

PARCOURS MASTER 2
ATiAM
Parcours multi-mentions du Master Sciences et Technologies
Université Pierre et Marie Curie - Paris 6
en collaboration avec TELECOM ParisTech et l'Ircam

Corrélation entre les propriétés acoustiques et perceptives du violon

Antonio CARDENAS

Sous la direction de :
Dr. Claudia Fritz
Dr. Danièle Dubois

*LAM-équipe "Lutherie-Acoustique-Musique" de
l'Institut Jean Le Rond D'Alembert (IJLRDA)
Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.*

Juin 2009
Paris - France

*"...still the most meaningful way to evaluate the tone and playing qualities
of an instrument is to hand it to a fine player and listen to what he or she
says and does not say about it."*

C.M. Hutchins

Dédié à Maurice Hasson,
qui m'a fait écouter un vrai violon pour la première fois.

Remerciements

Agradezco antes que nada a mis padres y a mi hermana. Gracias por el apoyo incondicional que siempre me han dado, son demasiado especiales!

Je tiens à remercier :

Claudia : merci pour ta super patience, ta compréhension, tes enseignements et tes encouragements!(surtout ces derniers temps...) En plus des cours de français gratuits! Ce rapport et tout ce que j'ai appris ne seraient rien sans tout ton support. Sincèrement merci!

Danièle : merci aussi pour tous ces apprentissages, de m'avoir fait voir encore plus combien les gens sont compliqués! De toujours m'encourager et aider, avec ta vision 'cool' de la vie. Il faut bien vivre, ça c'est vrai! De prendre ton temps pour discuter avec cette 'tête de scientifique' et essayer de lui faire comprendre la vision 'humaniste' des choses...

Hugues : merci de m'avoir accueilli dans ton labo! Bon, c'est le labo de tous ceux qui étaient déjà là; mais, en tant que représentant, les honneurs sont à toi!

Catherine : une mention spéciale en ton honneur pour avoir supporté toutes les difficultés administratives que je t'ai fait subir. Tu as toujours su trouver une solution. Vraiment merci!

Pascal : Merci beaucoup pour ta disponibilité et pour m'avoir aidé à résoudre tous mes problèmes informatiques!

Le reste du labo pour votre très bon accueil, pour m'avoir intégré dans cette 'maison' et pour toute votre aide : Michèle, Charles, Laurent, Benoît, M. Pollack, Caroline, Luiza, François, Sylvain, Boris, Henri, Fabio, Guillaume, Jean-Loïc... et aussi particulièrement à M. Georges Pauquet (aka.

Geooooooooorges!) pour les leçons de culture française, à M. Gilles Chardon pour la musique contemporaine et à M. Yo Fujiso pour les guitares électriques et les corrections de mon français. Oscar et Hugo pour m'y avoir aidé tellement de fois aussi. Au reste de la 'troupe' de stagiaires, spécialement à Cécile pour m'avoir autant aidé lors de 'my violin quest'!

Tous les musiciens et violonistes qui ont participé a cette étude, et qui ont cru un peu en la science. J'espère que votre curiosité pour les recherches en acoustique ne cessera jamais! Merci beaucoup!

Carlos et Fleur, pour votre aide, confiance et encouragement tout au long de l'année, ainsi qu'au reste des ATIAM!

A Saint-Exupéry pour avoir crée 'Le Petit Prince' qui rira éternellement dans les étoiles.

Table des matières

Introduction	5
1 Etudes sur le violon	6
1.1 Etudes acoustiques	6
1.2 Etudes psychoacoustiques et perceptives	9
1.3 Corrélations acoustico-perceptives	10
2 Les violons virtuels	12
2.1 Méthodologie	12
2.1.1 Influence de l'instrumentiste	12
2.1.2 Influence du luthier	13
2.1.3 Longueur du test	14
2.2 Test préliminaire : durée des sons à utiliser	15
2.2.1 Conception du test	15
2.2.2 Résultats	16
3 Test d'écoute	20
3.1 Choix des mots	20
3.2 Principe de synthèse des stimuli	21
3.3 Déroulement du test	23
3.3.1 Partie A : Discrimination par paires de sons	23
3.3.2 Partie B : Questionnaire descriptif	24
3.3.3 Partie C : Comparaison par paires de sons	25
3.4 Résultats	26
3.4.1 Analyse de la partie A : Discrimination par paires de sons	27
3.4.2 Analyse de la partie B : Questionnaire descriptif	33
3.4.3 Analyse de la partie C : Comparaison par paires de sons	37
4 Conclusion et perspectives	39

Introduction

Depuis une trentaine d'années, le développement de nouvelles méthodes et technologies pour étudier les vibrations physiques, a promu la publication de travaux en acoustique qui nous aident à mieux comprendre le comportement des instruments de musique. Particulièrement, les études sur l'acoustique du violon sont notables. Cependant, presque-aucun de ces travaux n'a combiné les propriétés acoustiques mesurables avec la capacité de percevoir et de qualifier les sons du violon. L'objet du présent travail, commencé par Fritz et coll. [6] il y a trois ans, est d'aller dans cette direction : on veut obtenir une évaluation subjective de la qualité d'un ensemble de violons par des violonistes, et de la relier à des paramètres acoustiques parfaitement identifiables de ces instruments.

Pour cela, on utilisera une réponse acoustique d'un violon de bonne qualité comme base à la création de 'violons virtuels', différant du violon original de manière précise et contrôlée. Ces instruments virtuels seront utilisés pour générer une grande quantité de stimuli sonore différents, employés ensuite dans un test d'écoute s'adressant à des violonistes. Leur évaluation et discrimination de ces stimuli sonores nous permettra de corrélérer leurs impressions et évaluation subjectives avec les propriétés acoustiques contrôlées des violons virtuels.

Ce rapport débutera avec une brève description des recherches faites jusqu'à présent qui s'avèrent pertinentes pour cette étude. Ensuite sera introduite la façon de créer les différents 'violons virtuels' qui serviront à produire les sons nécessaires pour deux tests d'écoute. Le premier test nous permettra de déterminer la longueur utile des stimuli à employer dans le deuxième test, le coeur de ce travail, qui nous permettra de mieux comprendre comment les propriétés acoustiques d'un violon affectent la manière dont son son est perçu par l'auditeur.

Chapitre 1

Etudes sur le violon

Cela fait déjà presque deux siècles de recherches scientifiques continues sur le violon, l'instrument à cordes le plus étudié jusqu'à présent. La mécanique de cet instrument peut sembler simple : le violoniste frotte l'archet sur les cordes pour les faire vibrer, celles-ci exercent une force sur le chevalet qui met en vibration le corps qui rayonne à son tour le son produit. Cette simplicité dans la description de la mécanique de l'instrument cache beaucoup de subtilités qui permettent de distinguer des violons renommés de haute qualité d'autres moins réputés. Jusqu'à présent aucun moyen de mesure quantitatif n'a réussi à décrire ou prédire la qualité du violon de manière fiable. Les travaux menés dans les trois dernières décennies, en utilisant de nouvelles techniques, se basent aussi sur les paramètres qualitatifs du son du violon, en ajoutant des approches psychoacoustiques ou perceptives. C'est dans ce cadre d'étude que le présent travail est fait, comme suite au travail de Claudia Fritz [6] à Cambridge. On va décrire dans ce chapitre quelques unes de ces études, les plus importantes pour la compréhension de ce travail.

1.1 Etudes acoustiques

On s'intéresse ici à la relation qui existe entre un changement de construction du violon et une modification acoustique, c'est-à-dire au changement des propriétés vibratoires quand on modifie physiquement le violon.

Un violon compte soixante et onze pièces différentes, collées ou assemblées les unes aux autres. Chaque partie du violon répond à des exigences acoustiques précises. On distingue principalement deux parties, la caisse de résonance et le manche, auxquels s'ajoutent des éléments amovibles constituant le montage. La fonction de la caisse de résonance est d'amplifier le son

provoqué par la vibration des cordes au dessous d'une fréquence f_d , appelé fréquence limite de diffraction. Au dessus de ce seuil, c'est la table d'harmonie, face supérieure de la caisse de résonance, qui rayonne le son. Les 4 cordes, accordées en Sol-Ré-La-Mi (G3-D4-A4-E5), sont faites généralement en métal ou en métal filé. Elles reposent sur le chevalet qui transmet leur vibration à la table d'harmonie, percée de deux orifices en formes de f appelées ouïes. La face inférieure de la caisse de résonance est communément appelée le 'dos' ou le 'fond'. A l'intérieur du violon, on trouve l'âme et la barre d'harmonie près de l'emplacement du chevalet, qui jouent un rôle primordial des points de vue statique et acoustique en assurant la transmission homogène du son tout en renforçant la structure de l'instrument.

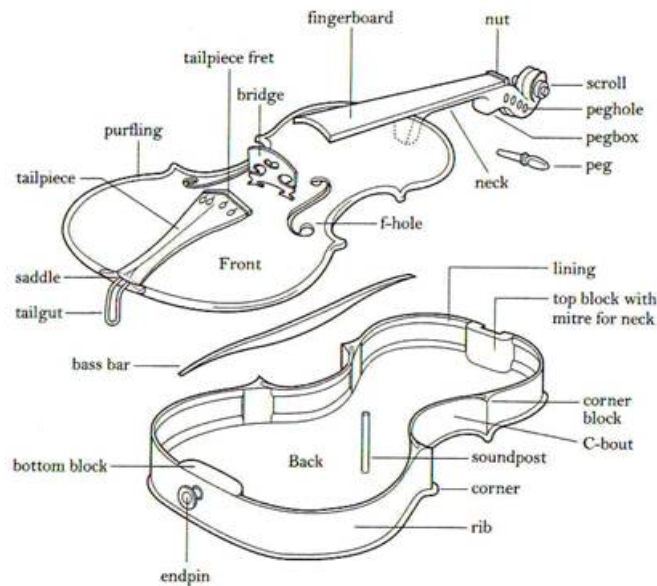


FIG. 1.1 – Les différentes parties du violon

L'aspect le plus important qui détermine la qualité du son d'un instrument à cordes est probablement le comportement vibratoire de son corps. Les vibrations du corps du violon ont été étudiées depuis plus de 150 ans, mais la majorité de notre compréhension du phénomène s'est faite dans les 30 dernières années avec le développement de l'holographie optique et de l'informatique, ainsi que la sophistication des mesures numériques [8].

La première analyse modale du violon a été faite par K.D. Marshall [10], où l'instrument en condition de jeu était suspendu par cinq élastiques, et un petit accéléromètre était collé sur un point de la surface ayant le moins de lignes modales possibles, à savoir sur la barre d'harmonie près du côté de la corde Sol (G) du chevalet. L'instrument été frappé avec un petit marteau, disposant d'un accéléromètre sur sa pointe, sur 190 positions différentes. Les réponses en fréquence ont été calculées entre 0 et 1300 Hz, et les réponses en accélération ont été enregistrées et analysées pour déterminer la fréquence et la déviation des modes. L'analyse supposait que le violon (sans cordes) pouvait être modélisé comme un système de deuxième ordre et son comportement vibratoire pouvait être exprimé comme une somme des modes normaux réels de la structure entière.

Les propriétés du corps du violon ont été aussi notamment étudiées par Lothar Cremer et par Erik V. Jansson. Ces deux chercheurs ont utilisé des interférogrammes pour visualiser les vibrations du corps du violon et identifier et étudier ses modes propres [3, 9]. Les propriétés acoustiques de 25 violons de haute qualité ont été mesurées par Jansson en termes d'admittance au chevalet [9]. L'admittance est une mesure de la réponse du violon aux vibrations de ses cordes. L'objectif de l'étude était de voir s'il y avait des propriétés dans ces violons qui n'existaient pas dans des violons de qualité moyenne. Pour faire l'analyse, les violons étaient placés horizontalement sur deux supports feutrés, disposés sous les extrémités de la caisse de résonance. Un poids couvert de feutre était placé sur les cordes pour amortir les vibrations. Le chevalet était excité par un petit marteau d'impact, mis en place comme un pendule, au niveau du coin du chevalet portant la corde Sol. De l'autre côté du chevalet un petit aimant était collé pour mesurer, à l'aide d'une bobine électrique à noyau de fer placé à proximité de l'aimant, le signal proportionnel à la

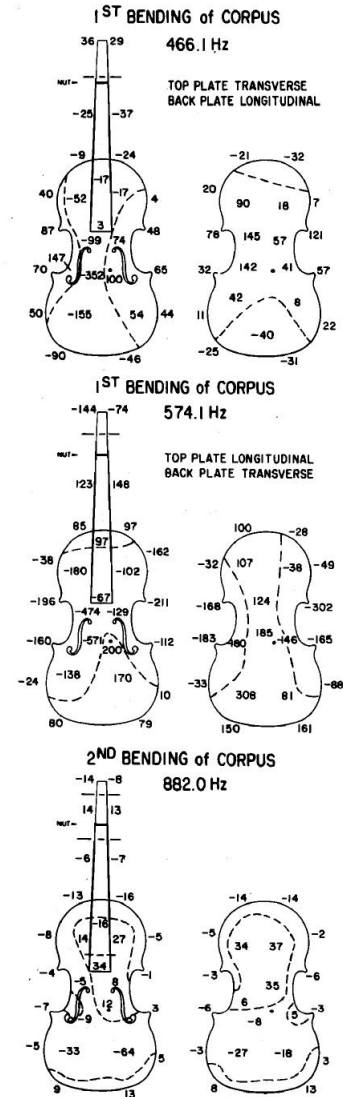


FIG. 1.2 – Modes du corps analysés par Marshall

vitesse de vibration du chevalet. La force d'excitation et la réponse impulsionnelle étaient analysées par un analyseur FFT, et la réponse en fréquence était calculée. Les résultats de cette expérience montrent qu'une prédominance du mode C3 (C pour corps du violon), où la table d'harmonie et le dos vibrent de façon similaire, est probablement un paramètre important dans la réponse en basse fréquence d'un violon de haute qualité.

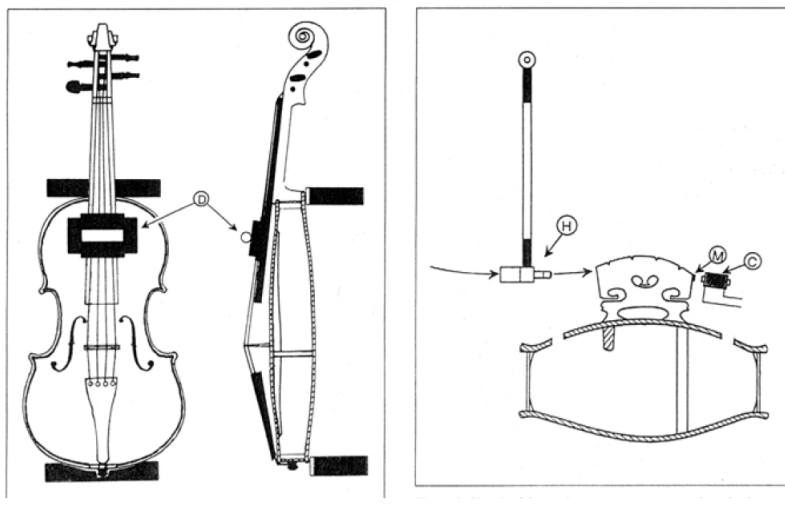


FIG. 1.3 – Expérience de Jansson

L'acoustique du violon a aussi été étudiée par Jim Woodhouse [13, 14]. Une analyse des différentes propriétés physiques qui peuvent être contrôlées dans la conception d'un violon [15] a montré qu'à basses fréquences, il est possible de décrire la vibration du corps du violon en termes de modes individuels et de les contrôler dans la construction. Mais ce contrôle durant la construction est irréaliste à hautes fréquences, car les modes se superposent en fréquence et sont très sensibles à des petits changements dans la construction de l'instrument.

1.2 Etudes psychoacoustiques et perceptives

Les études menées sur le timbre du son du violon ont été principalement conduites empiriquement par Stepanek et Otcenasek [11]. Dans ces recherches, des participants écoutaient des paires de sons de violon sélectionnées de façon à couvrir un espace perceptuel de timbres, et il leur était demandé de décrire spontanément (en tchèque) les différences perçues entre

les deux sons. Ultérieurement, seuls 4 mots tchèques, traduits dans les publications en anglais par ‘sharp’, ‘dark’, ‘clear’ et ‘narrow’, ont été utilisés pour d’autres investigations, dont l’objectif était de corrélérer les propriétés acoustiques du violon avec des caractéristiques qualitatives du timbre déjà identifiées [12].

De façon à poursuivre et compléter ces études en anglais, Fritz et coll. ont sélectionné 61 descripteurs différents utilisés par les violonistes pour décrire le son d’un violon [7]. Il a été demandé à 14 violonistes d’arranger ces mots dans un espace bidimensionnel, de façon à indiquer la similarité et la dissimilarité entre ces mots, dans un contexte de qualité sonore globale du violon. Les résultats interprétés par une analyse multidimensionnelle (MDS) ont mis en évidence trois dimensions (Figure 3.1) selon lesquels s’organisent ces mots, de manière relativement consensuelle : l’équilibre ainsi que le bruit et le contenu en hautes fréquences de l’instrument, la brillance et le caractère réactif de l’instrument, et la profondeur du son.

1.3 Corrélations acoustico-perceptives

Des efforts pour comparer les sons produits par des violons de haute qualité en utilisant différents types de mesures physiques ont été faits par, entre autres, Caldersmith (1985), Matthews (1973) Grabrielsson et Jansson (1979-), C.M. Hutchins (1981, 1982), Leipp et Moles (1959), Saunders (1940), Woodhouse (1974-), Guettler et Askenfelt (1997). Mais ces études, même si elles montrent toutes les réactions physiques mesurables à un changement dans la structure ou la production du son, manquent d’une corrélation directe avec les impressions subjectives perçues en écoutant le son de ces violons.

En se basant sur ses mesures de propriétés acoustiques d’une grande quantité de violons ayant été qualifiés comme étant de qualité très bonne ou moyenne, Dünwald a empiriquement proposé quatre bandes de fréquence importantes, d’après lui, pour déterminer leur qualité sonore : 190-650, 650-1300, 1300-4200 et 4200-6400 Hz [4]. La première bande inclut les harmoniques les plus bas et peut être corrélée à la *richesse* (‘richness’), la deuxième à la *nasalité* (‘nasality’), la troisième à la *brillance* (‘brilliance’) et la quatrième avec la *clarté* (‘clarity’).

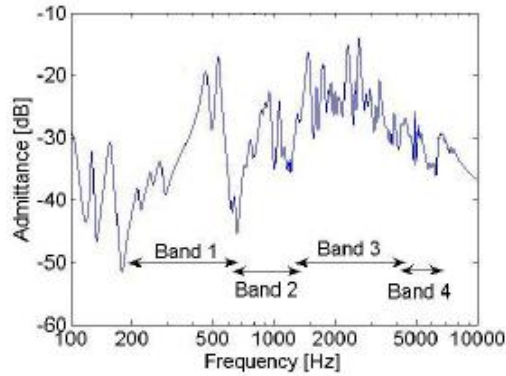


FIG. 1.4 – Bandes de Dünwald

Fritz et coll. ont développé une méthode qui permet d'utiliser le même jeu d'un violoniste sur différents 'violons virtuels', afin d'explorer les relations entre les propriétés acoustiques des violons et les caractéristiques perçues [6]. Des enregistrements d'interprétations réelles ont été faits en mesurant la force induite par la vibration des cordes sur le chevalet, grâce à un capteur piézo-électrique placé sous chacune des cordes, sur le chevalet. Les courbes d'admittance de différents violons ont servi de filtres pour synthétiser les stimuli (voir chapitre 3 pour une explication plus détaillée). Les seuils de détection de modifications en amplitude ou en fréquence de ces courbes d'admittance ont été déterminés. Ces changements en fréquence et en amplitude étaient faits soit pour des modes de vibration isolés, identifiés par des techniques d'identification modale classiques [5], ou pour tous les modes de vibration dans les bandes de fréquence décrites par Dünwald. Un changement de 3 à 6 dB en amplitude et de 1.5 à 20 % en fréquence s'est révélé nécessaire pour que les musiciens puissent percevoir une différence dans le son synthétisé.

Fritz et coll. ont ensuite poursuivi l'étude, en utilisant la même méthodologie, afin de corréliser des descripteurs verbaux (en anglais) avec des modifications acoustiques, en amplitude par bandes d'octave (article en préparation). Le présent travail en est une continuation.

Chapitre 2

Les violons virtuels

L'objectif de ce travail est de contribuer à répondre à la question : "Comment le son est-il modifié si tel ou tel paramètre est modifié dans la construction du violon ? "

Pour cela on veut concevoir un test d'écoute qui nous permette d'utiliser des sons de violons différant dans leur construction, en s'affranchissant de l'influence du jeu du violoniste. On veut aussi trouver une longueur de test raisonnable, où on puisse utiliser une grande quantité de sons. On a ainsi 3 problématiques à résoudre : l'influence de l'instrumentiste, l'influence du luthier et la longueur du test (et par conséquent la longueur des fichiers audio utilisés).

2.1 Méthodologie

L'approche utilisée dans cette étude s'appuie sur le fait que le comportement acoustique des cordes et du corps du violon peuvent être traités séparément [3].

2.1.1 Influence de l'instrumentiste

Pour faire une étude comparative entre instruments de musique, il est important d'exclure les variabilités dues au jeu de l'instrumentiste. Pour cela on utilise la méthode déjà implémentée par Fritz et coll. [6] où des capteurs piézo-électriques, placés sous chaque corde sur le chevalet, enregistrent la force appliquée par la vibration des cordes frottées pendant une interprétation musicale. Les signaux de force ainsi enregistrés permettent de conserver le jeu

du violoniste (attaque, vibrato...) indépendamment du violon joué et servent comme signaux d'entrée pour les 'violons virtuels'.



FIG. 2.1 – Capteurs piézo-électriques sur le chevalet, sous chacune des cordes

2.1.2 Influence du luthier

La modification de paramètres de construction d'un violon peut être réalisée par un luthier. Mais contrôler ces modifications de façon précise est impossible, car un luthier ne peut généralement modifier un seul paramètre à la fois.

Comme la corrélation entre construction et acoustique a été déjà pas mal étudiée (en particulier par Woodhouse), on va simplifier la question posée au début du chapitre par :

"Comment le son est-il modifié si la réponse acoustique du violon est modifiée? "

Pour répondre à cette question, l'approche utilisée dans ce travail est de mesurer la réponse acoustique d'un violon de manière similaire à la méthode développée par Jansson [9] (voir chapitre 1.2), en utilisant, au lieu d'un petit aimant collé au chevalet et une bobine électrique à noyau de fer placé à proximité de celui-ci, un vibromètre laser. Ceci permet d'avoir une meilleure précision sur les mesures en enlevant le poids ajouté par l'aimant sur le chevalet.



FIG. 2.2 – Marteau d’impulsion sur le chevalet

La réponse acoustique du violon ainsi mesurée peut être numériquement modifiée, de façon très précise, reproductible et contrôlable, donnant ainsi naissance à une infinité de ‘violons virtuels’, qui diffèrent du violon de base de manière précisément connue. Ces ‘violons virtuels’ sont alors joués en filtrant les signaux de force enregistrés auparavant (les signaux d’entrée) par leur réponse acoustique en fréquence. Le son de ces violons virtuels est équivalent à celui qu’on entendrait avec l’oreille placée sur le chevalet, c’est-à-dire, sans rayonnement ni acoustique de salle.

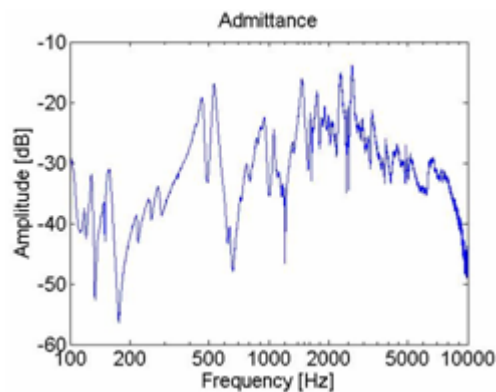


FIG. 2.3 – Admittance mesurée

Le violon de base utilisé dans cette étude est un violon de bonne qualité, dénommé ‘Black’, réalisé par un luthier de Cambridge, David Rubio.

2.1.3 Longueur du test

Cette étude demande la création et l’utilisation d’une grande quantité de sons, chacun correspondant à celui d’un violon virtuel différent. Ceci est nécessaire pour pouvoir réaliser des analyses statistiques pertinentes dans le

cadre d'un test d'écoute conçu comme test de discrimination par paires. Donc chaque extrait écouté doit être suffisamment court pour permettre d'intégrer le plus possible de paires dans le test. On veut par conséquent déterminer quelle est l'influence de la longueur du son écouté sur ce qui est perçu par les participants, et ainsi déterminer la longueur utile des extraits sonores à utiliser. Pour cela un test préliminaire a été mis en place.

2.2 Test préliminaire : durée des sons à utiliser

2.2.1 Conception du test

Cette étude a été réalisée par un test d'écoute en ligne, en français et en anglais, en utilisant le son resynthétisé du violon 'Black' sans modification, jouant les premières notes du troisième thème du Concerto pour violon en La mineur (op.82) de Glazunov. Deux fichiers audio ont été pour cela utilisés : le premier contenait les deux premières notes (stimulus S1 de 3 sec) et n'était qu'une troncature du deuxième, contenant les 6 premières notes du Concerto (stimulus S2, de 6 sec).

Le test a été programmé en HTML et PHP, et mis en place sur un serveur du laboratoire. La mise en page était simple, pour ne pas nuire à la concentration des participants. Il était adressé seulement à des musiciens, violonistes ou non. Un questionnaire au début permettait d'identifier les sujets, leur formation, le type de musique qu'ils écoutent et jouent, ainsi que s'ils enseignent ou pas la pratique de leur instrument. Le mode d'écoute qu'ils utiliseraient pour faire le test était aussi demandé, et l'utilisation de bons casques était suggérée.

Après le questionnaire, il était demandé aux participants d'écouter un fichier audio (correspondant, aléatoirement pour chaque participant, à l'extrait 1 ou 2) et de le décrire (Partie A du test), en répondant à la question :

"Comment, en quelques phrases, qualifieriez-vous ces sons ?"

Les sujets pouvaient réécouter l'enregistrement autant de fois qu'ils le voulaient. Cette procédure était ensuite répétée pour l'autre fichier audio. La même procédure a été utilisée pour la partie B du test, mais cette fois les enregistrements étaient définis comme provenant d'un violon :

"Il s'agit, en fait, de l'exécution d'une partition par 2 violons."
Puis "Comment qualifieriez-vous, en quelques phrases, le son de ce violon ?"

Ceci permet de changer le contexte - avec dans la partie A aucune précision sur les enregistrements, et dans la partie B la précision qu'il s'agissait de violon -, afin de pouvoir étudier les différents descripteurs utilisés suivant le contexte. Enfin, à la fin de la partie B, il était demandé aux sujets :

"Pour vous, ces violons étaient-ils pareils?" (oui ou non)

"Ou étaient-ils différents?" (oui ou non)

"Si oui, en quoi?"

Ceci permet de savoir si la troncature de 6 notes à 2 notes a une influence sur la perception et le jugement du violon (puisque'il s'agissait du même violon).

2.2.2 Résultats

Dans ce travail, seule l'influence de la longueur de l'extrait sonore est importante. Comme le codage de la partie B utilise la même structure que celui de la partie A et que le fait que le test dure 8 ou 15 minutes n'a que peu d'importance pour les participants, nous en avons profité pour obtenir d'autres informations (sur le vocabulaire, l'effet du contexte...) qui seront utiles par la suite à Claudia Fritz et Danièle Dubois. L'analyse exhaustive de toutes les données ne peut entrer dans le cadre de cette étude faute de temps et de compétence en linguistique. Je me contenterai donc ici de donner la réponse à la question qui nous intéresse directement (à savoir la longueur des enregistrements).

Pour le test en français, 41 musiciens ont participé, parmi lesquels 10 sont violonistes et 12 jouent d'un autre instrument à cordes frottées. 23 d'entre eux ont utilisé un casque, les autres ont utilisé les haut-parleurs de leur ordinateur. Les participants ont pris entre 10 et 30 minutes pour répondre à toutes les questions.

L'analyse linguistique faite avec Danièle Dubois consiste, dans un premier temps, à extraire ce que les participants ont entendu à partir des réponses de la partie A. Ceci est résumé dans le tableau ci-après pour les 41 musiciens, les réponses complètes se trouvant en annexe. Rappelons que les extraits sonores étaient joués chacun de façon aléatoire, c'est-à-dire qu'un participant pouvait tomber d'abord sur l'extrait 1 (deux notes) et après sur l'extrait 2 (six notes) ou vice versa.

Extrait Ordre	S1 Écouté en premier	S1 Écouté en second	S2 Écouté en premier	S2 Écouté en second
Son		3	3	3
	violon	7	1	
	corde	4		1
	entretenu	1		
	synthèse/ artificiel/ synthétique	1		2
	précédent			1
Note		1		1
	deux notes	3	1	1
Corps				
	agréable	1		
Début/Extrait				1
	précédent		4	1
Pareil/Même			2	6
	chose		2	
	son		1	
	phrase		1	
Phrase			1	
	6 notes			3
	musicale		1	4
Musique/ mélodie			5	2

FIG. 2.4 – Tableau : Analyse des réponses de la partie A du test.

Ce tableau permet de dégager les tendances suivantes :

Si les deux notes (S1) sont présentées en premier : les participants entendent des sons ou des notes pour le stimulus S1 et puis, pour le stimulus S2, ils entendent encore des sons ou des notes, mais surtout par comparaison. C'est le développement, l'articulation des deux notes dans une phrase musicale, voire le reste d'une mélodie.

Si les six notes (S2) sont présentées en premier : alors, pour le stimulus S2, les participants entendent des sons (3 fois), quelques notes de musique, mais surtout une phrase, une mélodie, de la musique. Dès lors, lorsqu'ils entendent en second les deux notes (stimulus S1), il s'agit du début, de l'incipit, de la même chose mais amputée.

En bref, les participants ne semblent pas être sensibles aux mêmes propriétés physiques dans la simple opposition 2 notes/6 notes. Ils sont, lorsqu'ils entendent 2 notes, sensibles aux caractéristiques des unités qu'ils isolent, tandis qu'ils sont, lorsqu'ils en entendent 6, sensibles à la séquence.

Pour confirmer ce premier résultat, on analyse, dans un deuxième temps, les adjectifs utilisés pour les deux extraits sonores. Pour l'extrait S1 (deux notes), les adjectifs qualifient (avec quelques exemples) :

- le **Son** : pauvre, assez riche, agréable, acidité, graves, feutrés, timbrés, plutôt rond, de violon, à hauteur déterminée...
- la **Note** : le début de la première note manque un peu de corps, présence de hautes fréquences...
- le **Vibrato** : léger, vibrations assez lentes et larges...
- les **Attaques** : pas brutales, ronde, moelleuse...
- le **Timbre** : un peu curieux, rapeux...

Ils qualifient une diversité d'objets sonores (son, note, vibrato, attaques, timbre...). C'est un discours analytique, centré sur l'objet (voire technique) et sur des unités minimales (voire des parties d'unités).

Pour l'extrait S2 (six notes), les adjectifs qualifient (aussi avec quelques exemples) :

- le **Son** : agréable, serein, doux, chaud...
- la **Note** : Manque de richesse, comme si certaines fréquences étaient coupées, changement de couleur de la troisième note...
- le **Corps** : agréable, acidité, effet flûté...
- le **Tempo** : Large...
- la **Phrase musicale** : Mélancolique, tonale, expressive, de style classique ou préromantique...
- la **Musique** : ancienne un peu triste...
- le **Style** : classique, un peu daté...

Pour ce stimulus, peu de termes techniques apparaissent. Les adjectifs

sont 'subjectifs', esthétiques (sur le style, la musique, la mélodie) et caractérisent l'effet produit, beaucoup moins le son.

Ainsi les conclusions de cette étude (non exhaustives), nous amènent à suggérer d'utiliser :

- un extrait court pour obtenir une écoute centrée sur l'identification des propriétés physiques de l'objet "son musical" ou "note", et
- un extrait plus long si on s'intéresse aux propriétés (physiques également) d'un "extrait musical".

Dans le premier cas, les stimuli amènent les sujets à développer une écoute qui permet d'appréhender leurs connaissances des phénomènes perçus comme des phénomènes acoustiques. Dans le deuxième cas, les sujets traitent la séquence sonore comme de la musique et donc expriment les effets produits par l'écoute des propriétés musicales d'une séquence de sons (musicaux).

Chapitre 3

Test d'écoute

Qu'est ce que les violonistes entendent par *brillant* ou *clair* lorsqu'ils parlent du son d'un violon ? Qu'est ce qu'un *bon* son de violon pour eux ?

L'objectif de cette expérience est de nous aider à comprendre comment les propriétés acoustiques d'un violon affectent la manière dont son son est perçu par l'auditeur. A cette fin, nous avons créé un certain nombre de 'violons virtuels' modifiés de façon contrôlée.

3.1 Choix des mots

Un très grand nombre de mots liés à une technique spécifique, à un domaine scientifique, à une activité, etc. ne sont employés que par des groupes de locuteurs restreints. Ils représentent des sous ensembles du lexique général. Si l'on peut montrer qu'il y a un consensus parmi les violonistes, considérés comme des experts du son de violon, sur le sens des mots avec lesquels ils décrivent le son, qu'ils réfèrent à la même chose et que c'est bien la même réalité qui est visée, alors on aura montré que les mots des violonistes ne sont pas des vocables aléatoires mais constituent bien les unités d'un lexique spécialisé, propre aux violonistes [2].

Suite à leur travail fait sur les descripteurs verbaux utilisés par les violonistes anglophones [7], Fritz et coll. ont choisi 5 descripteurs qui se répartissent dans l'espace tridimensionnel obtenu ainsi que deux descripteurs supplémentaires utilisés par Dünwald [4] afin de tester ses hypothèses (figure 3.1) : 'harsh', 'bright', 'dead', 'rich' et 'light', et 'nasal' et 'clear'. Dans cette expérience, seuls 4 de ces descripteurs ont été choisis et traduits.

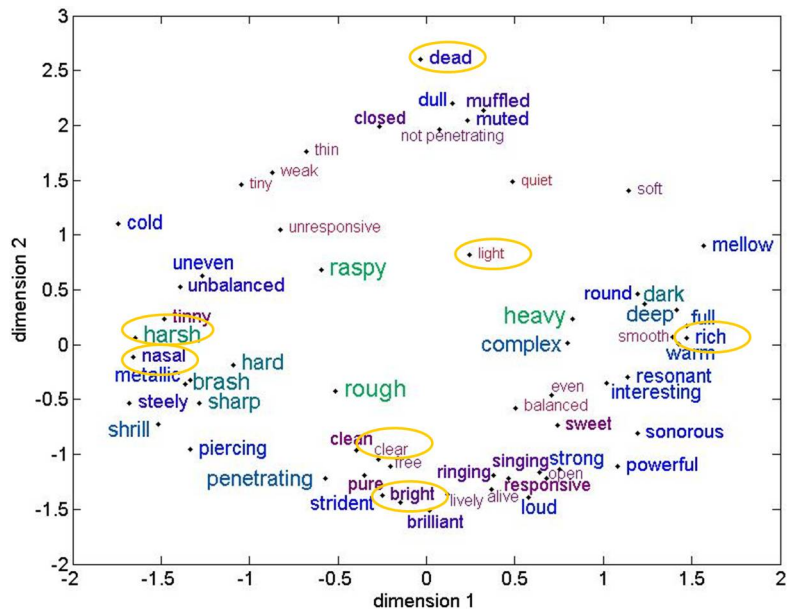


FIG. 3.1 – Plan MSD obtenu dans l'étude de Fritz et coll. [7]

La traduction a été faite de façon minutieuse dans le travail de stage de Georges Pauquet, mené simultanément au mien. Les 4 mots ont été traduits à partir de plusieurs dictionnaires anglais-français, et les significations françaises - données par plusieurs dictionnaires français - de ces traductions ont ensuite été comparées aux significations des mots anglais - données par plusieurs dictionnaires anglais. Pour trois de ces mots, la traduction a été simple : 'nasal' pour 'nasal', 'brillant' pour 'bright', 'clair' pour 'clear'. Par contre pour 'harsh' deux mots ont été utilisés : 'dur/âpre', car il n'existait pas de mot français qui reflétait à lui tout seul les différents aspects contenus dans 'harsh'. Le mot 'bon' a été ajouté à l'expérience pour tester la préférence des sujets sur les sons utilisés.

3.2 Principe de synthèse des stimuli

Ce qui nous intéresse ici, c'est de tester des modifications en amplitude de la réponse acoustique dans différentes bandes de fréquence, afin entre autre, de vérifier (ou non) les hypothèses de Dünwald [4]. Ces bandes de fréquence

ont été définies comme bandes d’octaves (bande 1 : 190-380, bande 2 : 380-760, bande 3 : 760-1520, bande 4 : 1520-3040, et bande 5 : 3040-6080 Hz). Ce choix de bandes d’octaves semble plus pertinent quand on parle de son que les bandes proposées par Dünwald de façon empirique pour décrire la qualité sonore du violon. Un compromis à aussi été fait entre avoir une grande quantité de bandes (pour un découpage plus fin) et la quantité de sons à tester, afin d’avoir une durée de test d’écoute raisonnable.

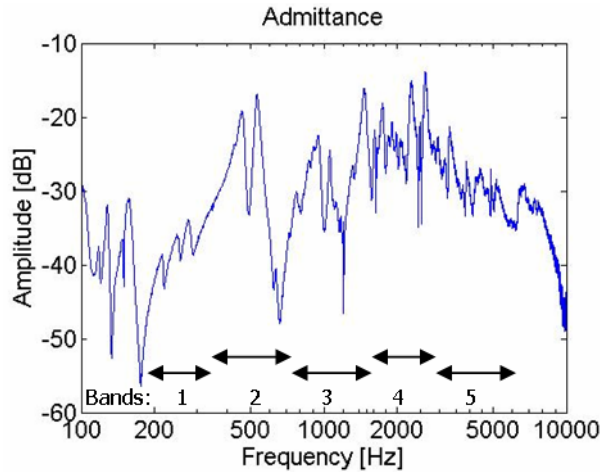


FIG. 3.2 – Les 5 bandes d’octaves choisies dans cette étude.

Pour cela, on va utiliser la méthode des violons virtuels décrite au chapitre 2, et les violons virtuels nécessaires à cette étude sont créés de la manière suivante. Tout d’abord, l’admittance de départ, mesurée sur le violon ‘Black’, est traitée en utilisant des techniques standard d’analyse et d’identification modale [5]. Ceci nous a permis d’obtenir les paramètres modaux de chacun des 54 modes nécessaires pour modéliser cette admittance de 190 à 7000 Hz. On peut ainsi modifier l’amplitude de tous les modes dans une ou plusieurs des 5 bandes de fréquence définies plus haut pour créer des violons virtuels correspondant à des transformations physiques que pourraient en théorie faire les luthiers (ce qui ne serait pas le cas si on augmentait de manière globale l’amplitude de la réponse acoustique sur une certaine bande de fréquence). On peut alors synthétiser les réponses impulsionnelles de ces violons virtuels comme suit :

$$h(t) = \sum_i \sum_n \alpha_i A_n \cos(\omega_n t) e^{-\zeta_n t} \quad (3.1)$$

où α_i est le coefficient multiplicatif de la bande i (aléatoire entre -10 et 10 dB)

et A_n , ω_n et ζ_n sont les paramètres modaux du mode n , à savoir l’amplitude, la fréquence de résonance et le facteur d’amortissement $\zeta_n = \frac{\omega_n}{2Q_n}$ (Q_n étant le facteur de qualité).

Ces réponses impulsionnelles sont ensuite utilisées comme filtre RIF pour la convolution du signal d’entrée. Les fichiers audio sont tous échantillonnés à 44100 Hz sur 16 bits.

3.3 Déroulement du test

Le test d’écoute, programmé sous Matlab, est composé de trois parties principales : la discrimination par paires de sons (partie A), un questionnaire descriptif (partie B) et une comparaison par paires de sons (partie C). La partie A avait déjà été programmée pour une étude menée par Fritz et coll. sur des violonistes anglophones, et a été modifiée pour servir au présent travail en français. Les parties B et C sont des compléments nouveaux pour mieux comprendre et corrélérer les choix faits par les participants dans la partie A.

Le déroulement général du test était le suivant : parties A-B-A-B-C-A-B-A-B-A-B, avec une partie A et une partie B pour chacun des 5 descripteurs choisis. Une pause facultative était prévue avant de commencer une partie A, et une pause longue (au moins de 5 minutes) était obligatoire avant de commencer la partie C.

3.3.1 Partie A : Discrimination par paires de sons

Dans cette partie, une série de paires sonores était présentée aux participants, qui devaient répondre à la question :

‘Quel son est plus X que l’autre ?’

X pouvant être un des mots choisis dans 3.1, soit ‘nasal’, ‘brillant’, ‘clair’, ‘dur/âpre’ ou ‘bon’. Il va de soi que ‘meilleur’ à été utilisé et non pas ‘plus bon’ pour tester la préférence.

Les stimuli étaient synthétisés selon le principe décrit en 3.2. L’expérience a été construite suivant des techniques psycho-acoustiques classiques, préconisées par Brian Moore (grand nombre de stimuli, traitement statistique). La modification en amplitude des modes d’une bande donnée a donc été faite de manière aléatoire, entre -10 et 10 dB (10 dB correspondant à 1.5 fois le seuil de détection obtenu par Fritz et coll. [6]), de sorte que toutes les bandes étaient modifiées simultanément. 120 paires de stimuli ont été créées pour

chaque participant, en utilisant comme signal d'entrée les deux premières notes du troisième thème du Concerto pour violon en La mineur (op.82) de Glazunov, comme pour le test préliminaire. Ces 120 paires étaient utilisées pour chaque mot.

Le participant devait répondre en cliquant sur le bouton correspondant à son choix : 'Le son 1 est plus X que le son 2' ou l'inverse. Il pouvait le faire aussitôt qu'il savait quoi répondre, même s'il entendait encore le second son. Cela interrompait le son et raccourcissait le test. La paire suivante était ensuite automatiquement jouée. Sur les instructions données aux participants avant de commencer le test, il leur était recommandé de ne pas trop réfléchir et de répondre rapidement ; les participants étaient donc priés de n'utiliser le bouton 'Réécouter' seulement s'ils n'étaient vraiment pas sûrs de leur réponse.

Cette partie était divisée en deux blocs de 60 paires de sons chacun. Cela permettait aux participants de prendre une pause entre les deux et de maintenir ainsi leur concentration à un niveau élevé pendant toute la durée du test.

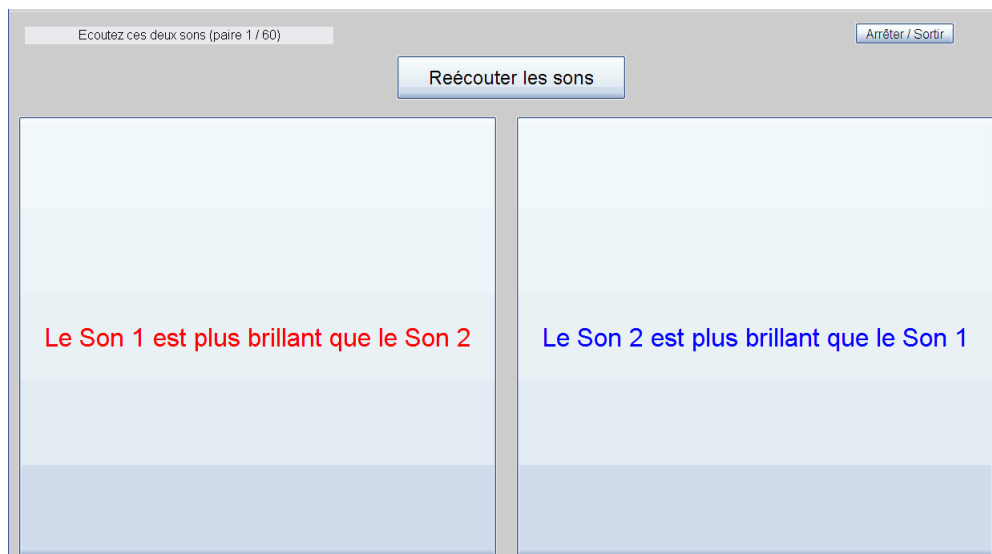


FIG. 3.3 – Partie A du test pour le mot 'brillant'.

3.3.2 Partie B : Questionnaire descriptif

Dans cette deuxième partie, une fenêtre type questionnaire en ligne s'affichait et le participant devait répondre aux deux questions suivantes :

‘On vous a demandé quel son était le plus X dans chacune des paires. Pour un son de violon, qu’est ce que X signifie pour vous ?’

Puis, ‘En quoi les sons choisis étaient plus X que les autres ?’

Les réponses données par les participants ont été enregistrées pour une analyse linguistique ultérieure. Celle-ci nous permettra de corrélérer les résultats obtenus dans la partie A avec les significations que les participants donnent aux descripteurs utilisés.

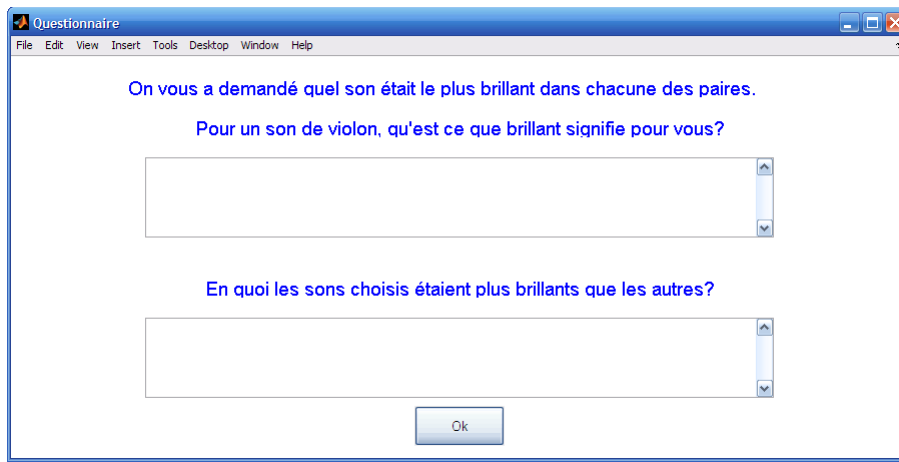


FIG. 3.4 – Questionnaire pour le mot ‘brillant’.

3.3.3 Partie C : Comparaison par paires de sons

L’objectif de cette troisième partie du test est de faire comparer les participants deux stimuli sonores en utilisant des adjectifs communs. L’instruction suivante était donnée :

‘Cochez tous les adjectifs qui vous semblent pertinents et dans le cas où aucun ne vous satisferait, inscrivez celui/ceux de votre choix dans la case "Autre(s)" :’

Les adjectifs étaient : ‘Riche’, ‘Chaleureux’, ‘Caverneux’, ‘Métallique’, ‘Sourd’, ‘Brillant’, ‘Clair’, ‘Dur/âpre’ et ‘Nasal’. Ceux ci étaient disposés en tant que cases à cocher sous les 2 phrases suivantes, disposées côte à côte :

‘Le Son 1 est plus X que le Son 2.’

et

‘Le Son 2 est plus X que le Son 1.’

Une case "autre(s)" pour chaque réponse était disposée tout en bas de la liste des adjectifs pour pouvoir inscrire le(s) mot(s) désiré(s). Ceux-ci seront aussi utilisés pour une analyse linguistique ultérieure.

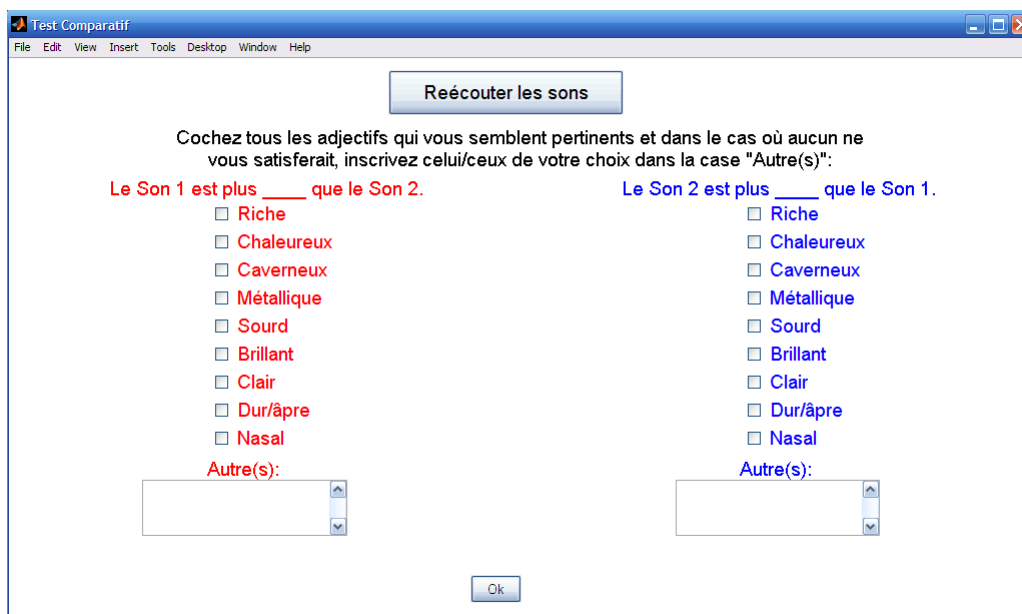


FIG. 3.5 – Le test comparatif.

Il y a 11 extraits sonores utilisés dans cette partie. Le premier extrait était toujours le son du violon ‘Black’ original (le stimulus S1 du test préliminaire). Les 10 autres extraits sonores correspondaient à une modification de ce violon par bande (une bande à la fois) de + ou - 10 dB de la façon décrite en 3.2. Cette partie est donc faite 10 fois, en comparant à chaque fois l’extrait sonore original avec un extrait sonore dont une bande avait été modifiée.

Les réponses de cette partie du test permettront de confirmer les résultats obtenus dans la partie A en faisant une corrélation avec les descripteurs choisis. Les autres descripteurs permettront de voir si certaines modifications ne peuvent être décrites que par d’autres descripteurs.

3.4 Résultats

14 violonistes francophones de niveau avancé (plus de 8 ans de pratique académique) ont participé à ce test. L’un d’entre eux (le sujet 2) a seulement

fait *bon* et *clair*, mais les 13 autres l'ont fait en entier. Ils ont tous utilisé le même casque audio Sennheiser HD 600, de très bonne qualité sonore, dans un endroit calme, et ont été rémunérés pour leur participation.

Comme pour le test préliminaire, l'analyse exhaustive de toutes les données ne peut entrer dans le cadre de cette étude faute de temps (les derniers participants ayant accepté de faire le test une semaine avant de rendre ce rapport). Toutefois ce paragraphe présente les résultats préliminaires et les pistes qu'il nous semble intéressant à poursuivre par la suite, ce qui sera fait dans les études menées conjointement par Claudia Fritz et Danièle Dubois.

3.4.1 Analyse de la partie A : Discrimination par paires de sons

L'objectif est de calculer la corrélation des réponses choisies par les participants avec les modifications en amplitude dans les 5 bandes du violon de départ. Ceci est en relation directe avec la qualification verbale des modifications appliquées. Par exemple, une corrélation forte et positive dans la quatrième bande pour tous les sujets pour le mot 'clair' signifie qu'une augmentation de l'amplitude des modes dans cette bande sera perçue comme donnant un son plus clair.

L'analyse de cette partie a été faite en utilisant Matlab pour obtenir les résultats individuels et SPSS pour les analyses statistiques. Les données de chaque sujet (leur choix et les changements en amplitude de chaque extrait sonore) sont tout d'abord utilisés pour faire une corrélation pour chaque bande, pour chaque sujet pour chaque descripteur.

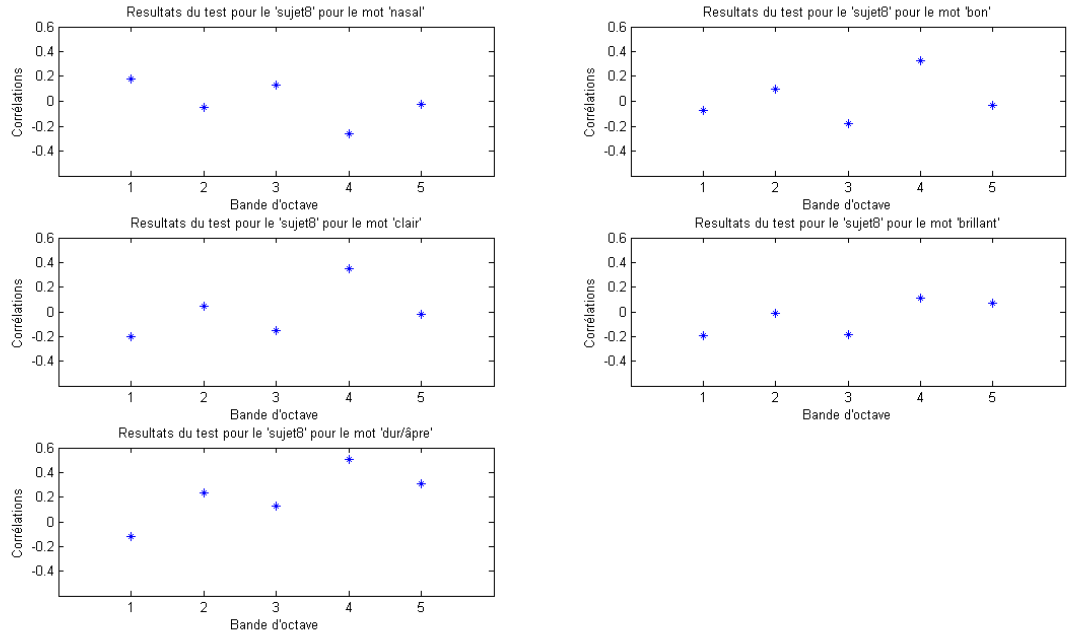


FIG. 3.6 – Corrélations du sujet 8 pour chaque descripteur.

A partir de ces résultats individuels, on réalise des analyses de fiabilité avec SPSS, qui vont nous dire si la corrélation entre les sujets (pour un descripteur donné) est bonne, et si par conséquent la moyenne sur tous les sujets est pertinente. Cette corrélation est déterminée par le calcul de l'ICC (Intraclass Correlation Coefficient) avec un modèle à effets mixtes à deux facteurs (effet sur les personnes aléatoires mais effets sur les mesures fixes). Ce coefficient, s'il est proche de 1 avec p inférieur à 0.05, veut dire que la fiabilité est bonne. p est une 'estimation' de la probabilité que le résultat soit arrivé comme conséquence d'une erreur statistique. Par conséquent, une grande valeur de p représente un bas degré d'importance statistique et vice versa.

Dans les figures qui suivent, les données individuelles sont présentées avec un symbole différent par sujet, et la moyenne est tracée en trait plein.

Bon

$$\text{ICC} = 0.85, p < 0.001$$

La fiabilité est bonne, ce qui veut dire qu'utiliser la moyenne des mesures individuelles pour représenter le comportement des participants est pertinent. Le sujet 10 est le seul à ne pas apparaître sur la figure 3.7, car ses résultats

sont très différents des autres sujets (cependant, ils n'affectent que très peu l'ICC qui passe à 0.86 en supprimant ce sujet, ainsi que la moyenne).

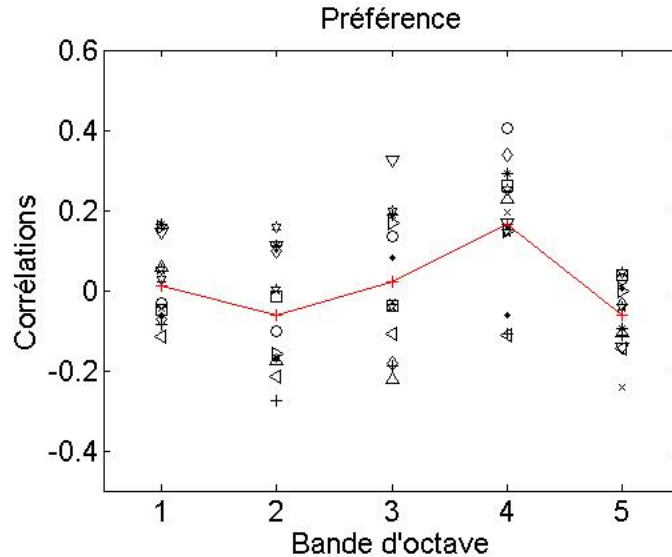


FIG. 3.7 – Corrélation pour *bon*.

Sur la figure 3.7 on peut voir que la corrélation en moyenne est proche de zéro. Ceci nous indique que la modification de la majorité des bandes n'a pas d'influence claire sur la préférence du son par les auditeurs, sauf pour la bande 4 où une plus grande amplitude semble être largement préférée.

Brillant

ICC = 0.96, $p < 0.001$

C'est une très bonne fiabilité. Il semble alors exister un consensus en ce que représente un violon brillant pour les violonistes : la présence de hautes fréquences. Sur la figure 3.8 on peut voir, comme pour le cas précédent, que la corrélation en moyenne est proche de zéro. Encore une fois, il semble que la modification de la majorité des bandes n'a pas d'influence claire pour ce descripteur, sauf pour la bande 4 où une plus grande amplitude semble aussi être largement préférée. Les sujets 1 et 5 n'apparaissent pas sur ces mesures, car leur résultats sont isolés du reste et ne semblent pas représenter cette population.

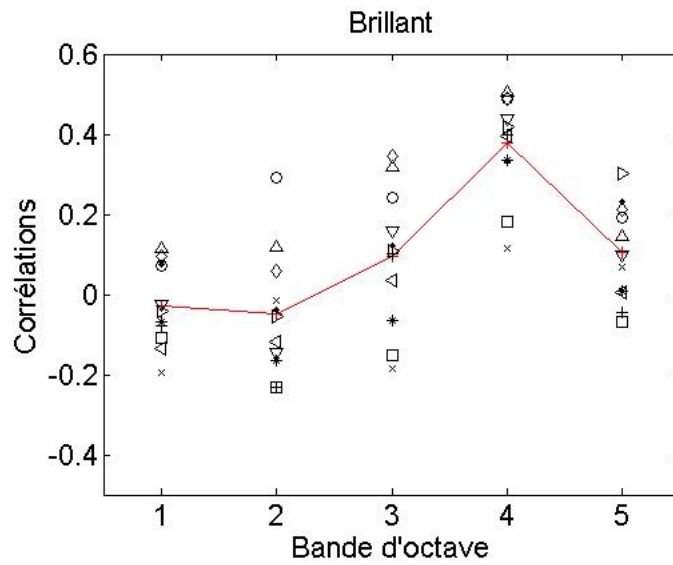


FIG. 3.8 – Corrélation pour *brillant*.

Clair

ICC = 0.97, $p < 0.001$

La fiabilité pour ce descripteur est excellente. Seul le sujet 5 a été isolé et n'apparaît pas sur ces mesures. La figure 3.9 montre un résultat très similaire à celui obtenu pour *brillant*. La modification positive dans les 3 dernières bandes semble être pertinente pour l'obtention d'un son plus clair, surtout sur la 4ème bande.

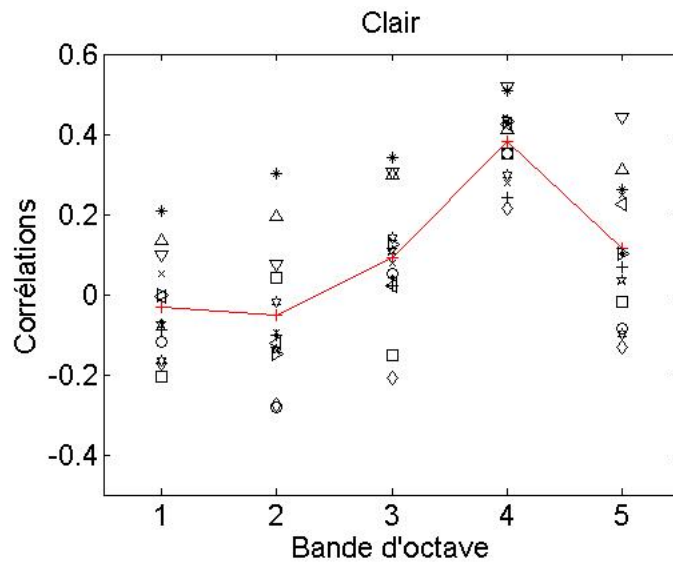


FIG. 3.9 – Corrélation pour *Clair*.

Dur/âpre

ICC = 0.96, $p < 0.001$

La fiabilité est à nouveau excellente. Seul le sujet 6 a été isolé et n'apparaît pas sur ces mesures. Comme on peut observer sur la figure 3.10, un bon consensus se trouve sur la 4ème bande d'octave qui semble avoir la plus grande influence pour ce descripteur. Une augmentation d'amplitude pour les bandes 3 et 5 paraît aussi importante.

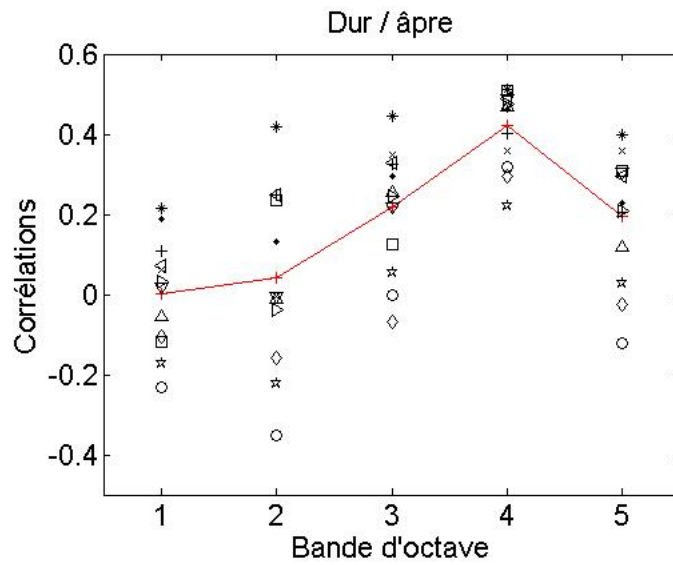


FIG. 3.10 – Corrélation pour Dur/âpre

Nasal

ICC = 0.2, p=0.26

La fiabilité est très mauvaise. En étudiant plus en détail les corrélations inter-sujets, on peut diviser les sujets en deux groupes, en laissant de côté le sujet 4 :

Groupe 1 : sujets 1, 3, 7, 8, 11 et 14

ICC = 0.85, p=0.002

Groupe 2 : sujets 5, 6, 9, 10, 12, 13

ICC = 0.92, p<0.001

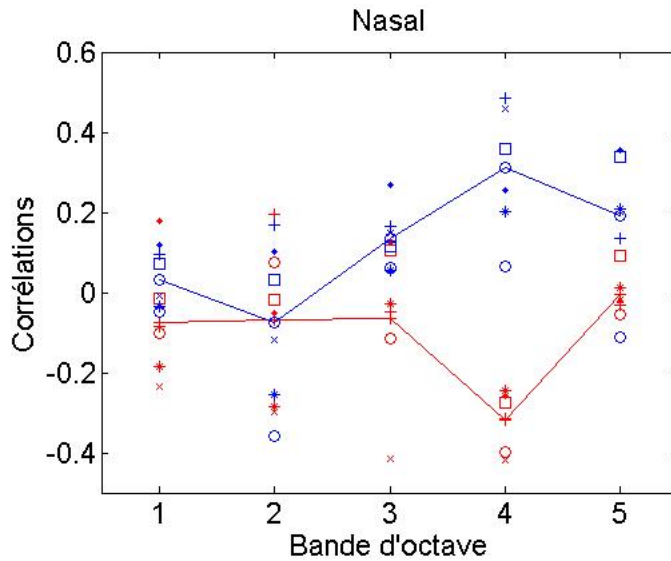


FIG. 3.11 – Corrélation pour Nasal : groupe 1 en rouge et groupe 2 en bleu

La fiabilité de ces deux groupes est très bonne. Leurs comportements sont symétriques. Cela suggère qu'il existe deux catégories de personnes distinctes, pour lesquelles *nasal* a des significations différentes. Ceci pourrait être corrélé avec le fait que *nasal* peut se rapporter plutôt au son "on" ou plutôt au son "an".

Ainsi, tous les participants semblent avoir une représentation mentale similaire de ce que chaque mot signifie pour le son d'un violon, à l'exception de *nasal*. Les réponses données dans les parties B et C du test pourront nous aider à comprendre ce que cela signifie.

3.4.2 Analyse de la partie B : Questionnaire descriptif

Cette partie est un exemple d'analyse linguistique et cognitive faite avec Danièle Dubois visant à identifier les propriétés sensibles relatives à chaque mot, ainsi que quelques hypothèses quant au couplage de ces valeurs sémantiques aux propriétés physiques.

Nous ne pouvons pas traiter exhaustivement les données pour ce rapport, mais on donne ici l'exemple de 'nasal' qui nous a semblé particulièrement intéressant en raison de précisément sa complexité, voire de sa polysémie.

L'ensemble des réponses définitoires données pour 'nasal' peut être trouvé

dans l'annexe. Avec celles ci, un premier niveau d'analyse est fait et présenté dans la suite.

1. Le genre de la définition et les formes linguistiques

La définition est un genre de discours très précis que la plupart des locuteurs (sujets) ont intériorisé. Elle consiste en énoncés dont la 'tête' est une forme de même catégorie grammaticale que le mot à définir. Ainsi dans le cas présent, où il s'agissait de définir des adjectifs, ce sont massivement des adjectifs qui sont donnés en réponse, ou des constructions relatives qui introduisent l'énoncé par 'qui'. Nous procéderons donc électivement à l'analyse des adjectifs produits dans ces définitions, et commenterons les éléments complémentaires donnés.

a. Les adjectifs

En réponse à la question, les sujets donnent nombre de formes adjectivales (adjectifs) qui approchent à la signification du terme 'nasal' distribués de la façon suivante :

étroit, pincé(3), coincé(2), serré, tendu, nasillard, désagréable, riche, fermé(3), pauvre(2), abrupt, dur, étouffé, étriqué, froid, grinçant et sourd.

On note un grand nombre d'adjectifs construits sur des bases verbales; *pincé, étriqué...* qui, on le verra, renvoient au mode de production du son. Outre ces formes adjectivales, on note cependant ici :

b. Des adverbes : peu (2), plus (2), trop (3), très...

c. Autres procédés

- Relatives introduites par qui : qui résonne, qui perd, qui grésille...
- Marques d'approximations / et comparaisons : comme un défaut, comme s'il résonnait, plutôt pauvre...
- On note également comme particularité intéressante (et possible ici) de ce corpus des formes onomatopéiques, renvoyant à des catégories de voyelles " on ", " in ", " en " ..;

2. Analyse sémantique

À partir de cette première identification des formes, on peut mener une analyse sémantique qui permet d'identifier dans quelle mesure les sujets répondent à la question en donnant

- Une définition du sens du mot (signification interne dans la langue), introduite par des expressions métalinguistiques.
- Une définition encyclopédique portant sur ce à quoi (l'entité à laquelle) le mot réfère.

Les deux aspects nous concernent ici. En effet, on s'intéresse d'une part à connaître l'usage de tel ou tel terme dans le discours des violonistes, de préférence à tel autre, afin, entre autres, d'identifier les termes les plus consensuels pour des questionnements ultérieurs (a). Et on s'intéresse d'autre part aux propriétés cognitives ou physiques qui sont désignées par ces mots, afin d'identifier cette fois les modes de conceptualisation des sons de violons et de relier les propriétés cognitives aux descriptions physiques (b).

Dans le corpus, on trouve ces deux aspects dans les définitions données :

a) Les énoncés avec marques métalinguistiques : usage des mots

Sujet 4 : nasal **signifie** pincé, coincé, serré, comme un mauvais équilibre, tendu, (...) ça peut être **synonyme** aussi de trop clair dans les aigus

Sujet 7 : **c'est une façon de dire que** le son est plus riche en fréquences moyennes que en graves, par exemple.(...)

Sujet 10 : **cela signifie** un son pincé, étriqué, avec beaucoup de fréquences hautes (???) et très froid

Sujet 11 : nasal **signifie** fermé, coincé, grinçant, qui grésille, sourd.

vs. référence directe :

Sujet 9 : Un son abrupt, dur, mais relativement étouffé, qui perd en richesse.

Sujet 12 Un son qui "tire" vers le haut, trop en avant

b) Qualifications et modes de conceptualisation

On présentera les résultats selon une analyse qui s'est déjà montrée productive dans d'autres recherches relatives à l'évaluation sensorielle [1] selon le niveau d'élaboration cognitive et conceptuelle de la sémantique des mots :

- Une première formulation de l'évaluation renvoie à la notion de simple **effet** de la stimulation sur le sujet qui en rend compte par des formes telles que *on a la sensation d'être malade*, qui renvoie à l'expérience présente ou *fait penser aux chanteurs, effet vieille radio...* qui renvoie à une expérience personnelle passée mémorisée.

- Une deuxième formulation renvoie davantage à des **descriptions** relatives à des **connaissances** sur la stimulation qu'à des sensations comme effets. Ces connaissances sont cependant diversement conceptualisées et reposent :
 - tant sur des savoir-faire et expertises des sujets (expérience vécue mémorisée) liées par exemple, dans le cas présent, à la pratique instrumentale : *joué avec sourdine, tire vers le haut*
 - ou sur des connaissances conceptualisées dans un domaine académique, ici par exemple la physique, et vise l'objet "en soi" : *fréquence dominante au centre, clair dans les aigus, pauvre en harmoniques, riche en fréquences moyennes.*

Enfin transversalement à cette classification on peut noter nombre de **jugements** évaluatifs qui portent sur des propriétés présentées comme objectives, comme *un mauvais équilibre, pauvre en harmoniques, trop en avant...*, ou sur des ressentis, comme *désagréable*

Le point de vue descriptif nous intéresse cependant ici plus particulièrement dans la mesure où nous visons à établir une correspondance entre les propriétés perçues, les savoir-faire experts mais aussi les descriptions physiques. De ce point de vue ces données peuvent constituer des pistes pour des analyses acoustiques ultérieures à partir de :

- comparaison/ emprunt à d'autres domaines dont le domaine de la parole à travers la similitude à des voyelles (de français ?)
- de mise en relation avec les modes de production.
- par repérage avec les propriétés physiques du signal identifiées par l'usage de termes physiques à travers des termes spécifiques (fréquences, résonances...)

3. Conclusions

Ces analyses confirment les hypothèses relatives des catégories cognitives impliquées dans l'évaluation qualitative des sons musicaux : ces catégories sémantiques sur lesquelles s'appuient les jugements sont structurées, non pas en terme de conditions nécessaires et suffisantes sur les valeurs de dimensions, mais davantage selon des airs de famille entre les diverses qualifications (comme ici l'exemple de nasal) qui intègrent à la fois des propriétés communes et des variations. La tâche est maintenant d'identifier les corrélations entre ces propriétés sémantiques et de rapporter ces attributs à des variations sur les dimensions mesurables en physique ou en traitement du

signal. Cela devrait alors nous permettre de développer une démarche expérimentale pour tester les hypothèses sur la pertinence des divers paramètres que nous avons pu identifier ici de manière intuitive à partir de cette première étape descriptive de la qualité des sons de violon. Il nous faudra également étudier par ailleurs si les deux groupes identifiés dans la partie A pour la perception de ‘nasal’ se distinguent dans leurs définitions de ‘nasal’.

3.4.3 Analyse de la partie C : Comparaison par paires de sons

Les résultats de cette partie du test nous sont utiles pour corroborer les résultats obtenus dans les deux premières parties, ainsi que pour recueillir des nouveaux descripteurs ajoutés par les participants pour comparer les stimuli. Etant donnée la durée finie de mon stage, on va se concentrer ici sur une analyse non exhaustive de deux des descripteurs : brillant et nasal.

Pour brillant :

Les résultats obtenus sont cohérents avec les résultats de la partie A pour les 3 dernières bandes. Ainsi, aucun participant n’a coché ‘brillant’ dans le cas d’une modification de la bande 5, ce qui est cohérent avec une corrélation moyenne quasi nulle observée sur la figure 3.8. Par ailleurs, 4 participants trouvent les stimuli dont l’amplitude a été augmentée dans les bandes 3 et 4 plus brillants que le son original. Ceci semble montrer que la sensation de brillance est corrélée à une augmentation des hautes fréquences.

Dans le sens contraire, le stimulus original est perçu comme étant plus brillant que les stimuli dont l’amplitude a été augmentée de 10 dB dans les deux premières bandes par 8 sujets. Ceci semble indiquer qu’augmenter les modes des bandes à basse fréquence rend le son moins brillant. Ceci pourrait être le pendant du phénomène décrit au paragraphe précédent : augmenter les basse fréquences revient à diminuer (en relatif) les hautes fréquences, et donc rend le son moins brillant.

Par ailleurs, les résultats individuels (c’est-à-dire le choix des adjectifs cochés) sont bien corrélés avec les corrélations individuelles par bande obtenues à la partie A, lorsqu’on les compare sujet par sujet. ‘Brillant’ semble donc correspondre à une représentation mentale bien définie pour l’ensemble des sujets.

Pour nasal :

Les contradictions dans les réponses données sont nombreuses. Ainsi, plusieurs participants pensent que lorsque l'amplitude des quatre dernières bandes est augmentée de 10 dB, le stimulus est plus nasal que l'original, tout en considérant également que lorsque l'amplitude de ces bandes est diminuée de 10 dB, le stimulus est aussi plus nasal que l'original ! Par ailleurs, en sens inverse, l'original n'est presque jamais perçu comme plus nasal que le stimulus modifié, en positif ou en négatif.

En comparant les réponses individuelles de cette partie avec les corrélations individuelles obtenues pour chaque bande à la partie A, on trouve également des incohérences (avec par exemple des sujets qui trouvent, dans la partie C, le stimulus modifié plus nasal alors qu'ils "devraient" trouver l'original plus nasal selon leurs corrélations de la partie A).

Il semble donc que comparer -10 dB avec l'original et comparer l'original avec + 10 dB ne donnent pas les mêmes résultats pour 'nasal'. Ceci pourrait signifier que la nasalité n'est pas un phénomène dimensionnel mais catégoriel, contrairement à la 'brillance' où par exemple, plus on augmente l'amplitude de la bande 4, plus le son est considéré comme brillant. Ce phénomène ne peut pas apparaître dans les corrélations de la partie A puisque toutes les réponses sont moyennées sur les 120 paires pour chaque sujet, ce qui nous amène à questionner cette approche purement psycho-physique de la partie A.

Chapitre 4

Conclusion et perspectives

Ce travail représente le commencement d'une étude en français sur l'évaluation subjective de la qualité sonore de violons virtuels (de synthèse) par des violonistes, et la corrélation de cette évaluation avec des paramètres acoustiques parfaitement identifiables de ces instruments.

Ces violons virtuels correspondent à des filtres numériques obtenus à partir de la réponse acoustique mesurée d'un violon, originale ou modifiée de manière précise et contrôlable (ce qu'il est très difficile de faire en vrai pour un luthier). Pour 'jouer' ces violons virtuels, il suffit alors d'utiliser ces filtres pour convoluer la force des cordes en vibration sur le chevalet, mesurée pendant une interprétation musicale réelle grâce à des capteurs piézo-électriques placés sur le chevalet sous les cordes. Ceci nous permet ainsi de nous affranchir du musicien en gardant le signal d'entrée constant pour tous les violons.

Dans cette étude, nous nous sommes seulement intéressés à des modifications en amplitude des modes de résonance, non pas de manière isolée mais par bandes d'octaves. Un test d'écoute a ainsi été mis en place pour déterminer comment les musiciens évaluent le son des violons, et comment cette évaluation se corrèle avec les paramètres acoustiques de ces violons virtuels.

Au préalable, un premier test a été réalisé en ligne afin de déterminer si le compromis sur la durée des stimuli - un compromis entre une durée suffisante pour pouvoir juger les violons et une durée plutôt courte pour ne pas rendre le test d'écoute trop long - était pertinent. Le choix de le faire en ligne a permis d'obtenir un grand nombre de réponses, mais présente l'inconvénient de ne pouvoir être complètement contrôlé. Cependant, dans notre cas précis, on pense que ce manque de contrôle (par exemple sur le système d'écoute) n'a pas d'influence majeure sur les réponses données. Avec ce premier test on a pu déterminer qu'une durée de 3 secondes pour les stimuli du test d'écoute

était suffisante aux musiciens pour pouvoir les décrire et les juger.

Ce test d'écoute s'adressait à des violonistes. Une analyse exhaustive de toutes les réponses n'a pas encore été réalisée par manque de temps. Les premiers résultats montrent un consensus de langage employé par les 14 participants pour presque tous les descripteurs utilisés, sauf pour 'nasal' où il semble exister deux populations qui on espère pourront être différenciées grâce à une analyse linguistique de leurs réponses "Qu'est-ce que nasal pour vous?", et qui s'opposent sur la corrélation entre nasal et l'amplitude des modes au niveau de la bande 4, soit de 1600 à 3200 Hz : pour l'un des groupes, l'augmentation de l'amplitude des modes dans cette bande conduit à un son plus nasal, alors qu'elle conduit à un son moins nasal pour l'autre groupe. Ceci remet en question l'hypothèse émise empiriquement par Dünwald, concernant une bande associée à la nasalité entre 650 et 1300 Hz. La perception de la nasalité apparaît en effet bien trop complexe pour être associée de manière aussi simple à une seule bande, valable pour tous les violonistes, et encore moins dans la zone de fréquence indiquée par Dünwald.

Les résultats obtenus par Fritz et coll. dans leur étude en cours en Angleterre, équivalente à la partie A du test d'écoute, montrent des corrélations moyennées pour les violonistes anglophones très similaires à celle obtenues pour les violonistes francophones. Par exemple, 2 groupes opposés ont également été obtenus pour 'nasal'. Ceci semble justifier a posteriori les traductions françaises utilisées puisqu'elles sont corrélées de la même manière que les descripteurs anglais aux propriétés acoustiques.

Toutes les informations obtenues grâce à ces tests, mais qui n'ont pas encore pu être analysées dans le présent travail (les données de la partie B du premier test ainsi que la totalité des réponses des parties B et C du deuxième), faut de temps et par manque de compétences en linguistique, seront utiles aux travaux menés par Claudia Fritz et Danièle Dubois, à la suite de ce travail de stage. Ces données leur permettront en particulier d'étudier la différence entre les évaluations des extraits sonores lorsque l'instrument sur lequel ont été réalisés ces extraits (à savoir le violon) est précisé et lorsqu'il ne l'est pas, afin d'en déduire quels sont les processus cognitifs activés et le lexique utilisé lorsque les violonistes évaluent un violon (instrument qu'ils connaissent très bien) par rapport à un autre stimulus sonore. En ce qui concerne le deuxième test, le nombre de données récoltées est tellement grand que les analyses qu'il reste à faire sont nombreuses et diverses : analyses linguistiques pures, identification des corrélations entre les propriétés sémantiques et les propriétés acoustiques, comparaisons entre les corrélations de la partie A

et les comparaisons de la partie C, catégorisation perceptive, sans oublier des comparaisons approfondies avec les test similaires effectués en langue anglaise... Les pistes sont multiples!

Bibliographie

- [1] Michèle Castellengo and Danièle Dubois. Timbre ou timbres ? propriété du signal de l'instrument ou construction cognitive? *Cahiers de la Société québécoise de recherche en Musique*, 9 :25–38, 2007.
- [2] Pascale Cheminée, Cosmin Gherghinoiu, and Charles Besnainou. Analyses des verbalisations libres sur le son du piano versus analyses acoustiques. *Proceedings of the Conference of Interdisciplinary Musicology*, 2005.
- [3] Lothar Cremer. *The physics of the violin*. The MIT press, Massachusetts, 1985.
- [4] H. Dünwald. Deduction of objective quality parameters on old and new violins. *J. Catgut Acoust. Soc.*, Series2(1(7)) :1–5, 1991.
- [5] D. Ewins. *Modal testing : Theory, practice and application*. Research studies press LTD, 2000.
- [6] Claudia Fritz, Ian Cross, Brian C. J. Moore, and Jim Woodhouse. Perceptual thresholds for detecting modifications applied to the acoustical properties of a violin. *J. Acoust. Soc. Am.*, 122(6) :3640–3650, 2007.
- [7] Claudia Fritz, Ian Cross, Brian C. J. Moore, and Jim Woodhouse. Investigating english violin timbre descriptors. *Proceedings of the 10th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC10)*, 2008.
- [8] Carleen M. Hutchins. *Research papers in violins acoustics : 1975-1993*. J. Acoust. Soc. Am., Woodbury New York, 1997.
- [9] Erik V. Jansson. Admittance measurements of 25 high quality violins. *Acustica - Acta Acustica*, 83(2) :337–341, 1997.
- [10] Kenneth D. Marshall. Modal analysis of a violin. *J. Acoust. Soc. Am.*, 77(2) :695–709, 1985.

- [11] J. Stepanek. The study of violin timbre using spontaneous verbal descriptions and verbal attribute rating. *Proceedings of forum acusticum*, 2002.
- [12] J. Stepanek and Z Otcenasek. Acoustical correlates of the main features of violin timbre perception spectrum using psychoacoustics experiments. *Proceedings of the Conference of Interdisciplinary Musicology*, 2005.
- [13] Jim Woodhouse. On the playability of violins : Part 1 reflection functions. *Acustica*, 78(6) :125–136, 1993.
- [14] Jim Woodhouse. On the playability of violins : Part 2 minimum bow force and transients. *Acustica*, 78(6) :137–153, 1993.
- [15] Jim Woodhouse. Body vibration of the violin - what can a maker expect to control? *J. Catgut Acoust. Soc.*, Series2(4) :43–49, 2002.

Annexes

Réponses données par les participants au test en ligne en français, à la partie A.

Réponses données par les participants au test d'écoute, à la partie B.

S	Réponses son 1 (S1)	Réponses son 2 (S2)	Ordre
1	enregistrement de deux notes (sol#, do#) jouées sur un instrument à cordes frottées (violon) / deux coups d'archets (poussé, tiré) / peu de vibrato / douce	développement en courte phrase de 6 notes de l'exemple précédent / toujours assez peu de vibrato / enregistrement bizarre (pas d'acoustique)	1-2
2	échantillon petit, peut être manque de profondeur	un peu trop neutre	1-2
3	pauvre. le vibrato tente le masque..	la seconde partie éclaire la première	1-2
4	il est proche de la pureté	bien défini, "coulant", propre, mélodieux, raffiné	1-2
5	agréables, courts	agréables, doux	2-1
6	Il s'agit du début de la phrase musicale précédente.	Il s'agit de quelques notes de musique jouées au violoncelle.	2-1
7	la même chose que précédemment. ça fait penser au temps qui passe, à un moment où on s'ennuie et on se laisse aller	Musique ancienne, vieille personne qui joue, violon, un peu triste	2-1
8	même son	sons doux mais intenses, un peu granuleux, mélodie paisible	2-1
9	J'entends un son de synthèse ou de capteur. Il est gras, interne et intime (dans l'intimité). Il n'est pas entendu dans un espace : ni bruit autour, ni présence de salle.	Proche du précédent. S'y ajoute une idée d'articulation musicale... naissante, ainsi que de vibrato.	1-2
10	son de violon assez riche.	c'est plus joyeux avec le reste de la mélodie	1-2
11	Le son est doux, les attaques ne sont pas brutales. Son de cordes frottées, harmonique, avec un léger vibrato.	Le son est serein, doux, expressif. Le tempo est large.	1-2
12	Le timbre est un peu curieux, râpeux. L'attaque des sons est ronde, moelleuse. Ensuite, dans la résonance il y a des vibrations assez lentes et larges qui modifient la hauteur du son.	Il y a des qualités d'attaque (rondeur) et de legato entre les sons. Le son est bien vibré mais il semble un peu creux ou un peu "synthétique"	2-1
13	Ce sont des sons entretenus à hauteur déterminée (formant un intervalle de quinte ascendante), attaqués avec douceur et légèrement vibrés. La hauteur du deuxième son monte vers la fin.	Je donne les mêmes qualificatifs d'ensemble à ces sons qu'aux deux sons précédents : les sons sont entretenus à hauteur déterminée, attaqués avec douceur, légèrement vibrés. Les deux premiers sons (notes de musique) me paraissent identiques à l'extrait précédent. Il ne me semble pas évident d'ajouter de nouveaux qualificatifs ou de les modifier, car ma perception de ces sons est celle d'une phrase musicale; j'ajouterais un qualificatif de la phrase musicale dans son ensemble plutôt que des sons pris individuellement : cette phrase a un caractère mélancolique.	1-2
14	après écoute des sons précédents, la même chose (c'est le début du passage précédent)	lent, doux, reposant	2-1
15	pareil	timbré, frotté	2-1
16	L'incipit de la précédente	Phrase tonale, "expressive", de style classique ou préromantique, jouée par un instr	2-1
17	un violon qui lambine	un violon lambine avant de se déterminer à cheminer	1-2
18	un son boisé et tendu, intime et confidentiel.	Une confiance qui engage un premier aveu.	1-2

	c'est un son trop seche (enregistre dans de conditions anecoïques?),		
19	un son de cordes frottes avec vibrato	Pareille que avant, mais du coup maintenant il existe un petit motif résolu. En effet je viens de repperer que le son anterieur été un intervalle...	1-2
20	le son parait plus riche, plus \"aigu\" dans le sens : plus chargé en harmoniques aigues	le son est chaud, voire grave.	2-1
21	même phrase que la précédente mais amputée de sa conclusion.	Phrase musicale mélancolique jouée au violon (ou à l'alto, difficile à établir vu la qualité du son), avec vibrato dans un style un peu daté.	2-1
22	corps agréable, avec une certaine acidité dans la partie supérieure.	corps agréable, avec une certaine acidité en partie haute, effet \"fluté\" de la 3e note. manque de richesse, comme si certaines fréquences étaient coupées...	1-2
23	graves (à l'échelle du violon), feutrés, timbrés	idem, c'est joué en position sur la corde de sol ?	1-2
24	baaah, pareil, agreables, proche de la voix humaines, meduims, avec un leger vibrato...	agréables, dans les mediums, proche de la voix humaine	2-1
25	Il s'agit de 2 notes de violon ou d'alto,formant un intervalle de quarte, plutôt dans le grave de la tessiture. Le son présente du vibrato, est plutôt rond.Le début de la première note manque un peu de corps (présence de hautes fréquences).	Les sons forment une phrase musicale de 6 notes dans le style classique. Il s'agit toujours de violon ou d'alto. Il semble que l'extrait précédent soit le début de celui-ci. La fin de ce son est coupée avant la fin de la note. Il y a un changement de couleur sur la 3ème note.	1-2
26	Sons provenant d'un instrument à corde, violoncelle. Les deux notes sont jouées legato avec du vibrato. Les sons sont agréables à l'écoute.	Les sons sont mélodieux. Le début d'une mélodie. Ils sont joués legato et sont doux et agréables à l'écoute.	1-2
27	son de violon, chaud , rond , avec du grain , dans les médium	son identique au précédent, de violon ,chaud, rond , avec du grain	1-2
28	cordes frottées, quarte, glissade, léger vibrato	artificiel - pas de continuité entre les snons, gros \"trous\" et reprise de son gênants (sensation de copié/collé) surtout avant les 3eme et 4eme notes	1-2
29	mauvaise qualité, c'est du violon	la meme phrase de musique avec la suite	1-2
30	très clairs. source sonore étrange; ressemble à un instrument à cordes mais n'en n'a pas vraiment le timbre.	vieux.	1-2
31	vibré, legato,	legato, vibré, chanté, soutenu, conduit	1-2
32	meilleur son, moins amer, brut, plus velouté	mélodie lyrique dans les cordes graves du violon extrait du concerto de Glazunov	2-1
33	collés, lourds, un peu laids	lourds mais intenses	1-2
34	trop de vibrations	gras	2-1
35	Le deuxième son tend vers l'aigu. ce qui met en valeur le spectre harmonique aigu déjà propre au son d'origine.	synthétique,lié, collant	2-1
36	la b ré b	son riche legato plein	2-1
37	un son grave de violon, chaleureux, levée d'une mélodie des pays de l'Est	...une mélodie ternaire, classique ou romantique, avec un violon en tous cas de style plutôt romantique que classique	2-1

38	<p>Une bonne imitation midi d'un Sol # - Do # de violon. Tout est parfaitement imité: l'attaque (cependant c'est à peu près la même pour les deux notes, ce qui décrédibilise l'illusion d'un vrai instrument), le vibrato qui change (commence sans vibrer, enfle, s'interrompt pour le saut de quarte et repart pour le do# jusqu'à la fin). La justesse est trop parfaite pour un son qui ne sonne pas "grand violoniste" ("grand artiste", "grande âme")</p> <p>Ce saut de quarte n'est absolument pas expressif, ce qui prouve qu'il ne s'agit pas d'un violoniste qui a passé des décennies à s'exprimer en musique. Il s'agirait donc au mieux de quelqu'un qui a fait 3 ou 4 ans de piano, vu la pauvreté expressive de ces deux notes. Or la justesse est confondante... Ce décalage choque l'oreille et l'avertit qu'il s'agit d'une "arnaque". De plus la fin est vraiment trop abrupte, même s'il pourrait y avoir la même interruption lors de l'enregistrement d'un instrument acoustique, elle met l'oreille en alerte sur le naturel de cette séquence sonore. Anyway, great job!</p>	<p>Alors là , l'attaque qui est la même sur chaque note, même à l'intérieur de la 2e moitié de la phrase, en plein legato, est impardonnable! Surtout sur le "Mi# Ré # (ou Fa Mib), on entend deux à coups trop graves pour être provoqués par un violon. Par contre, la quarte descendante est la cellule la plus satisfaisante grâce au démanché et au legato.</p>	1-2
39	<p>Ce son est une masse tonique, constituée de deux hauteurs différentes, chacune séparée par un coup d'archet. certainement un violon, voire un alto, certainement synthétisé.</p>	<p>même début, sur une amplitude de sixte, quatre hauteurs différentes, six sons, les deux derniers sont les mêmes que les deux premiers, en fait, ce n'est pas synthétisé...</p>	1-2
40	<p>extrait du fragment précédent: le son commence sans attaque, puis le changement de note comporte une articulation avec une attaque</p>	<p>Son velouté, fait penser à un frottement d'archet sur du boyau mais avec un côté plus pur, plus dur aussi, plus lisse, sans beaucoup de résonance. Intensité constante comme un son électronique</p>	2-1
41	<p>faux à la fin</p>	<p>son large chaleureux avec des démanchés très audibles entre les notes</p>	2-1

Un total de 14 violonistes a répondu à la question:

« On vous a demandé quel son était le plus <Mot> dans chacune des paires.

Pour un son de violon, qu'est ce que <Mot> signifie pour vous? »

Mot: brillant

Sujet 1

un son tres dense, tres serre, tres peu d'air, symphie des frequences tres aigues mais sans dominer les autres

Sujet 3

ouvert, aigu. l'oppose me fait penser a un chanteur dont on aurait clos la bouche

Sujet 4

plus riche dans les composantes aigues, plus fort dans certains cas, plus clair mais avec l idee de forte intensite

un son qui ressort et qui est fait pour se faire remarquer, il y a l idee de contraste donc

Sujet 5

son avec une profondeur, timbre mais pas forcement plus fort

Sujet 6

Pour certains violons, on avait l'impression que le son venait de la piece a cote. Pour moi, c'est un son peu brillant. Je pense que les composantes d'un son brillant ont un rapport aigu/grave plus important que pour un son mat ou etouffe.

Sujet 7

C'est un son a l'attaque direct, plutot resonnant, extroverti et riche en armoniques aigues

Sujet 8

C'est un son tres direct, clair et riche. Il peut y avoir un peu de durete si l'on pousse a l'extreme la brillance. En general, c'est une notion qui s'applique plus facilement aux aigus.

Sujet 9

Un son plus eclatant, etincelant, surtout au niveau des aigus

Sujet 10

cela signifie plus luineux et ouvert

Sujet 11

pour moi, brillant signifie riche, chaud: sonore, avec de la densite, du corps, c est le contraire de mat, terne, gris.

Sujet 12

Sonore, ouvert, eclatant, "en avant", fier

Sujet 13

au niveau du jeu, archet proche du chevalet pour faire sonner un maximum d'harmoniques, avec bcp de vibrato. au niveau du son, un son riche, percant, clair.

Sujet 14

Pour moi, brillant est un melange de plus de frequences aigues dans le spectre, plus de presence par un son bien defini. La limite etant bien evidement esthetique, un son trop aigue devient desagreable, et un son trop defini devient comme avec un capteur piezo.

Mot: bon

Sujet 1

des graves chaleureux, des aigues limpides, un bon équilibre entre les graves, les mediums et les aigues, des mediums feutres, du corps en particulier dans les graves, que l'instrument soit capable d'accepter une grande plage de nuances et de bien saturer lorsqu'on va au delà de ses limites de résonance

Sujet 2

c'est un jugement multi critères difficile à synthétiser en quelques mots. c'est un équilibre entre les graves et les aigus, une dynamique de réponse avec une richesse de variations, une certaine résonance entre les cordes, une bonne projection sonore, un son qui a du focus, un son qui garde une bonne clarté dans les positions élevées...le tout mélange à une appréciation complètement subjective...

Sujet 3

riche, ouvert

Sujet 4

cela signifie qu'il me semble plus riche et plus dense, cependant tout est une question de caractère, si le son est moins chargé, plus filtré mais que son caractère ressort nettement alors je préfère. on ne peut nier la question de la répétition qui nous ferait choisir les sons qui contrastent mais j'ai essayé de me focaliser uniquement sur le son lui-même

Sujet 5

son chaleureux, avec une couleur spéciale et le son que j'avais envie d'entendre à cet instant

Sujet 6

Difficile de decrire ce qui fait un bon violon puisque deux violons peuvent etre bons pour differentes raisons pas forcement compatibles. Je dirais que c'est un son riche, chaud et enveloppe. Mais parfois, certains violons au son un peu plus pauvre se distinguent par leur clarte de jeu.

Sujet 7

c'est un ensemble tres variable de qualitees: la graine du son est riche, l'attaque clair et la voix resonante mais pas trop ouverte. C'est aussi un equilibre entre la composante de bruit de la corde, du crins, du bois, et la puretee du son.

Sujet 8

Le son doit etre riche et ouvert, mais ne doit pas l'etre trop sous peine de devenir nasillard, criard (son de "crincrin"). Il y a un equilibre a trouver entre la rondeur (caractere ferme et doux), la profondeur (surtout dans notre cas ou on s'interesse a des sons graves), et l'ouverture qui fait un son plus clair et plus brillant

Sujet 9

Un "bon" son est, selon moi, un son qui etablit une balance ideale entre chaleur, brillance, clarte et richesse.

Sujet 10

cela signifie une rondeur, une "chaleur" que n'a pas l'autre. de la presence aussi, du timbre

Sujet 11

bon signifie equilibre: chaud, riche, ouvert, ni trop clair ni trop sombre ou ferme. Sonore et resonant mais pas dur. Pas nasillard.

Sujet 12

un son rond, plein, qui sonne (donc pas étouffé), chaleureux sans être agressif, lumineux

Sujet 13

Un bon son est un son propre, pas perturbé par des bruits d'archet, pas grincant, stable

Dans le contexte du test, c'est surtout un son naturel, pas transformé..

Sujet 14

équilibre, présent, agréable à l'écoute, un son qu'on imagine bien pouvoir varier avec le jeu du violoniste

Mot: clair

Sujet 1

un son plein d'air, un bon equilibre entre le son de la caisse de resonance et le son de frottement de l'archet sur les cordes, une resonance par sympathie reguliere et assez neutre

Sujet 2

Pour moi plus clair signifie un son plus riches en hautes harmoniques, par opposition a un son mat, proche d'un son avec sourdine.

Sujet 3

plutot aigu

Sujet 4

clair signifie, franc, plus lumineux et non comme on pourrait le penser plus atteneue en parlant de couleur au violon on pense par pratique a un son dont on aurait presque pas modifie la nature premiere, on pense a basique
clair equivaut a direct,

Sujet 5

plus propre ou sans aucun parasite; peut-etre ideal

Sujet 6

On distingue vraiment bien la note jouee. Ce n'est pas totalement decorrele avec la brillance mai ce n'est pas tout a fait pareil.

Sujet 7

ca signifie plus riche en frequences aigues que en graves. Ca a a' faire avec la brillance aussi, c'est un son assez lumineux et je dirais meme plus omogene dans la texture entre le notes graves e les aigues.

Sujet 8

C'est son qui "resonne" relativement, c'est-à-dire qui n'est pas sourd, et ne donne pas l'impression d'être voilé. C'est un peu l'inverse de l'effet qu'on obtient lorsqu'on utilise une sourdine.

Sujet 9

Un son brut, sec, où chaque note se distingue clairement

Sujet 10

à la différence de brillant un son clair a moins d'éclat mais est plus fade

Sujet 11

Pour moi, clair signifie sonore, à l'émission facile mais assez 'pauvre', avec peu d'harmoniques.

Sujet 12

Timbre net, franc, en avant, précis, simple (peu d'harmoniques)

Sujet 13

pas sûr de faire beaucoup de différence entre clair et brillant...

brillant qualifie la qualité autant que la sonorité, alors que clair définit surtout la sonorité. Ou encore, brillant définit une façon de jouer d'un violon, clair peut aussi distinguer un violon d'un autre

Sujet 14

clair n'est pas vraiment une qualité, c'est plutôt quand un violon est mal équilibré à tendance vers les fréquences aiguës. La différence entre brillant et clair est souvent l'appréciation des fréquences aiguës: quand on l'aime on dit qu'il est brillant, quand on l'aime moins on dit qu'il est clair.

Mot: dur/âpre

Sujet 1

les frequences font trop ressortir le frottement et les attaques de l'archet, le son peu etre trop caverneux, il tourne a l'interieur de la caisse

Sujet 3

inisif, pointu, ouvert

Sujet 4

dur/apre signifie pour moi plus charge en harmonique, plus clair, avec une attaque plus franche, parfois plus fort lorsque les sons sont assez proches. Aussi plus rugueux, plus granuleux, moins feutre, plus dur

Sujet 5

un son apre est un son qui sature ou qui s'etouffe de maniere anticipée; il est different d'un son qui se libere naturellement; il est donc moins chaleureux

Sujet 6

Pour moi, apre signifie que l'on pense moins au bois qui constitue le violon et lui donne un son organique, comme un etre vivant. Ca donne un son pauvre, peu enveloppe. Un son qui apparait etouffe, comme si l'on avait mis une sourdine, et qui sonne pas tres chaud.

Sujet 7

Que le son ne se developpe pas, que il reste a la meme amplitude que a l'attaque. Il ne prend pas une forme avec la resonance des armoniques qui envoute e qui dure mais il reste ecrase'. On entend surtout la corde qui vibre.

Sujet 8

C'est un son extremement direct, dans lequel on sent beaucoup l'accroche de la meche sur la corde. C'est un peu le son qu'on obtient avec un archet sur lequel on a

mis beaucoup de collophane. C'est souvent positif, sauf bien sur si le son d'accroche devient un son de grattement ou que l'on recherche plus de chaleur.

Sujet 9

Un son depouille, violent, clair et abrupt, relativement froid

Sujet 10

dur signifie une froideur dans le son et une emission "claquante".peu de resonance aussi

Sujet 11

dur/apre signifie 'qui gratte', qui accroche, pas rond ni chaud.

Sujet 12

Un son qui accroche, qui sonne sec, un peu agressif à l'oreille, un son pas très propre, avec des aspérités.

Sujet 13

Une attaque franche, bruitée ; un son riche, fort, soutenu (bien dans la corde, avec peu de bruit de frottement de l'archet) ; un vibrato ample et rapide

Sujet 14

manque d'equilibre dans le spectre, trop d'attaque (presence) au detriment d'un son agreable a ecouter.

Mot: nasal

Sujet 1

un son étroit avec une fréquence dominante au centre un peu bouchée qui résonne plus que les autres

Sujet 3

un son que l'on miterait par "on", "in" ou "en".

Sujet 4

nasal signifie pince, coince, serre, comme un mauvais équilibre, tendu, c'est pris comme un défaut, sauf si on joue avec sourdine ou c'est précisément cet effet qui est recherché avec celui de la nuance ça peut être synonyme aussi de trop clair dans les aigus

Sujet 5

nasillard; on a la sensation d'être malade (mal de gorge et nez bouché); désagréable

Sujet 6

Un son nasal colle bien avec la voyelle "ain". Cela fait penser aux chanteurs, lorsqu'ils font résonner le son dans leur nez.

Sujet 7

c'est une façon de dire que le son est plus riche en fréquences moyennes que en graves, par exemple. Les aigus sont là mais les médiums sont prédominants et donnent un son un peu ferme', comme s'il résonnait dans une petite cavité.

Sujet 8

relativement ferme et plutôt pauvre en harmoniques

Sujet 9

Un son abrupt, dur, mais relativement étouffé, qui perd en richesse.

Sujet 10

cela signifie un son pince, etrique, avec beaucoup de frequences hautes (???) et tres froid

Sujet 11

nasal signifie ferme, coince, grincant, qui gresille, sourd.

Sujet 12

Un son qui "tire" vers le haut, trop en avant

Sujet 13

nasal differencie des violons entre eux. Un violon qui sonne nasal a un son pauvre, pincé

Sujet 14

trop de haut mediums qui donne un effet "vieille radio"