dépendent pas du temps)
 - En quasi-statique (grandeurs qui dépendent lentement du temps)
 - En dynamique (grandeurs qui dépendent du temps)
 - En excitation forcée (pot vibrant, haut-parleur, marteau d'impact)
 - En auto-oscillations (musicien, bouche artificielle)
- Méthodes de mesure
 - Mécanique (mesures force / déplacement)
 - Mécanique des fluides (mesures de pression / débit)
 - Optique (champ de déplacement, transparence de l'anche, ...)
 - Thermique (champ de contraintes)

Étude anatomique

- Anches de clarinette
- Analyse de la structure du roseau

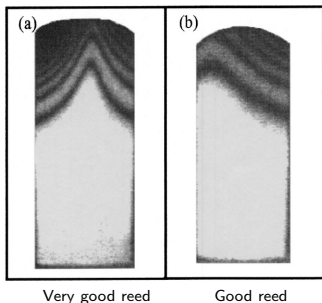


- Les différences de la qualité globale de l'anche peuvent être associées aux différences d'anatomie des fibres de la partie interne du roseau.
- Différences significatives statistiquement.
- Méthode destructive

Anatomical characteristics affecting the musical performance of clarinet reeds made from *Arundo donax* L.(Gramineae). P. Kolesik, A. Mills and M. Sedgley. *Annals of Botany*, vol 81 n 1 pages 151–155, 1998

Méthodes optiques (1)

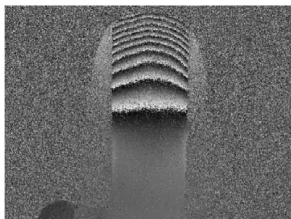
- Anches de clarinette
- Analyse de la déformée vibratoire de l'anche par holographie



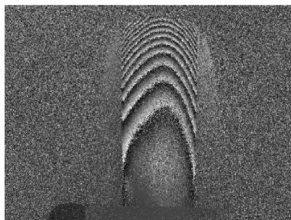
Relation entre l'existence et la symétrie du premier mode torsion et la qualité globale.

Pinard, Fabrice and Laine, Benoit and Vach, Holger. Musical quality assessment of clarinet reeds using optical holography. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113:1736, 2003.

Méthodes optiques (2)



(a) Static displacement of a good reed



(b) Static displacement of a mediocre reed.

- Analyse vibratoire : résultats non conformes à ceux de [Pinard, 2003]
- Analyse de déformée statique : classification bonne/mauvais pour 2 anches (!)

K. A. Stetson, "Study of clarinet reeds using digital holography," Opt. Eng., vol. 53, no. 11, p. 112305, 2014.

Bilan

- Mesures anatomiques, vibratoires ou de déformées statiques
- Pas de consensus entre les résultats des mesures vibratoires [Pinard (2003)] / [Stetson (2014)]

Bilan

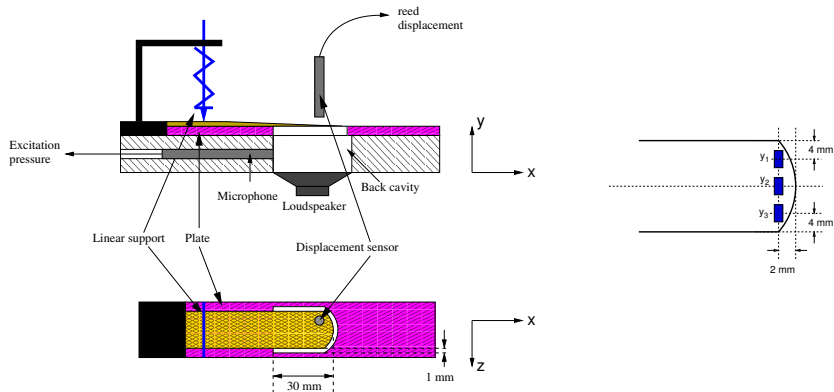
- Mesures anatomiques, vibratoires ou de déformées statiques
- Pas de consensus entre les résultats des mesures vibratoires [Pinard (2003)] / [Stetson (2014)]
- Piste suivie en s'appuyant sur les travaux de Pinard (2003) au début du projet (2004) : analyse vibratoire de l'anche seule (pour un grand panel d'anches)

Plan

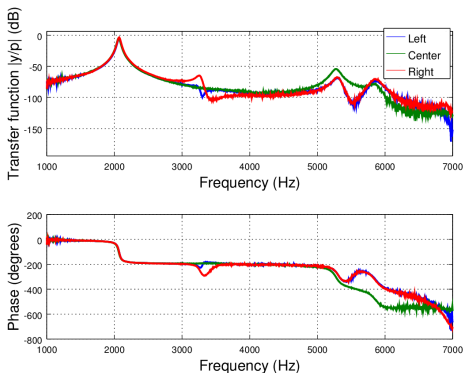
- Etat de l'art
- **Mesures dynamiques**
- Conclusion

Mesures vibroacoustiques

- Contexte : contrat avec l'entreprise Vandoren (2004-2007)
- Objectif : développer un banc de mesure industriel pour la caractérisation automatique



Estimation des caractéristiques des anches



- 3 points de mesure
- Identification de 4 modes (3 × 4 paramètres)
- 36 paramètres par anche

Résultats

- Etude de deux séries d'anches (50 anches force 3.5, 3 x 50 anches force 3.5 raideur $\pm 1\%$).
- Mesure de raideurs statiques (banc industriel) et des paramètres modaux.
- Critères analysés : raideur statique, 36 paramètres modaux
- Critères conservés : raideur statique, raideur dynamique (estimée sur le mode 1)
- Recherche de corrélation avec les descripteurs subjectifs

Résultats

50 anches force 3.5

	StC	DyC	Fr	Q
Brightness	0,56 (***)	0,52 (***)	-0,28	-0,03
Ease of playing	0,74 (***)	0,75 (***)	-0,47 (***)	-0,08
Roundness	-0,35 (*)	-0,36 (*)	0,08	-0,08

* $p < 0.05$ - ** $p < 0.01$ - *** $p < 0.001$

Coefficient de corrélation linéaire

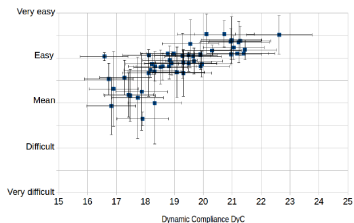
3 x 50 anches force 3.5 raideur $\pm 1\%$

	DyC	Fr	Q
Brightness	0,10	0,01	-0,25
Projection	0,27	-0,05	-0,30 (*)
Ease of playing	0,41 (**)	0,01	-0,23
Global quality	0,27	-0,07	-0,38 (**)

* $p < 0.05$ - ** $p < 0.01$ - *** $p < 0.001$

Coefficient de corrélation linéaire

50 anches force 3.5



Conclusion

- Anches de même force : explication de la facilité d'émission par raideur statique ou raideur dynamique
- Anches de raideur identique : explication de la facilité d'émission par la raideur dynamique (effet significatif)

Conclusion

- Anches de même force : explication de la facilité d'émission par raideur statique ou raideur dynamique
- Anches de raideur identique : explication de la facilité d'émission par la raideur dynamique (effet significatif)
- La mesure dynamique n'explique pas mieux le critère facilité d'émission (ou timbre) que la mesure statique pour des anches de raideurs statiques différentes
- La mesure dynamique peut expliquer le critère facilité d'émission (ou timbre) pour des anches de raideurs très proches.

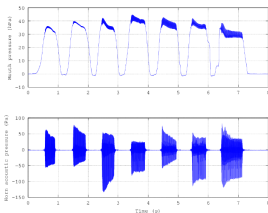
Gazengel, B., Dalmont, J. P., & Petiot, J. F. (2016). Link between objective and subjective characterizations of Bb clarinet reeds. *Applied Acoustics*, 106, 155-166.

Plan

- 6 Mesures in vivo (sur musicien)
 - Indicateurs “signal”
 - Paramètres équivalents de l’anche

Indicateurs "signal"

- Question : les indicateurs objectifs obtenus à partir des signaux de pression (dans le bec, rayonnée) traduisent-ils les sensations des musiciens?
- Expérience réalisée
 - Tests perceptifs : 10 musiciens, 20 anches (collaboration McGill)
 - Tests objectifs
 - Jeu des 20 anches, pour 6 notes, sans attaque
 - Mesures de la pression dans la bouche, pression rayonnée au pavillon pour 1 musicien expert en 2 sessions
 - Estimation des paramètres de jeu (pression de seuil, pression statique moyenne, CGS, ...)



Résultats

Table IV. Correlation coefficients between the perceptual descriptors and the acoustical variables (musician A) and significance test.

Variable	<i>AtT</i>	<i>SC</i>	<i>OSC</i>	<i>ESC</i>	<i>OER</i>	<i>Lv</i>	<i>TR1</i>	<i>TR2</i>	<i>TR3</i>	<i>TR4</i>	<i>PTh</i>	<i>StP</i>	<i>Eff</i>
<i>Softness</i>	-0.03	0.54	0.50	0.58	-0.44	-0.70	-0.27	-0.29	0.57	0.33	-0.73	-0.73	0.28
<i>Brightness</i>	-0.08	0.72	0.71	0.71	-0.21	-0.65	-0.48	-0.21	0.76	0.41	-0.78	-0.81	0.44

Modèles explicatifs des descripteurs subjectifs :

- Softness (facilité d'émission) : pression de seuil
- Brightness (Brillance) : pression de seuil, CGS. A confirmer (incertitudes trop importantes).

- Paramètre objectif les plus important : pression de seuil.
- Performance d'un modèle utilisant uniquement la pression de seuil pour classer les anches (3 classes)

Table VII. Confusion matrix for the prediction of the "softness classes" by the MLR model s_{03} and performance measures of the classifier.

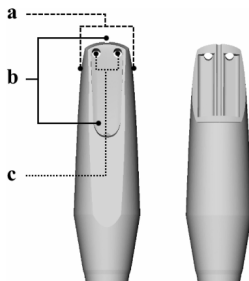
		Predicted		
		Hard	Medium	Soft
Observed	Hard	3	3	0
	Medium	0	5	0
	Soft	0	3	6
	<i>precision</i>	1	0.45	1
	<i>recall</i>	0.5	1	0.66
	<i>F_measure</i>	0.66	0.62	0.8
<i>Avg_precision</i>		0.81		
<i>Avg_recall</i>		0.72		
<i>Avg_F_measure</i>		0.69		
<i>CCR_{soft}</i>		14/20 = 70%		

- Bon classement des anches extrêmes
- Confusion sur les anches "moyennes"
- Nécessité de faire des mesures individuelles.

Petiot, J. F., Kersaudy, P., Scavone, G., McAdams, S., & Gazengel, B. (2017). Investigation of the Relationships Between Perceived Qualities and Sound Parameters of Saxophone Reeds. *Acta Acustica united with Acustica*, 103(5), 812-829.

Estimation des paramètres équivalents de l'anche

- Bec instrumenté et système d'étalonnage pour la mesure de déplacement de l'anche et de la différence de pression
- Analyse de la pertinence des modèles physiques d'anche
- Application à la caractérisation d'anches et à la pédagogie instrumentale

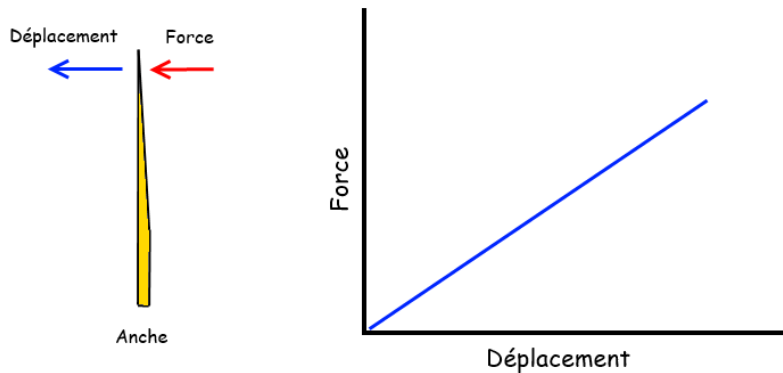


- (a) accéléromètres
 (b) capteurs de pression (bouche du musicien, bec)
 (c) phototransistors (mesure de la position de l'anche)

Muñoz Aracón, A., Gazengel, B., Dalmont, J. P., & Conan, E. (2016). Estimation of saxophone reed parameters during playing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(5), 2754-2765.

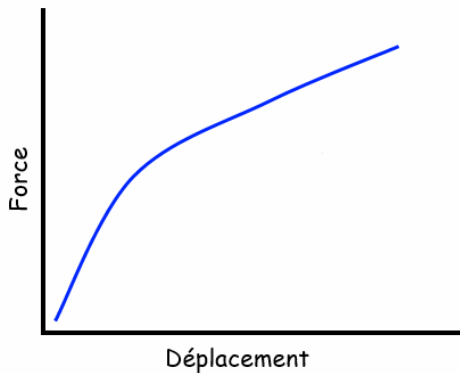
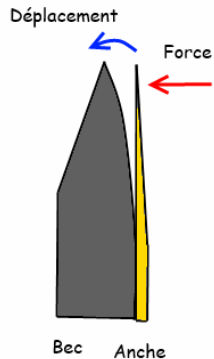
Modèles physiques de l'anche

Modèle de raideur (faibles déplacements, statique)



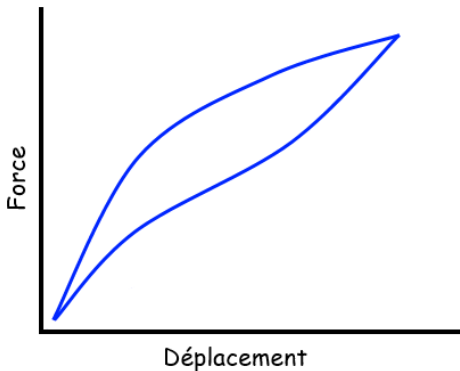
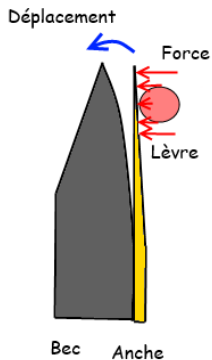
Modèles physiques de l'anche

Modèle de raideur variable (forts déplacements, statique)



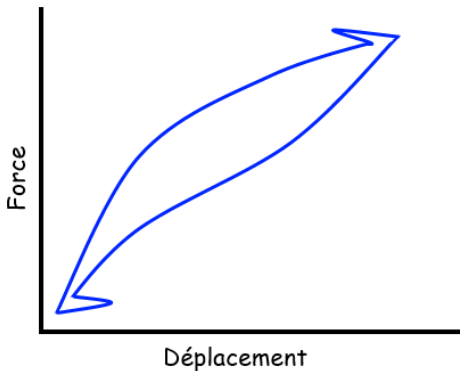
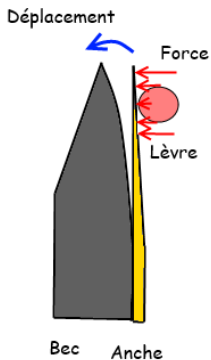
Modèles physiques de l'anche

Modèle de raideur variable avec amortissement (forts déplacements, dynamique).



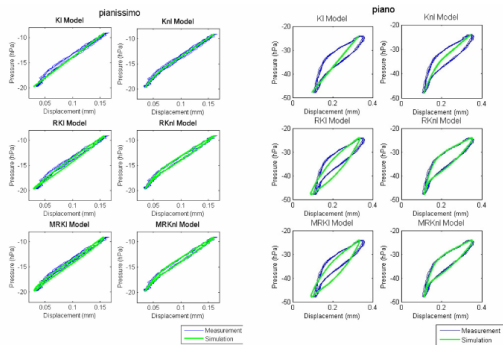
Modèles physiques de l'anche

Modèle de raideur variable avec amortissement et inertie (forts déplacements, dynamique).



Identification de paramètres d'anche "in vivo"

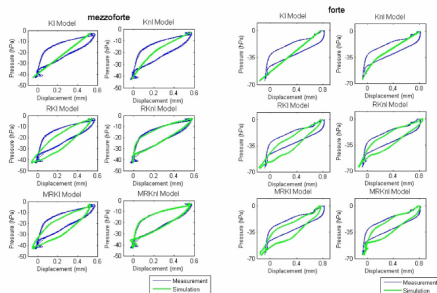
Nuances "pianissimo" et "piano"



- Modèle de raideur valide à très faible nuance
- Modèle de raideur non linéaire nécessaire
- Modèle de raideur non linéaire + amortissement réaliste pour la nuance *piano*

Identification de paramètres d'anche "in vivo"

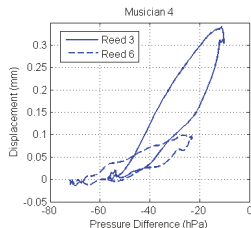
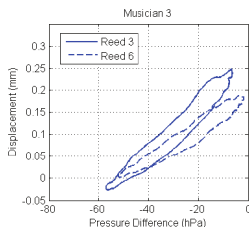
Nuances "mezzoforte" et "forte"



- Modèle de raideur non linéaire + amortissement réaliste pour des nuances *mf*
- Modèle de raideur non linéaire + amortissement + masse n'est pas utile
- Nuance *forte* : modèle incomplet ne prenant pas en compte la physique complexe

Application à différents musiciens

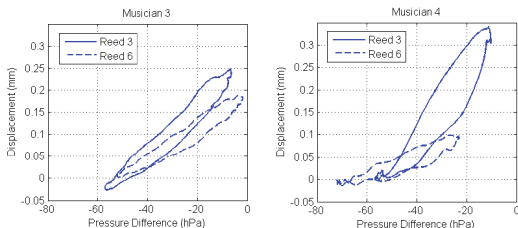
- Utilisation du bec instrumenté pour 7 musiciens / 20 anches
- Grande variabilité de gestes musicaux et des stratégies de jeu



Stratégies de jeu pour 2 musiciens et 2 anches ("reed 3" : facile, "reed 6" : difficile)

Application à différents musiciens

- Utilisation du bec instrumenté pour 7 musiciens / 20 anches
- Grande variabilité de gestes musicaux et des stratégies de jeu



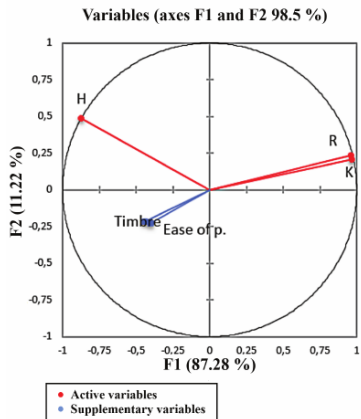
Stratégies de jeu pour 2 musiciens et 2 anches ("reed 3" : facile, "reed 6" : difficile)

- Difficultés expérimentales pour certains musiciens (gêne due au bec instrumenté, bouchage des capteurs, humidité)
- Difficulté d'estimation des paramètres d'anche pour certains signaux

Application à différents musiciens

Résultat pour musicien 4

- Raideur et amortissement fortement corrélés pour ce musicien
- Problème principalement à une dimension
- Faible corrélation avec les descripteurs subjectifs



Plan

- 7 Conclusion
 - Descripteurs subjectifs
 - Indicateurs objectifs

Bilan des tests perceptifs

- Descripteur “qualité globale”
 - Non consensuel pour un panel de musiciens.
 - Descripteur non retenu
- Descripteurs généraux
 - Enquête auprès de 370 musiciens : deux descripteurs “facilité d’émission”, “timbre”
 - Résultats des tests perceptifs
 - Ces deux indicateurs sont très corrélés → une seule dimension *a priori*
 - Dimension 1 : indicateurs facilité d’émission, timbre, projection
 - Dimension 2 : rondeur (pour un musicien expert)
- Conclusion
 - Un seul descripteur pertinent pour un panel de musiciens (facilité d’émission)
 - Descripteur validé pour les anches de clarinette et saxophone ténor

Tests perceptifs : perspectives

Descripteurs à explorer : aptitudes d'une anche à produire un geste musical particulier

- Test par un musicien expert (thèse P.A. Taillard, soutenance juillet 2018)
- Tests à réaliser par un panel de musiciens (robustesse, consensus, ...)

Bilan des mesures *in vitro*

Mesures sur anches seules

- Mesures de raideurs statique et dynamique
- Anches de raideurs différentes : corrélation $R = 70\%$ facilité d'émission - raideur statique (ou dynamique)
- Anches de raideurs très proches : la mesure dynamique peut apporter une contribution significative

Mesures *in vitro* : perspectives

Utilisation d'une embouchure artificielle (bec, lèvre, anche)



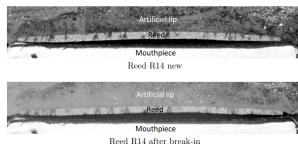
Mesures *in vitro* : perspectives

Utilisation d'une embouchure artificielle (bec, lèvres, anche)



Pierre-André TAILLARD, "Theoretical and experimental study of the role of the reed in clarinet playing," Thèse de doctorat, Le Mans Université, 2018.

- Mesure de la hauteur canal anche-table
- Estimation de la section d'entrée de l'air
- Mesure du diagramme de bifurcation



Autres perspectives

- Identification des paramètres d'anches à l'aide du bec instrument (configurations *in vivo* et *in vitro* sur bouche artificielle). Difficulté : robustesse du bec instrumenté avec des musiciens.
- Utilisation de la bouche artificielle pour extraire d'autres paramètres (travaux en cours sur des becs imprimés en 3D, collaboration Startup SYOS)