

Psychoacoustique musicale

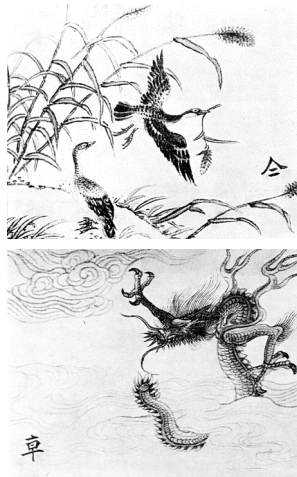
Le timbre : une sensation multidimensionnelle

19 mars 2008



Le Guqin (instrument chinois à 7 cordes)

Pour cet instrument a été développé un système de notation du timbre très complexe comprenant plus d'une centaine de symboles.



Robert Hans Van Gulik
« The lore of the Chinese Lute »

Les unités élémentaires de la parole et de la musique instrumentale

- Les **phonèmes** sont un ensemble de symboles universellement acceptés et compris utilisés pour décrire les sons d'une langue, telle qu'elle est parlée. Les phonèmes transcrivent seulement les **caractéristiques timbrales** d'une langue. Ils ne transcrivent la hauteur, la dynamique, la durée et la vitesse d'articulation.

De la musique avant toute chose

- Les **notes** sur une partition indiquent la hauteur et la durée des sons qu'un interprète doit jouer. Généralement, les partitions comprennent également la dynamique. Dans la musique instrumentale occidentale, les caractéristiques timbrales sont rarement notées.

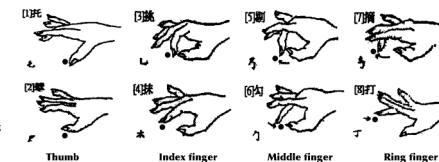
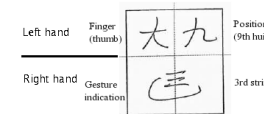


D'un point de vue fonctionnel, on pourrait être tenté d'établir un parallèle entre les **classes de hauteurs** et les **classes phonémiques**. Le problème est que l'on fait ainsi le parallèle entre des attributs de natures différentes (hauteur et timbre).

Peut-on former des "mélodies" de timbre ?

Peut-on "transposer" des timbres, comme on transpose des hauteurs ?

Le Guqin



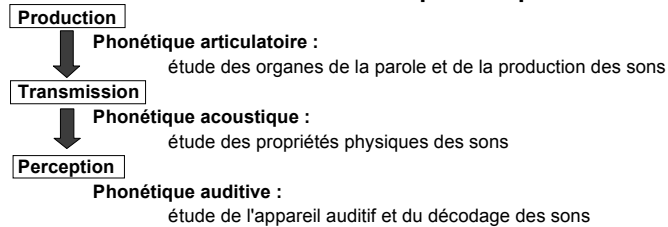
Étude de la voix parlée

Phonétique et phonologie

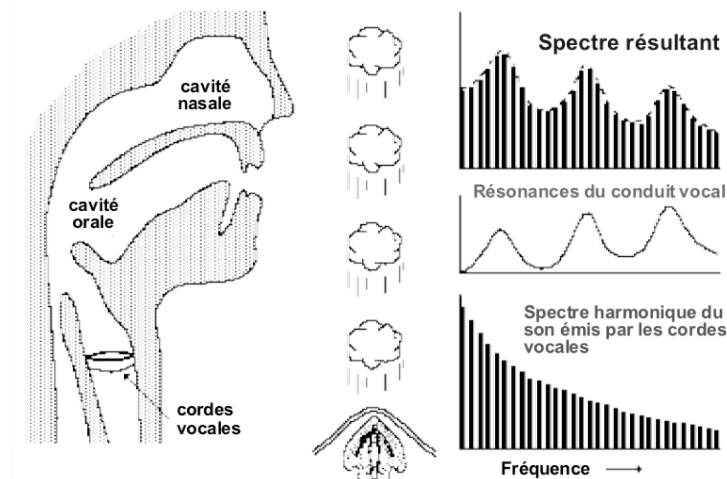
Phonétique : étude des **sons** de la parole appelés **phones**

Phonologie : étude des sons à valeur linguistique, **phonèmes** en relation avec un signifié. Les traits phoniques sont appréhendés par rapport à leur valeur distinctive.

Les branches de la phonétique



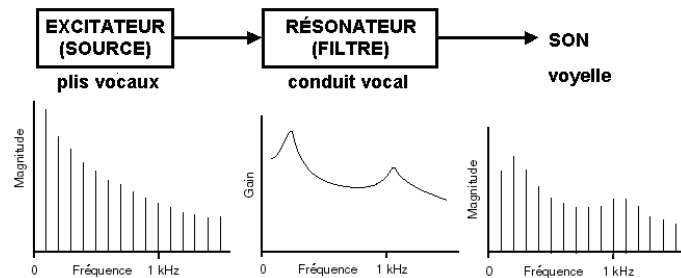
L'acoustique de la voix



La voix chantée

est un instrument à vent,
même s'il est question de "cordes" vocales.

Cet instrument est aussi basé sur le modèle
"source-filtre" ou "excitateur-résonateur".



Position absolue de l'enveloppe spectrale d'une voyelle sur l'axe des fréquences

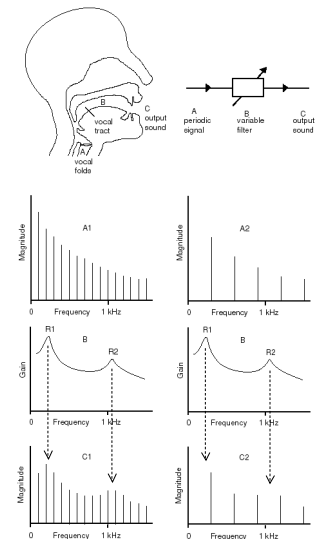
Définition: l'enveloppe spectrale est la réunion de tous les sommets des composantes spectrales.

Dans le cas des voyelles, l'enveloppe spectrale représente des **formants**, qui sont des régions du spectre où l'énergie est concentrée, dues aux résonances du conduit vocal. Typiquement, une voyelle présente **5 formants** principaux.

On peut dire que pour une voyelle donnée, la position de l'enveloppe spectrale le long de l'axe des fréquences est **absolue, indépendamment de la fréquence fondamentale**.

Ceci est illustré par la figure ci-contre qui représente la même voyelle prononcée à deux fréquences fondamentales différentes (autour de 100 Hz à gauche et autour de 300 Hz à droite).

Bien que la fréquence fondamentale soit différente dans le second cas, la position des formants (indiqués R1 et R2) reste la même. (NB: La transposition n'est donc pas un simple étirement du spectre et de son enveloppe!!!).



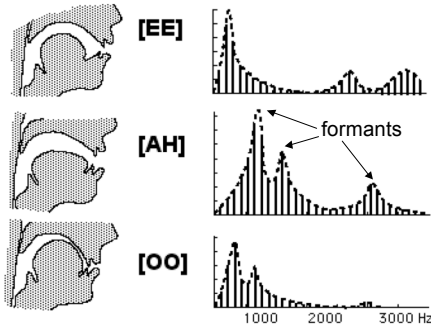
Le timbre des voyelles : le rôle du résonateur

Le timbre d'une voyelle dépend des éléments suivants:

- le **nombre de résonateurs actifs** (parmi les cavités orale, labiale et nasale)

- la **forme de la cavité orale** déterminée par la position générale de la langue dans la bouche (en avant, au centre, en arrière)

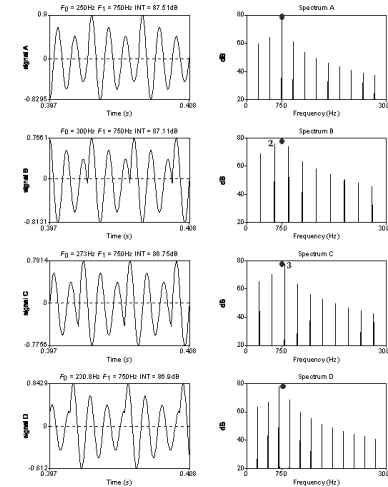
- le **volume de la cavité orale** dépendant du degré d'ouverture des mâchoires.



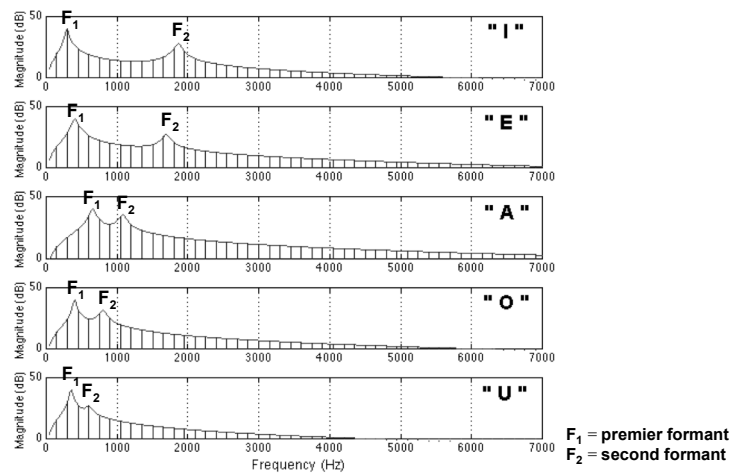
La fréquence des **formants** dépend de la configuration des **articulateurs** positionnés pour former les différentes voyelles.

Remarque : la fréquence d'un formant ne coïncide pas nécessairement avec la fréquence d'une harmonique!

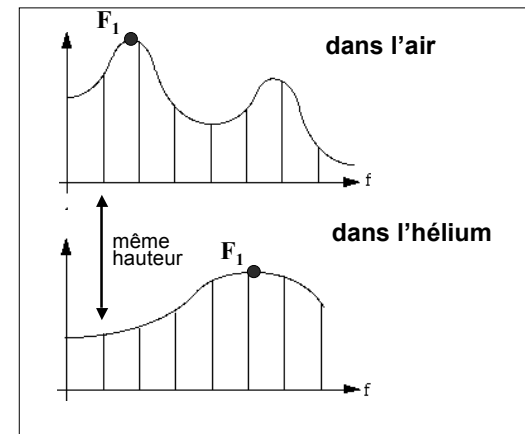
La fréquence d'un formant ne coïncide pas nécessairement avec la fréquence d'une harmonique



Deux formants suffisent pour reconnaître une voyelle...



Transformation de la voix dans l'hélium



à 33 tours/minute

à 45 tours/minute

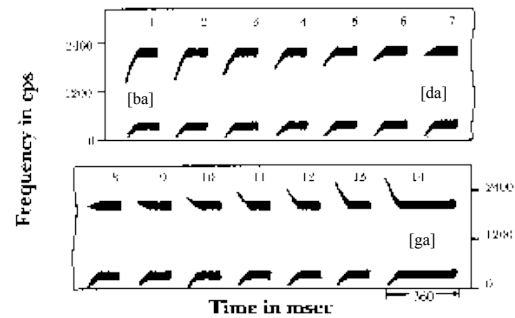
$3\,986 \times \log(45 / 33) = 537$ cents (une grosse quarte)

[illegible]

Figure 1 consists of three subplots, each showing a different dimension of vowel space: OPENNESS, ACUTENESS, and LAXNESS. The y-axis for all plots is 'Second formant frequency (kHz)' ranging from 0.6 to 3.0. The x-axis for all plots is 'First formant frequency (kHz)' ranging from 0.4 to 1.2. The plots show the distribution of various vowel pairs (e.g., ii, ee, ae, oi, ne, oo, uu, aw) and their relationships in the vowel space.

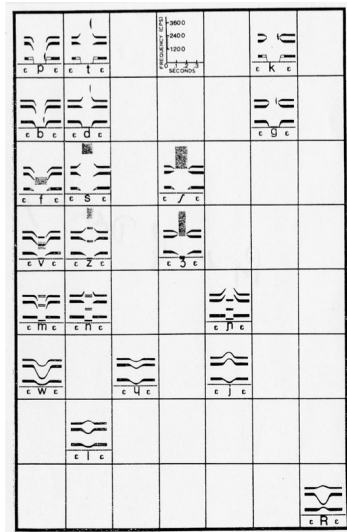
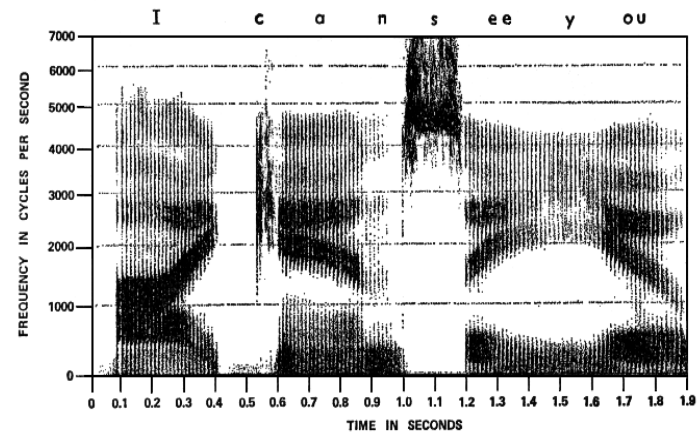
4

Consonnes plosives et transitions de formants

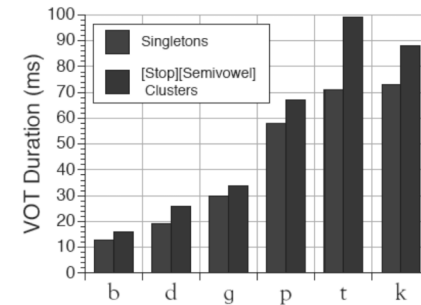
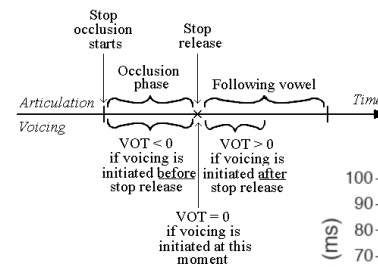


Ce spectrogramme représente des transitions de formants variant progressivement entre le [ba] et le [ga] en passant par le [da]. Cette démonstration illustre la perception catégorielle des consonnes.

Voix parlée



Consonnes plosives et Voice Onset Time (VOT)



La sonétique

Selon le musicologue Bernard Vecchione, la **sonétique** est une science qui s'intéresse :

- aux modèles d'**analyse** et de **synthèse** du son (la lutherie électronique/numérique),
- à l'étude des **fonctions perceptives** mises en jeu dans l'écoute musicale, et
- à l'étude des caractéristiques des **gestes producteurs de sons**.

Cette science vise à :

- établir des **liaisons précises** entre **signaux acoustiques** et caractéristiques numériques du **geste producteur de signaux**,
- repérer des associations régulières entre certains types de signaux acoustiques et certains contenus de conscience réceptifs.

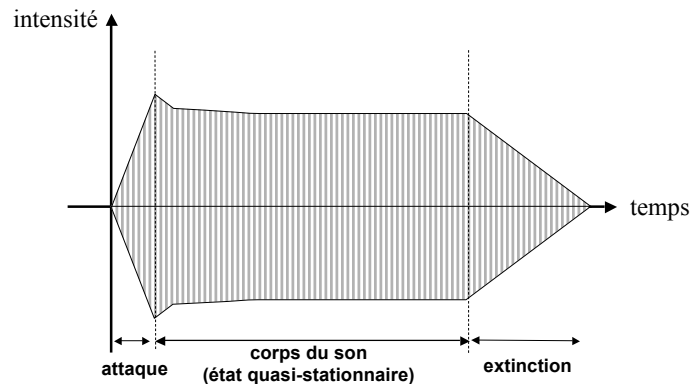
Du point de vue perceptif, cette science est basée sur :

- la **psychoacoustique** qui étudie les types d'illusions auditives associées à des signaux acoustiques donnés, et la constance ou la variabilité de ces associations;
- la **métrologie subjective** qui vise à l'élaboration de métriques sur des espaces de variables perçues, comme par exemple, l'élaboration d'une métrique de proximité sur un **espace de timbres**, etc.

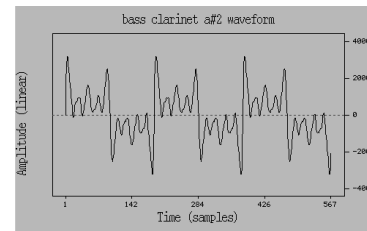
Parallèles entre la parole et la musique instrumentale

PAROLE	MUSIQUE INSTRUMENTALE
Anatomie Physiologie / acoustique Phonétique - articulaire - acoustique - auditive Phonémique (phonologie)	Organologie descriptive Mécanique / acoustique Sonétique - articulaire - acoustique - auditive Sonémique (sonologie)
Phonème Phone Allophone Diphone	Sonème Sone Allosone Disone
Consonne Voyelle	Attaque (transitoire) Partie stationnaire du son ou extinction
Prosodie	Contour mélodique et rythme
Texte Système phonémique	Partition Système sonémique

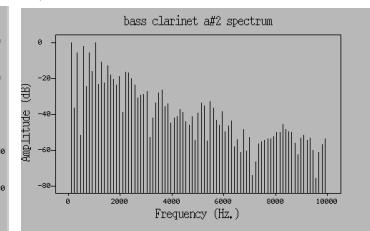
Les trois phases du son instrumental (dans le plan dynamique)



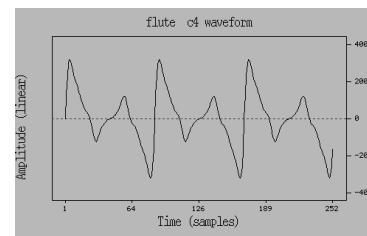
Signal : clarinette jouant un Si_2



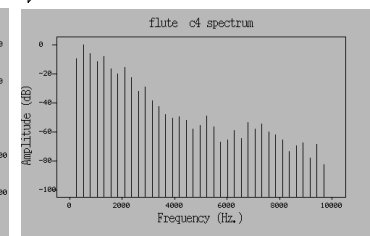
Spectre d'amplitude



Signal : flûte jouant un Do_4



Spectre d'amplitude



Représentation du son par un modèle à trois dimensions

Plan dynamique

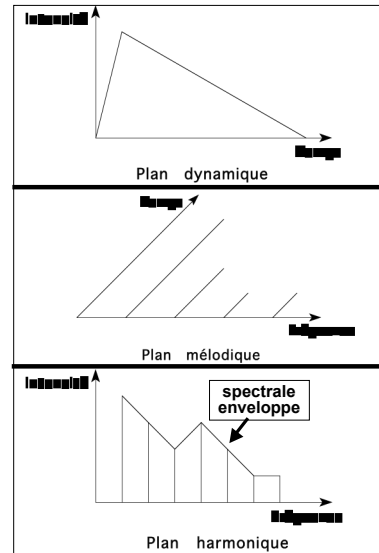
Évolution de l'intensité en fonction du temps

Plan mélodique

Évolution de la fréquence en fonction du temps

Plan harmonique

Évolution de l'intensité en fonction de la fréquence



Définitions et commentaires sur le timbre depuis Helmholtz

Helmholtz (1877)

La "qualité sonore" dépend de la manière dont le mouvement s'effectue à l'intérieur de chaque période de vibration. Les différences de "qualité sonore" musicale dépendent uniquement de la **présence et de la force de sons partiels**, et en aucun cas des différences de phase entre ces sons partiels.

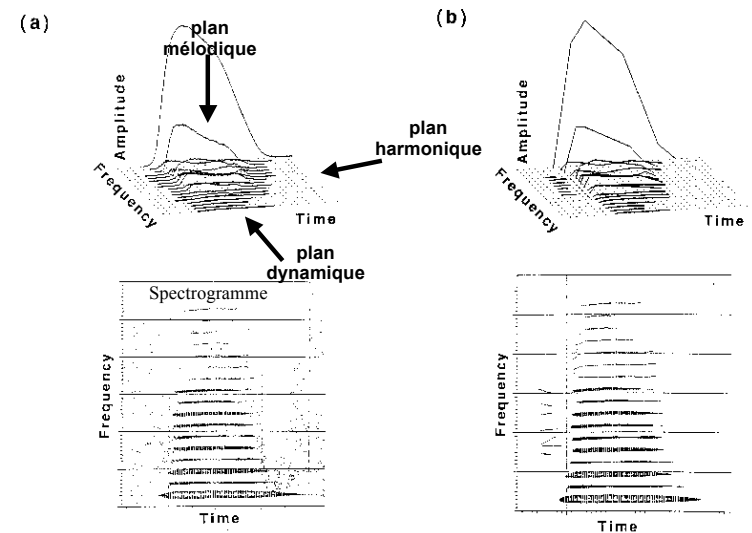
Fletcher (1934)

Le timbre est cette caractéristique de sensation qui permet à l'auditeur de **reconnaître le type d'instrument** qui produit le son.

Le timbre dépend principalement de la **structure des partiels**, bien que des changements importants d'intensité et de fréquence produisent aussi des changements de timbre.

ANSI : American National Standard Institute (1960)

Le timbre est cet attribut de la sensation auditive selon lequel un auditeur peut juger que deux sons présentés similairement et ayant la **même intensité et la même hauteur**, sont différents.



Pierre Schaeffer (1966)

Le timbre perçu est une **synthèse des variations de contenu harmonique et de l'évolution dynamique**; en particulier, il est **donné dès l'attaque** lorsque le reste du son découle directement de cette attaque.

En 1948, Pierre Schaeffer réalise par hasard les expériences du **sillon fermé** et de la **cloche coupée**.

(1) **le sillon fermé** : en bouclant un son sur lui-même, Pierre Schaeffer isole le son "de ce qui était avant lui et de ce qui le suivra".

(2) **la cloche coupée** : en enlevant l'attaque d'un son de cloche lors de son enregistrement, Pierre Schaeffer réalise que son savoir sur les lois de l'acoustique issues de ses maîtres s'écroule. En effet, ce son de cloche devient, sans son attaque, un son de hautbois ! Manifestement, **le timbre n'est pas seulement déterminé par l'étagement des harmoniques sur une fondamentale**.

Consulter le "Solfège de l'objet sonore".

Schaeffer distingue :

- le **timbre d'attaque**,
- le **timbre dynamique**, et
- le **timbre harmonique**

(voir "Traité des Objets Musicaux", 1966).

Illustration sonore : effet du spectre sur le timbre

Sons de deux instruments reconstitués en additionnant progressivement les partiels un à la fois.

Auditory Demonstrations : no 28 (piste 53)

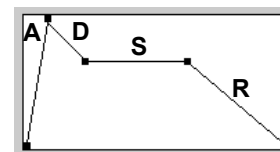
Son 1	Son 2
1) 251 Hz (bourdon) 2) 501 Hz (fondamentale) 3) 603 Hz, 750 Hz (tierce min., quinte) 4) 1005 Hz (octave) 5) 1506 Hz (douzième) 6) 2083 Hz 7) 2421, 2721 Hz (deux partiels suivants) 8) tous les autres partiels restant	1) 251 Hz (fondamentale) 2) 502 Hz (H2) 3) 753 Hz (H3) 4) 1004 Hz (H4) 5) 1255 Hz, 1506 Hz (H5, H6) 6) 1757 Hz, 2008 Hz (H7, H8) 7) 2259 Hz, 2510 Hz, 2761 Hz (H9, H10, H11) 8) tous les partiels restant
Une cloche de carillon → spectre pseudo-harmonique	Une guitare → spectre harmonique

Schouten (1968)

L'intensité, la hauteur et la durée sont les attributs les plus faciles à distinguer dans l'impression générale d'un son. Pour toutes les autres qualités, nous ne disposons que d'**un seul terme les englobant toutes** : le timbre.

Le timbre peut être exprimé en termes de 5 paramètres majeurs :

- 1) les proportions de caractère **tonal** et caractère **bruité**
- 2) l'enveloppe **spectrale**
- 3) l'enveloppe **temporelle** (attaque, durée, extinction)
- 4) les **changements** de l'enveloppe spectrale (glissements de formant) et les micro-intonations de la fréquence fondamentale
- 5) le **préfixe**
(un type d'attaque différent de la vibration qui en découle)



L'enveloppe temporelle est la courbe d'évolution de l'amplitude d'un signal en fonction du temps.

Pour un objet musical classique, on distingue :

- l'**attaque** ou montée (**Attack**),
- un éventuel et rapide **relâchement** (**Decay**),
- le corps ou **entretien** (**Sustain**) et
- l'**extinction** ou décroissance (**Release**).

On parle alors d'enveloppe ADSR.

Démonstration sonore :

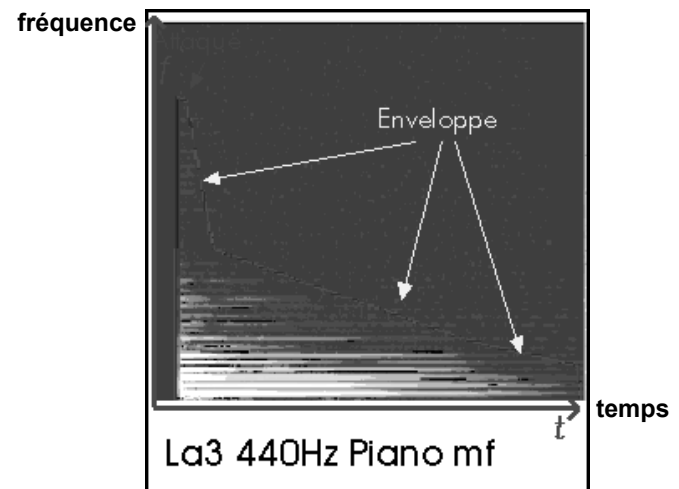
effet de l'enveloppe temporelle sur le timbre

Auditory Demonstrations : no 29 (piste 54)

- 1- Enregistrement d'une pièce de J.C. Bach au piano
- 2- Enregistrement de la même pièce, jouée à l'envers, au piano
- 3- Enregistrement passé à l'envers

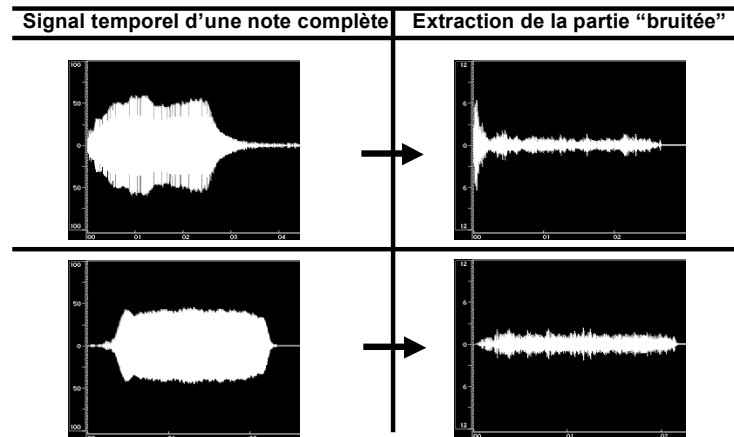
Dans le troisième enregistrement, le timbre perçu n'est plus celui d'un piano, mais plutôt celui d'un orgue.

Enveloppe spectro-temporelle



Spectre mixte : harmoniques + bruit

Combinaison des caractères discret (tonal) et continu (bruité).
C'est le cas, notamment, des instruments de musique et de la voix (consonnes fricatives en particulier).

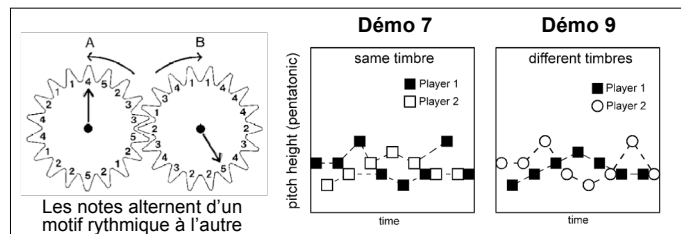


Démonstration sonore :

effets d'une différence de timbre
entre les deux voix d'une musique africaine au xylophone.

Demonstrations no 7 et 9 : Auditory Scene Analysis (Albert Bregman)

Quand les timbres sont identiques, les deux voix fusionnent en une seule.
Quand les timbres sont différents, les deux voix sont bien distinctes.



Démonstration sonore :
changement de timbre avec la transposition
Auditory Demonstrations : no 30 (piste 57)

Habituellement, les notes graves et aiguës produites par un instrument de musique n'ont **pas le même spectre relatif**. Par exemple, un son grave produit par un piano contient peu d'énergie à la fréquence fondamentale. La plus grosse partie de l'énergie se retrouve dans les harmoniques plus élevées. Par contre, un son aigu au piano a typiquement une fondamentale forte et des partiels plus faibles.

Dans la démonstration, une **gamme sur trois octaves jouée sur un basson** est présentée. Puis, une gamme sur trois octaves obtenues par **étirement temporel** de la note la plus haute, de manière à obtenir la fréquence de chaque note. Des segments de la partie stationnaire sont enlevés afin de garder la longueur initiale des notes. On peut remarquer que la seconde gamme ne paraît pas être jouée sur un basson.

Dowling et Harwood (1986)

Le timbre a toujours été cette catégorie "divers" pour décrire les caractéristiques psychologiques du son, rassemblant dans le même paquet, **tout ce qui reste** après avoir pris en compte la hauteur, l'intensité et la durée.

Plusieurs dimensions physiques dont les variations peuvent causer des changements de timbre, **interagissent** entre elles de manière complexe.

Cho, Hall et Pastore (1993)

Le timbre est l'attribut subjectif de la source (instrument) basé sur des **propriétés invariantes** qui caractérisent de manière unique les sons produits par la source. Malheureusement, la recherche d'une définition adéquate du timbre dépend de l'établissement de **caractéristiques qui sont importantes** pour déterminer la **qualité sonore distinctive** d'un instrument.

Rash and Plomp (1982)

Subjectivement, le timbre est codé comme

- la **fonction de la source sonore** ou
- la **signification** du son.

On parle de timbre d'instruments de musique, de voyelles, et de sons qui signifient certains événements dans notre environnement (machines, bruits de pas, claquement d'une porte, ...)

Différents effets sont reconnus importants dans la reconnaissance, et donc le timbre, des sons :

- **effets d'attaque** :

- temps de montée
- présence de bruits ou de partiels inharmoniques pendant l'attaque
- montées inégales des partiels
- forme caractéristique de la courbe de montée

- **effets entretenus** (dans la partie stationnaire du son) :

- vibrato
- modulation d'amplitude
- micro-intonations

En Résumé :

Paramètres physiques liés au timbre

- enveloppe temporelle
 - enveloppe spectrale (spectre)
 - position absolue sur l'axe des fréquences de l'enveloppe spectrale
 - variations du contenu harmonique
 - position du "centre d'intensité" (centre de gravité spectral) → aigüité ou brillance
 - proportions de caractère tonal et caractère bruité
 - taux d'inharmonicité
 - proportion d'harmoniques paires/impaires
 - synchronisme des partiels
 - effets d'attaque :
 - temps de montée
 - présence de bruits ou de partiels inharmoniques pendant l'attaque
 - montées inégales des partiels
 - forme caractéristique de la courbe de montée
 - effets entretenus (dans la partie stationnaire du son)
 - vibrato
 - tremolo
 - modulation d'amplitude
 - micro-intonations
- ... etc ...

Trois définitions du timbre (J. Marozeau - 2004)

Le timbre-identité

Le timbre peut servir à désigner les propriétés permettant la reconnaissance d'une catégorie de sources sonores : le timbre d'une guitare, d'un violon, d'une voix d'homme... Le timbre caractérise ici une impression sonore générale : toutes les guitares ont le même timbre, quelles que soient les caractéristiques de l'instrument, du musicien, de la nuance ou de la note jouée.

Le timbre-individualité

Le timbre peut être utilisé afin de caractériser une source particulière. On parle par exemple du timbre de sa première guitare, de la voix d'une personne, d'un musicien... Le timbre caractérise encore une impression globale mais limitée à une source unique ou d'une association : source + musicien.

Le timbre-qualité

Le timbre est utilisé en psychoacoustique afin de désigner une qualité perceptive au même titre que la hauteur ou la sonie. Dans ce sens, il caractérise la perception d'un son par d'autres qualités que la hauteur, la durée, la sonie ou la localisation. On parle par exemple du timbre d'un son, d'une note d'un instrument, d'une voyelle...

Le troisième usage est nécessaire pour l'analyse des deux autres. En effet, l'identité d'un instrument ou d'une personne se base sur l'ensemble des timbres-qualité émis par cet instrument.

Espace de timbres

Études d'évaluation multidimensionnelles

Dans plusieurs travaux de recherche, des études d'évaluation multidimensionnelles ont été effectuées, à partir d'estimations de dissemblances, sur des sons d'instruments de musique ou des sons synthétisés qui présentent des caractéristiques proches de celles d'instruments de musique (Plomp, 1970, 1976; Weddin et Goude, 1972; Wessel, 1973; Miller et Carterette, 1975; Grey, 1977; Krumhansl, 1989.)

John Grey (1977) a enregistré, numérisé, analysé et resynthétisé des sons de 16 instruments ayant la même hauteur, la même sonie et la même durée subjective. Les sujets ont eu à évaluer les différences perçues dans toutes les paires de sons possibles. Le jugement de similarité perceptive est considéré comme une mesure de distance (distance = inverse de la similarité) dont on déduit une sorte de "carte géographique", les stimuli étant représentés comme des points sur un espace à plusieurs dimensions.

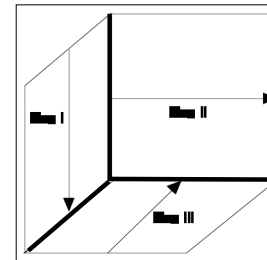
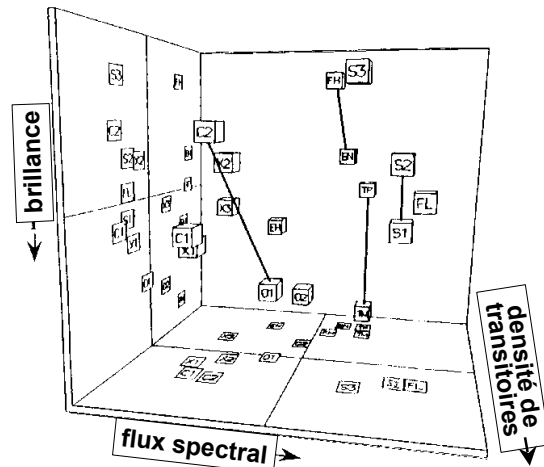
Grey a choisi une structure tridimensionnelle parce qu'elle permet d'appréhender au maximum la variation de la structure des données sans que celle-ci ne devienne difficile à interpréter du fait d'un trop grand nombre de dimensions.

Les facteurs physiques correspondant aux trois dimensions ont été déterminés après coup, par analyse de l'espace de timbres (ce qui présente un avantage pour la tâche à effectuer par les sujets).

L'espace de timbres de J. Grey (d'après Grey & Moorer, 1977, p. 1496)

Sons de 16 instruments de musique

O = hautbois
C = clarinette
(1 = Mib,
2 = basse)
X = saxophone
(1 = f, 2 = mf,
3 = soprano)
EH = cor anglais
FH = cor français
S = violoncelle
(1 = *sul ponticello*,
2 = *normale*,
3 = *sul tasto*)
TP = trompette
TM = trombone
(avec sourdine)
FL = flûte
BN = basson



Axe I (de haut en bas) représente la distribution de l'énergie spectrale ou la **brillance** (les sons les plus brillants se trouvent en bas)

Brillance faible : cor d'harmonie, violoncelle joué *sul tasto* (spectres étroits dans les basses fréquences)
Brillance élevée : hautbois, trombone avec sourdine (son à qualité stridente, spectre large)

Axe II (de gauche à droite) représente le **flux spectral** qui est une dimension spectro-temporelle, combinaison du degré de fluctuation de l'enveloppe harmoniques (plus grand flux à droite).

Grand synchronisme et faible fluctuation : clarinette, saxophone

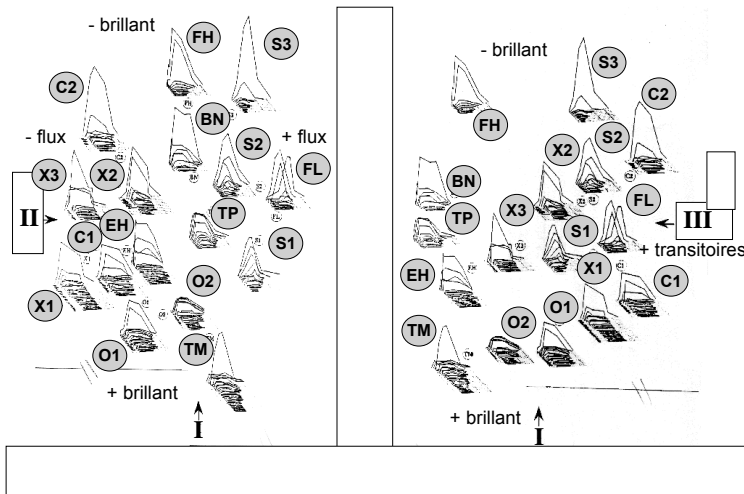
Faible synchronisme et grande fluctuation : flûte, violoncelle

Axe III (de l'avant vers l'arrière) représente la présence relative de vibrations **transitoires inharmoniques** dans les fréquences élevées, au moment de l'**attaque**. (plus de transitoires à l'avant).

Beaucoup de transitoires : cordes, flûtes, instruments à anche simple

Peu de transitoires : cuivres, basson, cor anglais

Projections bidimensionnelles (avec diagrammes fréquence-temps)

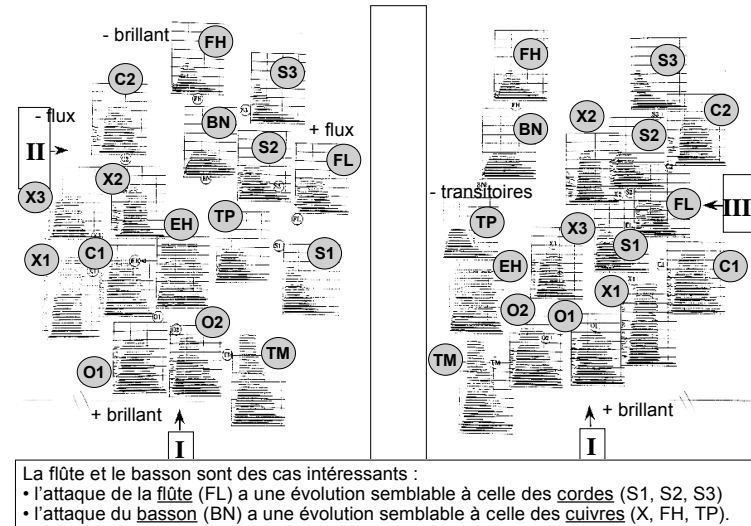


Grey a aussi mené une **seconde expérience** à l'aide des mêmes stimuli.

Tâche : donner un des 16 noms proposés aux différents sons, l'apprentissage étant renforcé par la possibilité qu'avait le sujet de vérifier l'exactitude de sa réponse au fur et à mesure.

Résultats : le saxophone soprano (X3) est souvent pris pour le cor anglais (EH), mais l'inverse n'est pas si courant. Le basson (BN) est parfois confondu avec le cor (FH) et la trompette (TP). Ces observations sont cohérentes avec les conclusions de la première expérience.

Projections bidimensionnelles (avec spectrogrammes)



La flûte et le basson sont des cas intéressants :

- l'attaque de la flûte (FL) a une évolution semblable à celle des cordes (S1, S2, S3)
- l'attaque du basson (BN) a une évolution semblable à celle des cuvres (X, FH, TP).

Ehresman & Wessel : perception d'analogies de timbre

L'objectif de cette recherche était de vérifier l'idée de Schoenberg, selon laquelle des mélodies de timbres pourraient posséder une logique ou une structure interne suffisante pour être traitées comme le sont les mélodies de hauteurs. La possibilité de transposer la mélodie de timbres a été également explorée.

Les deux expériences utilisent les sons de Grey.

Expérience no 1 :

- mesure du degré de similarité
- modèle à deux dimensions : X = enveloppe spectrale, Y = fluctuations spectrales

Expérience no 2 :

- mesure de l'analogie entre deux paires de sons
(A est à B, ce que C est à D1, D2, D3 ou D4)

Conclusions de l'étude :

Des analogies fondées purement sur le timbre sont possibles.

Espace de timbre de S. McAdams

Dans les années 1980, sous l'impulsion de David Wessel, puis de Stephen McAdams, l'Ircam entreprit plusieurs recherches sur la perception du timbre. De nouveaux espaces furent obtenus à partir de stimuli créés par synthèse FM, basés sur l'enveloppe spectrale et temporelle d'instruments naturels (Wessel, 1979; Krumhansl, 1989; McAdams et coll., 1995; Donnadieu, 1997).

Ces expériences ont permis de trouver les corrélats physiques des dimensions perceptives :

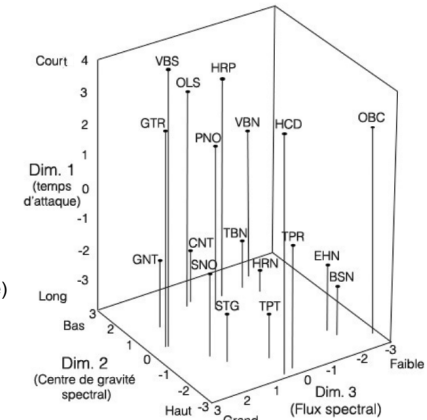
- le **logarithme du temps d'attaque**
- le **centre de gravité spectral**
- la **fluctuation spectrale**

Les nouvelles techniques de synthèse des sons ont permis notamment de créer des instruments hybrides, comme le vibrone (mélange du vibrapone et du trombone), ou la guitarnet (mélange de la guitare et la trompette). Le but était de vérifier si l'instrument hybride se situait à mi-chemin entre ces deux composants.

L'étude de McAdams montre, par exemple, un stimulus considéré comme un 'piano frotté' partageant bien la même position que le piano, le long de la dimension décrite par le centre de gravité, mais se situant à son opposé sur la dimension décrite par le temps d'attaque.

Espace de timbre tridimensionnel de McAdams (1995)

hrn : cor d'harmonie
 tpt : trompette
 tbn : trombone
 hrp : harpe
 tpr : trumpar (trompette/guitare)
 ols : oboleste (hautbois/celesta)
 vbs : vibrapone
 sno : striano (corde frottée/piano)
 hcd : clavecin
 ehv : cor anglais,
 bsn : basson
 cnt : clarinette
 vbn : vibrone (vibrapone/trombone)
 obc : obochord (hautbois/clavecin)
 gtr : guitare
 stg : cordes frottées
 pno : piano
 gnt : guitarnet (guitare/clarinette)



Les paramètres du geste instrumental à la guitare

Pinçage : geste d'excitation et de modification

Paramètres du pinçage

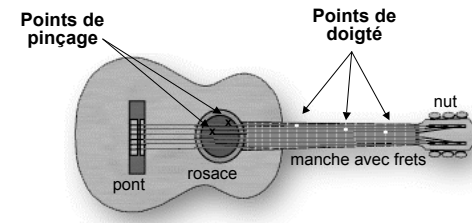
- **Position** du doigt le long de la corde
- **Angle** entre le **doigt** et la corde (dans un plan orthogonal parallèle à la corde)
- **Angle** entre le **doigt** et la corde (dans un plan orthogonal perpendiculaire à la corde)
- **Degré de relaxation** du doigt
- **Poids** du doigt sur la corde
- **Matériau** du pick (pick, finger or nail)

Doigté : geste de **sélection** et de **modification**

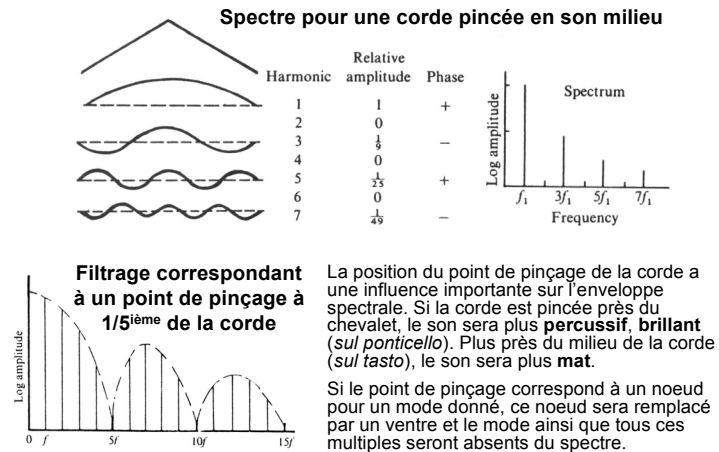
Paramètres du doigté

- Choix de la corde/fret
- Pression du doigt
- Vibrato
- Bending

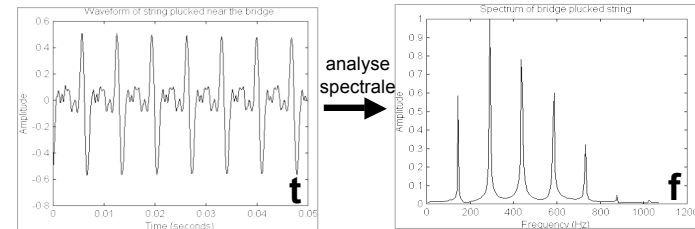
Timbre-qualité ou intra-instrumental



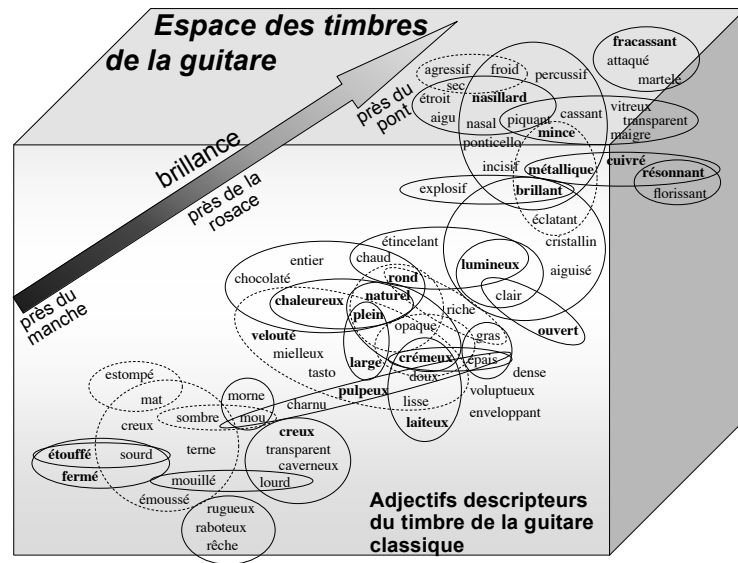
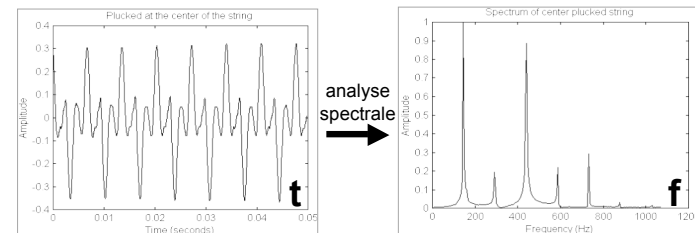
Influence de la position du point de pincage sur l'enveloppe spectrale



Guitare : corde pincée près du chevalet



Guitare : corde pincée près du milieu de la corde



Des neurones miroirs à l'art de la métaphore

Comprendre des métaphores nécessite que l'on trouve un dénominateur commun à des entités apparemment différentes.

L'effet "takete/babuba" découvert en 1929 par Wolfgang Köhler (psychologue allemand et l'un des fondateurs de la psychologie de la forme) et reproduit en 2001 par Vilayanur S. Ramachandran et Edward Hubbard (effet Bouba/Kiki). 98 % des participants (parlant indiens et anglais) ont choisi Bouba pour la forme ronde et Kiki pour la forme anguleuse.

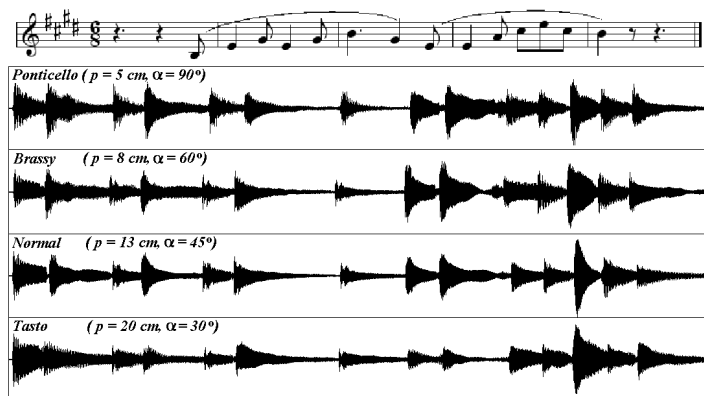
Ce type d'associations intermodales est analogue aux métaphores et est supposé impliquer des circuits neuronaux similaires à ceux du système des neurones miroirs.

Hypothèse: le gyrus angulaire, qui est localisé à l'intersection des centres de la vision, de l'audition et du toucher - par sa localisation stratégique et parce que composé de cellules nerveuses ayant des **propriétés identiques à celles des neurones miroirs**.

Cérébralisés dans cette région et autistes ne reconnaissent pas les métaphores et ne reproduisent par l'effet Bouba/Kiki.



Application: vocalisation de sons de guitare

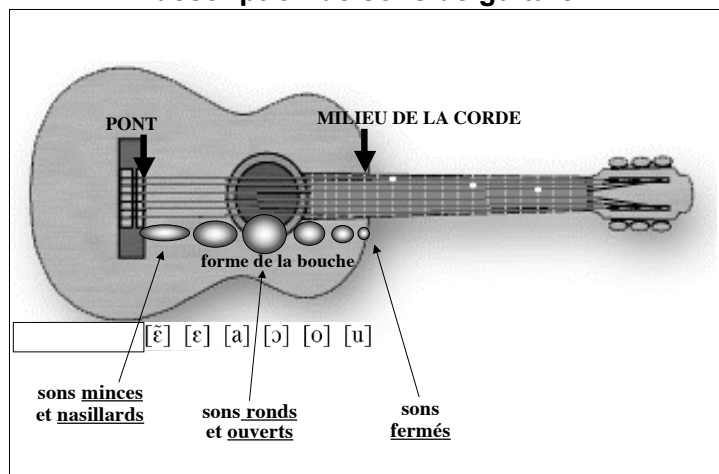


Extraits de « L'encouragement » pour deux guitares,
Fernando Sor. Joué par Peter McCutcheon.

Application: vocalisation de sons de guitare

	Ponticello	Brassy	Round	Tasto
# 1	tĕ	tǣ	ta	tø
# 2	tĕ-ti	d[ĕ-ā]	bā	bwō
# 3	kĕ	pā	dɔ	bā
# 4	kĕ	tɛ-tō	tɔ	dā
# 5	[k-t]ai	[d-p]aw	dɑ-dɔ	dā
# 6	kĕ	gǣ	tɔ	dø
# 7	dĕ-kĕ	t[ā-ō]	dō-tō	gu-du
# 8	kĕ	tsā-pā	dɔ-tɔ	θō
# 9	kĕ	tɛ	ta	bu

Gestes phonétiques sous-jacents à la description de sons de guitare



Autre lecture recommandée :

“Reconnaissance des sources et événements sonores”
chapitre dans *Penser les sons*
(Stephen McAdams, Emmanuel Bigand)

Version anglaise sur le web :

<http://mediatheque.ircam.fr/articles/textes/McAdams93a/>