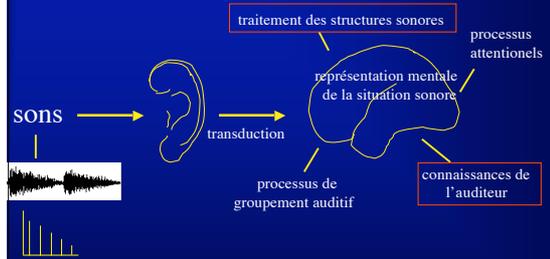


Cognition Musicale

Barbara Tillmann
 CNRS-UMR 5020
 Neurosciences et Systèmes Sensoriels
 Lyon
 btillmann@olfac.univ-lyon1.fr

Cognition auditive



langage (parole)

musique

- ?
- connaissances
 - traitements cognitifs
 - structures cérébrales
 - mécanismes neuronaux
- Régularités dans les structures:**
- régularités acoustiques
 - régularités statistiques (fréquences d'occurrence et de co-occurrence)

sons de l'environnement

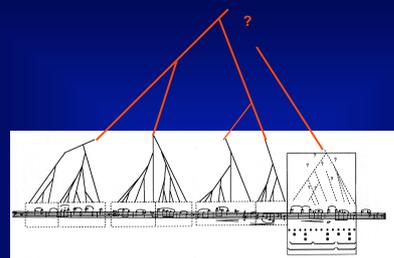
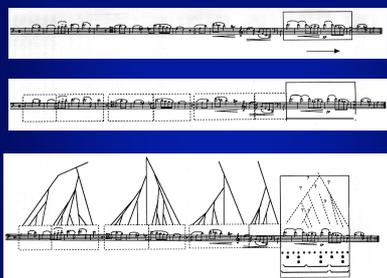
- psychologie cognitive - neurosciences cognitives - neuropsychologie

musique = structure acoustique complexe

basé sur PITCH & TIME

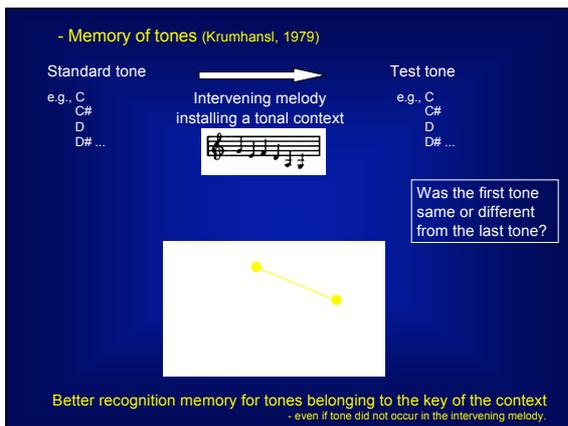
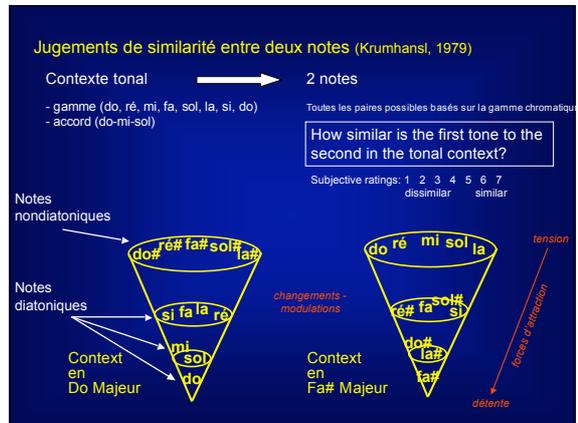
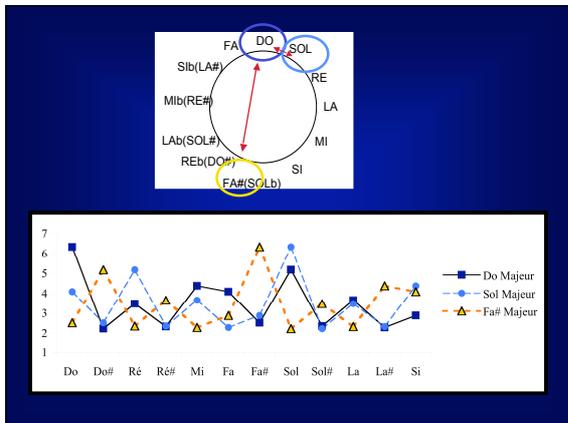


Intégration temporelle des événements: local - global



Intégration temporelle des événements: local - global

- Régularités d'utilisation des notes dans le système tonal
 - Connaissances tonales de l'auditeur
- Apprentissage implicite
- Influences « top-down » en perception musicale

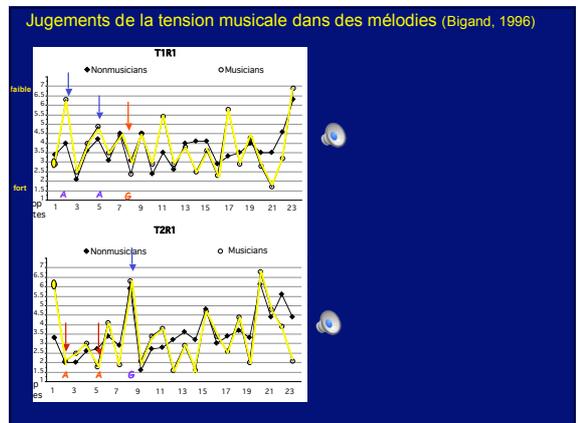
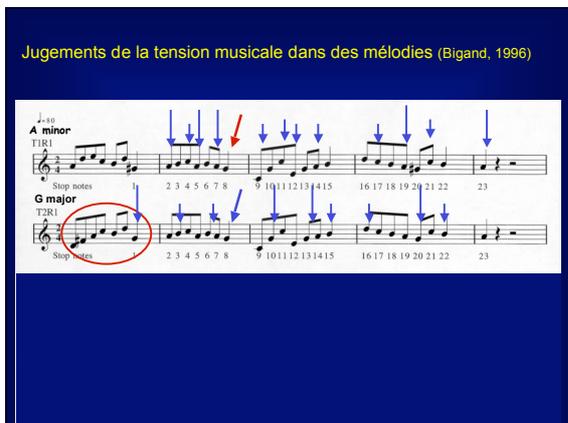


TONES

- Probe-tone judgments (Krumhansl & Kessler, 1982)
- Similarity judgments between musical tones (Krumhansl, 1979)
- Memory of tones (Krumhansl, 1979)

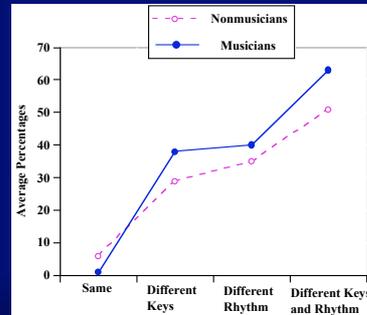
Top-down influences OR sensory information of the context? (Butler, 1989; Parncutt, 1989; Leman, 2000)

- Musical tension judgments in melodies (Bigand, 1996)
- Memory for short melodies (Bigand & Pineau, 1996)



Memory for short melodies (Bigand & Pineau, 1996)

Memory for short melodies (Bigand & Pineau, 1996)



ACCORDS

- Probe-chord judgments (Krumhansl, 1990)

Tonal context → Probe-chord

How well does this probe chord fit?

- scales (C D E F G A B C)
- short chord sequences

One of 12 major, minor or diminished chords

- Jugements de similarité entre deux accords

(Bharucha & Krumhansl, 1983; Krumhansl et al., 1982)

Contexte tonal → 2 accords

Toutes les paires possibles de tous les accords de la tonalité de **Do** Majeur et de la tonalité de **Fa#** Majeur

How similar is the first chord to the second in the tonal context?

Do
Fa#

Influence du contexte tonal sur les relations perçues entre des accords

Contexte Do Majeur Contexte Fa# Majeur

accords en Do Majeur accords en Fa# Majeur

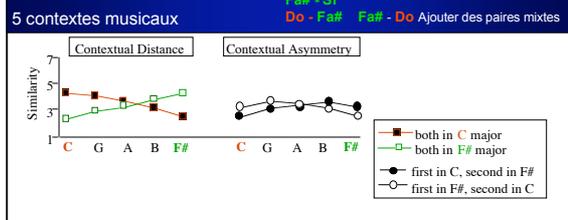
accords en Do Majeur accords en Fa# Majeur

Contexte tonal → 2 accords

Toutes les paires possibles de tous les accords de la tonalité de **Do** Majeur et de la tonalité de **Fa#** Majeur

How similar is the first chord to the second in the tonal context?

Do - Sol
Fa# - Si



Effet de contexte sur des jugements explicites (par exemple similarité) sur des performances de mémoires

Effet de contexte sur le traitement d'un événement musical

- développement des attentes
- différencier influences de type 'top-down' et 'bottom-up'

Effet de contexte sur le traitement d'un événement musical

EFFET D'AMORÇAGE

Influence d'un contexte amorce sur le traitement d'un événement cible

Tâche expérimentale

- manipuler la relation de la cible avec l'amorce:
 - relation sémantique
 - relation associative
 - relation musicale/harmonique
- traitement de la cible :
 - taux d'erreurs, temps de réponses
 - potentiels évoqués, patrons d'activations cérébrales

AMORÇAGE SÉMANTIQUE

Contextes courts

	AMORCE	CIBLE
relié	pain	beurre
non-relié	pain	docteur

(i.e., Meyer & Schvaneveldt, 1971)

Contextes longs

	AMORCE	CIBLE
relié	Le cowboy tire avec	le pistolet
non-relié	Le traducteur connaît	le pistolet

(Stanowick & West, 1979; Fischler & Bloom, 1980)

AMORÇAGE HARMONIQUE

Contextes courts

	AMORCE	CIBLE
relié	Do Majeur	Fa Majeur
non-relié	Do Majeur	Si Majeur

(Bharucha & Stoeckig, 1986, 1987)

Pas de corrélation entre l'effet d'amorçage harmonique et le niveau d'expertise musicale des auditeurs

Tekman & Bharucha (1992):

Fast priming

Long-lasting priming

Resisting to noise-mask between prime and target

Amorçage sensoriel ou amorçage cognitif ?

stimulus bottom-up vs connaissances top-down

Connaissances abstraites du système musical

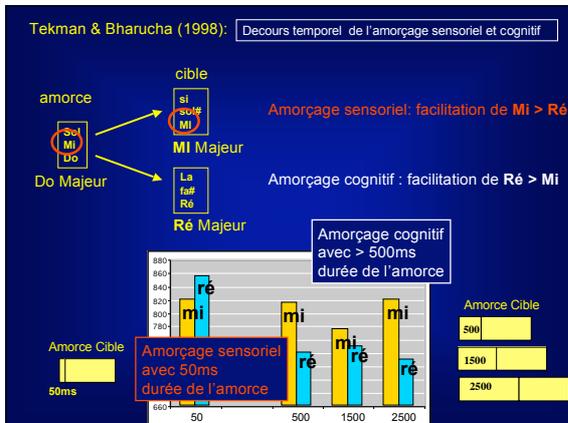
Contexte musical → Accord cible

Approche cognitif de l'amorçage harmonique

Chevauchement dans les informations acoustiques

Contexte musical ↔ Accord cible

Approche sensoriel de l'amorçage harmonique



2) Contextes longs

Contexte relié

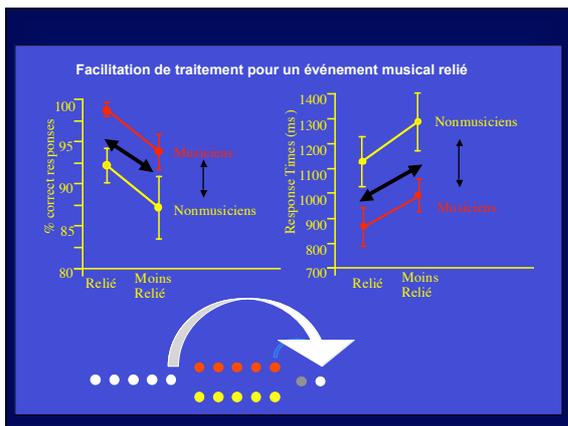
Contexte moins relié

CIBLE

consonant **disonnant**

Rel. 25% 25%
 Moins R. 25% 25%

(Bigand & Pineau, 1997)



3) Longer contexts

Highly related

Middle related

Unrelated

(Bigand et al, 1999)

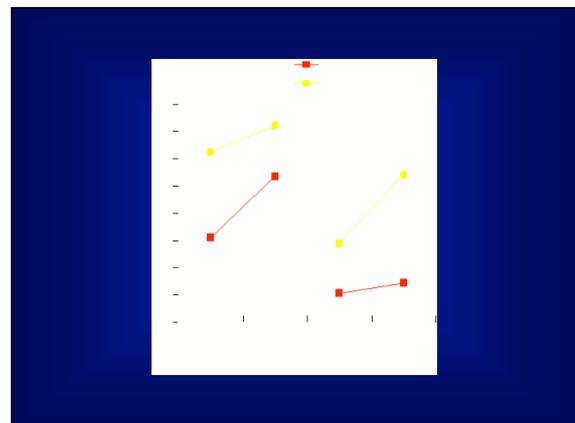
Traitement de l'harmonie - traitement des phonèmes : L'influence du contexte harmonique sur le traitement d'un phonème dans la musique chantée

Tâche: accord cible chanté avec un "dee" ou "duu"?

cible reliée (tonique I)

cible moins reliée (sous-dominante IV)

Bigand et al (2001)



Amorçage sensoriel ou amorçage cognitif ? (Bigand et al. 2002)

Condition "aucune des cibles dans le contexte"

Relié (tonique)

Moins relié (sous-dominante)

Amorçage cognitif:
→ facilitation pour la tonique (I)

Amorçage sensoriel:
→ pas de différence entre I et IV

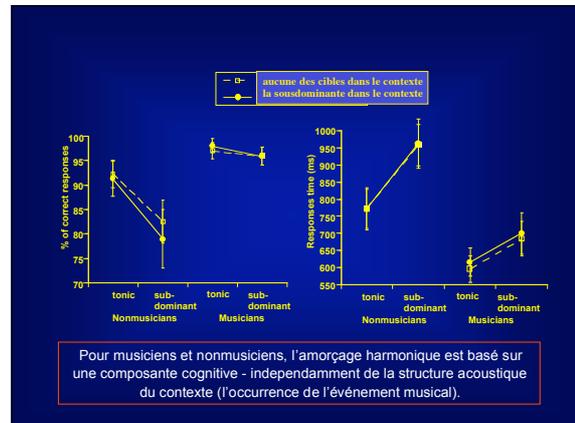
Condition "la sous-dominante dans le contexte"

related

Moins relié (sous-dominante)

Amorçage cognitif:
→ facilitation pour la tonique (I)

Amorçage sensoriel:
→ facilitation pour la sous-dominante

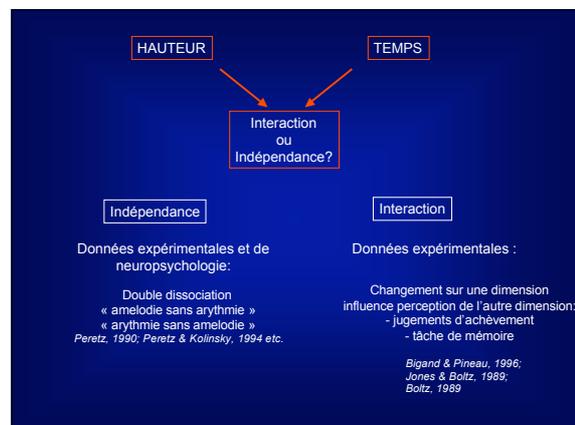
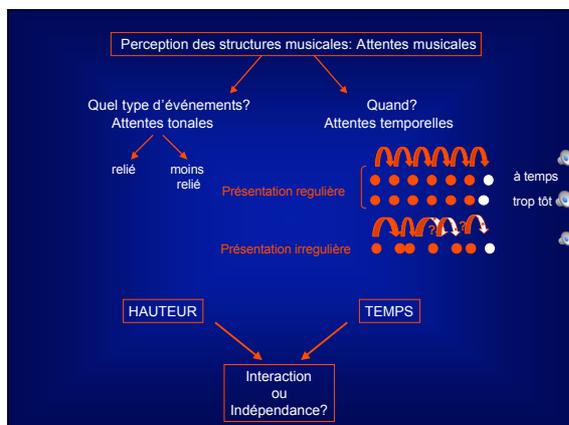
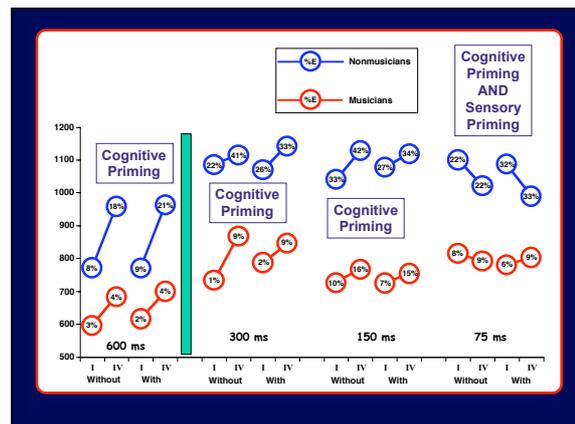


Time course of sensory versus cognitive priming (Bigand et al., 2003)

Without the IV

With the IV

300 ms **150 ms** **75 ms**



HAUTEUR et TEMPS Perception de deux dimensions d'organisation structurelle

● Relié ● Moins relié ● à temps ● trop tôt ● trop tard

Perception des mélodies: Interaction des 2 dimensions pour jugements d'achèvement + tâches de mémoire (Boltz, 1993; Peretz & Kolinsky, 1994)

Boltz, 1989: Jugements d'achèvement

Regulier/ invariant

Boltz, 1989: Jugements d'achèvement - perception des mélodies:

WHEN? A temps (regulier) Trop tard Trop tôt

WHAT? Stable (tonic, mediant) Instable (sensible)

INTERACTION « pitch x time » pour des mélodies, aussi dans des tâches de mémoire

HAUTEUR et TEMPS: pour la perception des séquences d'accords?

● Relié ● Moins relié ● à temps ● trop tôt ● trop tard

Influence de la tâche expérimentale

Jugements d'achèvement Vitesse de traitement d'un accord cible

Interaction ou indépendance

Tâche de mémoire

Amorçage mélodique

Hierarchie d'événements

Hierarchie tonale

Context: C Major

t - tension
d - détente

Jones & Boltz 1989 Théorie dynamique de l'attention

Accents mélodiques et harmoniques (fonction tonale + changement de contour + tailles d'intervalles...)

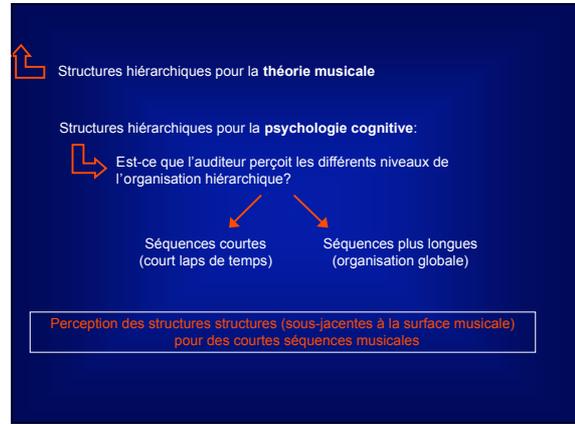
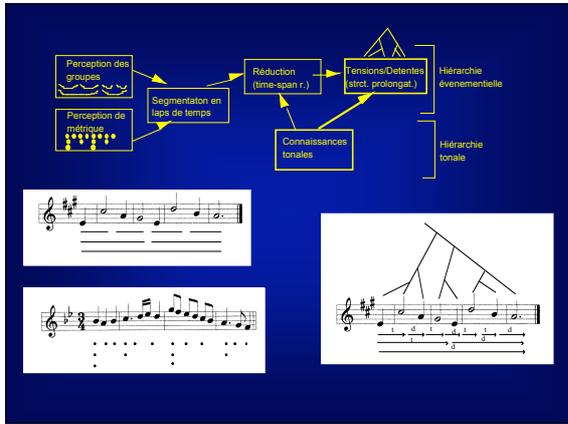
Accents temporels (notes +/- longues, pauses, métrique)

Accents d'intensité

Forme dynamique

Generative Theory of Tonal Music GTTM
Lerdahl & Jackendoff, 1983

"Pitch-events are heard in a strict hierarchy, ... structurally less important events are not heard simply as insertions, but in a specified relationship to surrounding more important events"



Conception hiérarchique (architectonique)

- **psychologie cognitive**:
 - hypothèse d'une représentation économique
 - avantages de traitement et de représentation en mémoire
 - organization hiérarchique (séquence de lettres, nombres, ...)
- **théorie musicale**:
 - Schenker (1935):
 - structure harmonique comme base de l'organisation hiérarchique
 - surface musicale / organisation harmonique sous-jacente I - V - I
 - Structures basées sur l'harmonie et thèmes musicaux

Sonata form

Sonata form ... may be viewed as resulting from a single, closed, tonal gesture (the movement from the key to a contrasted one and back again). (Cook, 1990)

V → modulation → I → tonal closure

Meyer (1973):

"Hierarchic structures are of signal importance because they enable the composer to invent and the listener to comprehend complex interactive musical relationship"

"Hierarchic structures are specially important in the understanding of music, which, because it is abstract and successive in time, places extraordinary demand upon memory ».

"If musical stimuli ... did not form brief, but partially completed events (motives, phrases etc.), and if these did not in turn combine with one another to form more extended, higher-order patterns, all relationships would be local and transient - in the note to note foreground"

Hodeir (1951):

"Une phrase musicale, si belle soit-elle, n'atteint son summum expressif que lorsqu'elle est en parfaite harmonie avec ce qui l'entoure. **Que serait une oeuvre dont chaque partie, loin de concourir à former un tout cohérent, pourrait être supprimée, remplacée, transplantée?**"

Perception des structures musicales (sous-jacentes à la surface musicale) pour des courtes séquences musicales

Lien entre les structures harmoniques sous-jacentes et le sentiment de tensions et de détente

Perçu par l'auditeur?

Lerdahl & Jackendoff, 1983

Perçu par l'auditeur? Bigand (1990)

Deux familles de quatre mélodies:

Structures sous-jacentes différentes

Surfaces similaires

Jugements de tension perçue pour chaque note (échelle 1-7)

Tâche de classification des mélodies en deux catégories

Judgements de similarités (Serafine et al., 1989)

Structural tree of time span reduction

time span reductions

(Serafine et al., 1989; Dibben, 1994; Pineau, 1998)

Original excerpt

Real reduction Foil reduction

Task: choose the reduction that corresponds best to the original excerpt

... some sensitivity of listeners to hierarchical structures underlying the musical surface.

Perception des structures musicales

- perception des structures musicales sur des courts laps de temps
- perception d'organisation globale et des structures modifiées
 - entre les mouvements
 - à l'intérieur d'un mouvement et à un niveau plus local
 - paradigme de puzzle : comprendre les cadences
 - mémoire (reconnaissance, détection de cible)

Pour des pièces musicales (> 20 sec.):

- perception des relations et structures locales ← Rôle des connaissances tonales
- difficulté d'intégrer des structures locales dans une organisation globale
- réalité perceptive des structures globales?

Perception des structures musicales chez l'auditeur adulte

connaissances implicites de l'auditeur nonmusicien

- perception des relations entre les notes, les accords et les tonalités
- compréhension des structures musicales à court laps de temps
- mémoire musicale, émotions musicales
- modélisation connexionniste
- corrélats neurophysiologiques de perception musicale

Processus d'apprentissage implicite - capacité du système cognitif

Apprendre des nouveaux systèmes musicaux ?

Apprentissage implicite de musique atonale

Basé sur une série = arrangement ordonné des 12 notes de la gamme chromatique

Une pièce musicale = une série avec ses transformations

Appris par les auditeurs?

Phase d'exposition Phase de test

Série 1 Série 1 versus Série 2

Apprentissage implicite de musique atonale

Phase d'exposition Phase de test

Canon 1 / Canon 20
Dans le style de Webern

Canon 21 / Leurre 21
Canon 40 / Leurre 40

Tâche: identifier les 10 canons qui étaient joués deux fois

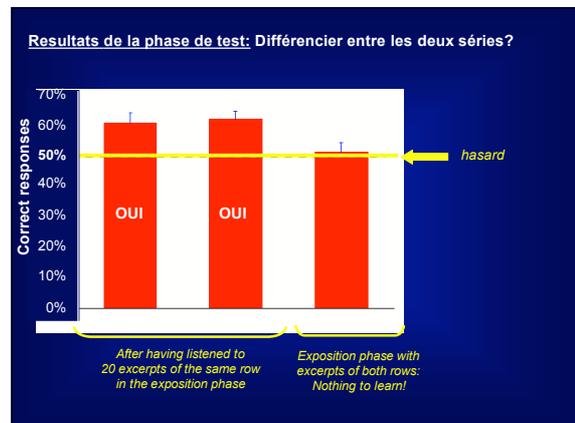
Tâche: Lequel de deux extraits était composé par le même compositeur ?

Tous basés sur la même série

Canon = nouveaux extraits basés sur la même série

Leurre = ... basés sur une série différente

(Bigand et al.)



Connaissances tonales de l'auditeur nonmusicien

- connaissances implicites
- méthodes d'investigation implicites
- cf. nonmusiciens, enfants
- un cas d'amusie I.R.

Paradigme d'amorçage dans d'autres domaines

- étudier les connaissances implicites des patients cérébro-lésés
- traitement implicite/ connaissances implicites = intacts, malgré des traitements explicites défectueux (i.e., prosopagnosia and face familiarity)

➔ Example of face perception

P.H. : a case of severe prosopagnosia

- unable to recognize familiar faces overtly in explicit judgments
- recognizes names of familiar people
- priming experiment shows influence of a face's familiarity on name judgments.

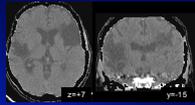


Experimental task:
familiarity decision
familiar or unfamiliar?

(Young, Hellawell & DeHann, 1988)

I.R. - un cas d'amusie sévère

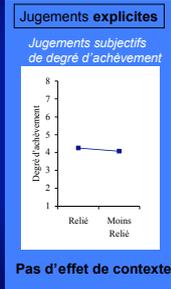
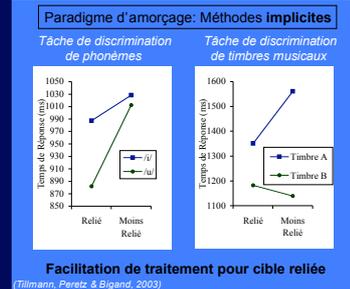
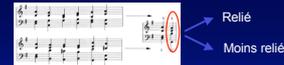
- lésions cérébrales bilatérales (lobes frontal et temporaux)
- déficits en perception musicale et mémoire musicale:
 - ne reconnaît pas des mélodies familières
 - ne détecte pas de dissonance (acoustique)
 - échoue dans des tests sur des caractéristiques mélodique et temporels (rythme, métrique) qui demandent des jugements ou comparaisons directs (e.g., discrimination "même-différent", détection de 'fausses' notes)



(e.g., Peretz et al., 1997, 2001; Patel et al., 1998)

Connaissances tonales implicites épargnées ?

I.R. : un cas d'amusie

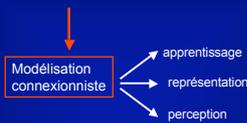


Facilitation de traitement pour cible reliée (Tillmann, Peretz, & Bigand, 2003)

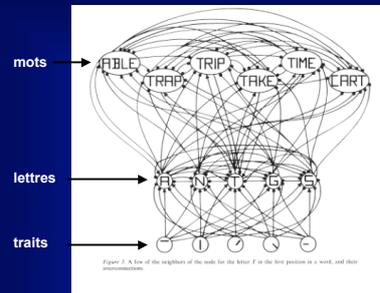
Pas d'effet de contexte

Connaissances musicales implicites chez I.R.

- ➔ - connaissances implicites sur le système musical tonal,
- auditeurs musiciens et nonmusiciens,
- acquises par simple exposition,
- activées par un contexte et influencent la perception,



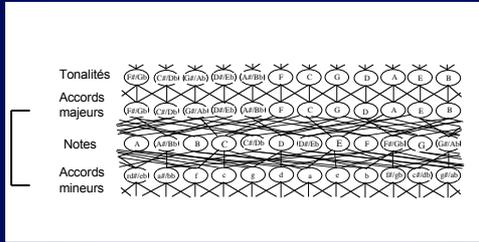
➔ Un exemple de modèle connexionniste pour la perception des mots et la représentation du lexique (McClelland & Rumelhardt, 1981)



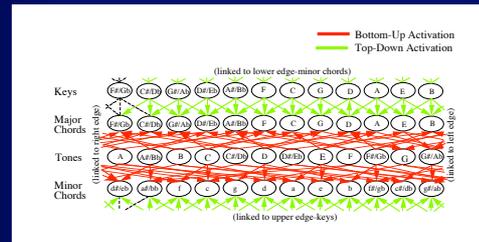
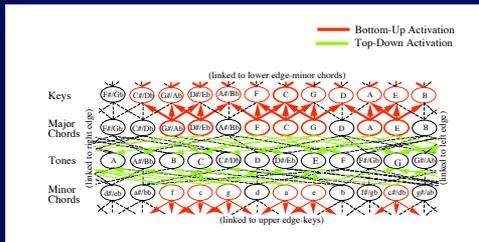
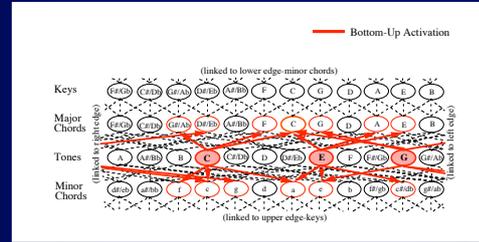
Influences top-down avec une activation interactive (reverberation) dans un réseau hiérarchique

(McClelland & Rumelhardt, 1981)

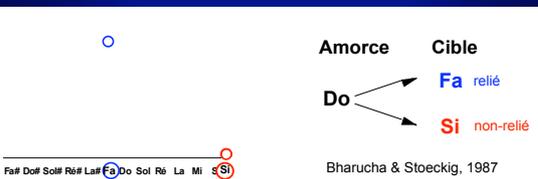
Un modèle de représentation des connaissances tonales



MUSACT (Bharucha, 1987)

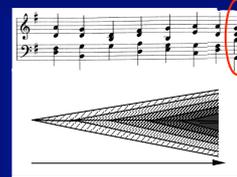


1) Activation après la présentation d'un accord Do Majeur

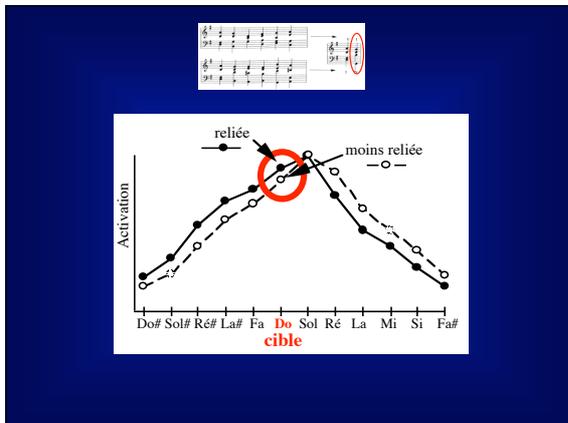


Bharucha & Stoeckig, 1987

2) Activation après un contexte long (accords 1 à 7)



$$a_{i,\theta} = A + \sum_{c=1}^i \Delta a_{i,\theta} + a_{i,\theta-1}(1-d)^t$$

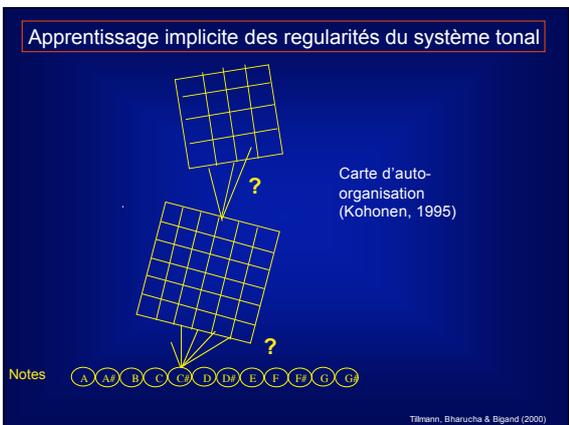
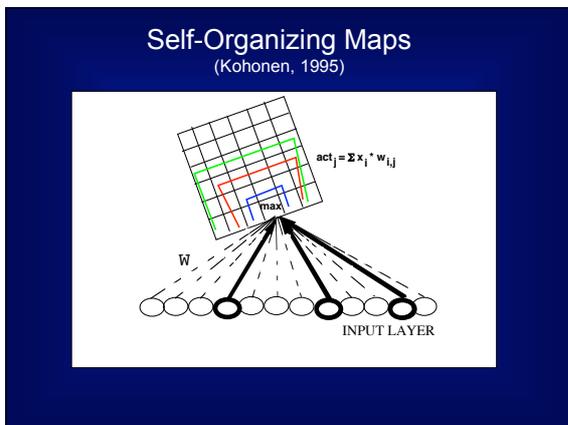
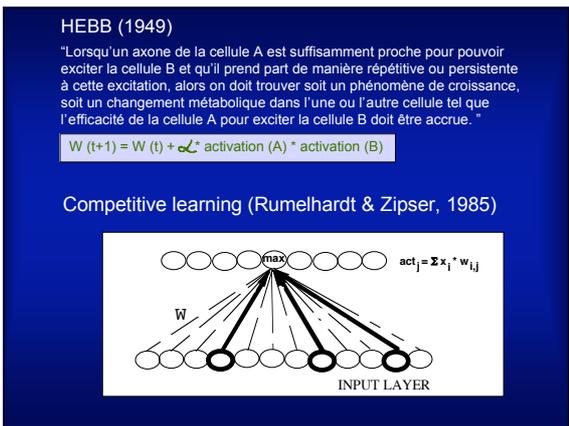
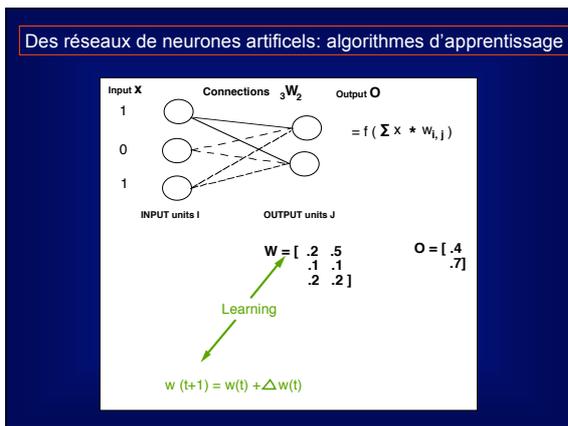


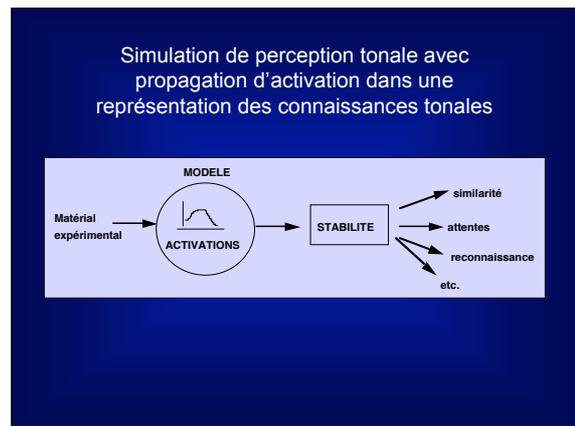
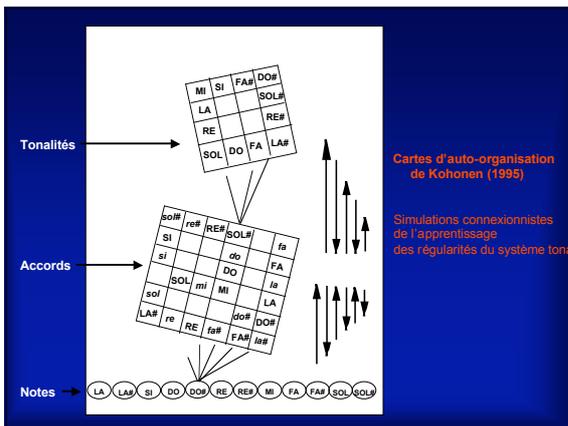
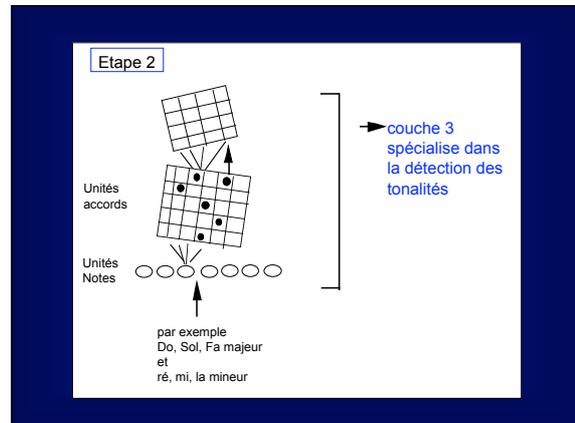
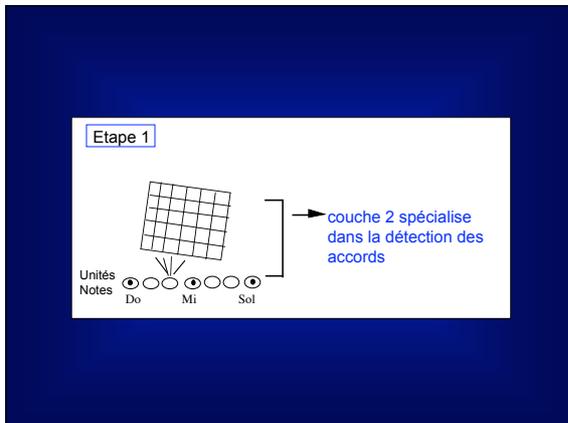
Amorçage harmonique :
 Activation des connaissances tonales de l'auditeur

- activation qui se propage dans le réseau simule l'influence des contextes local et global
- relations harmoniques émergent de la réverbération
- pas de règles explicites

→ apprentissage implicite d'une telle représentation des connaissances tonales par exposition répétée ?

→ simulations d'autres données sur la perception musicale ?





Relations entre les accords

Jugements de similarité (Bharucha & Krumhansl, 1983, Exp. 1; Krumhansl, Bharucha & Castellano, 1982)

Reconnaissance (Bharucha & Krumhansl, 1983, Exp. 2)

Attentes harmoniques

Amorçage (Bharucha & Stoeckig, 1986, 1987; Tekman & Bharucha, 1998; Bigand & Pineau, 1997; Bigand et al., 1999; Tillmann et al., 1998)

Potentiels évoqués (Patel, Gibson, Ratner, Besson & Holcomb, 1998)

Relations entre les tonalités

Identification des tonalités et perception de changements de tonalités (Krumhansl & Kessler, 1982, Exp. 2; Cuddy & Thompson, 1992)

Relations entre les notes

Hiérarchies tonales (Krumhansl & Kessler, 1982, Exp. 1)

Jugements de similarité (Krumhansl, 1979)

Reconnaissance de mélodies (Dowling, 1978)

Similarity Judgments

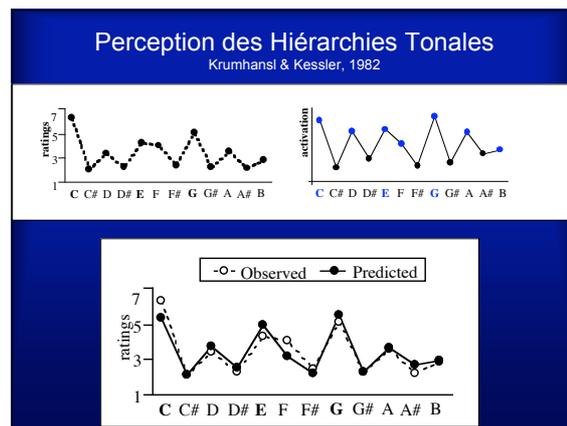
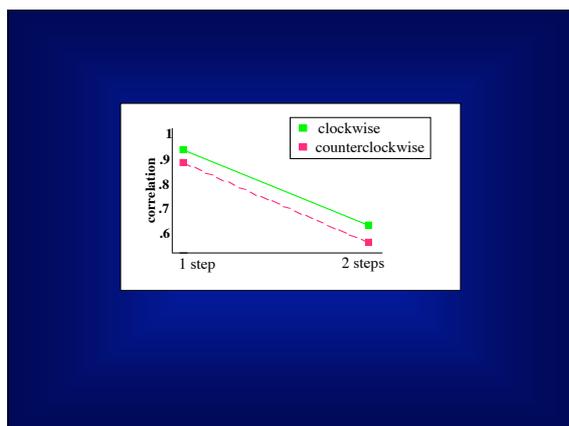
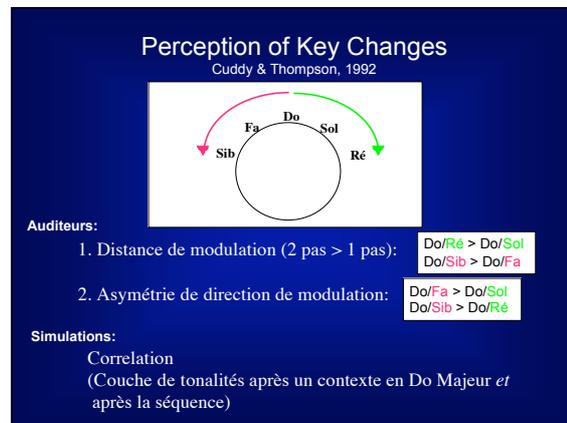
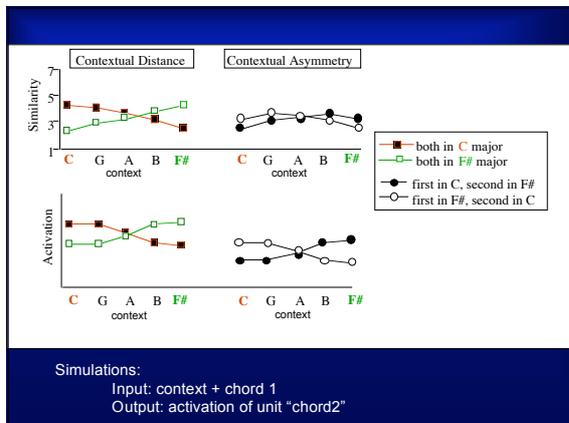
Bharucha & Krumhansl, 1983; Krumhansl et al., 1982

2 accords cible (dans la tonalité de Do ou Fa# Majeur)

Do - Sol
Fa# - Si
Do - Fa#

5 contextes musicaux

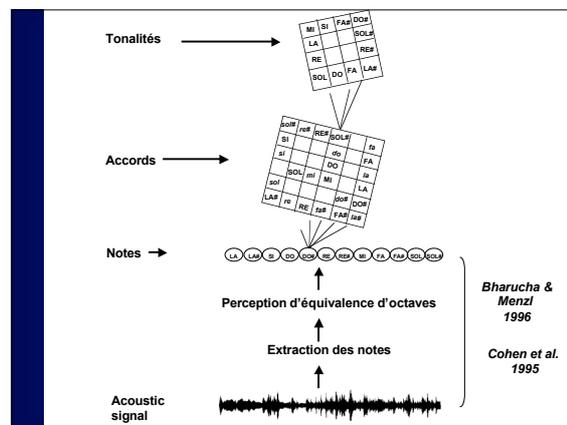
Do
Fa#



Apprentissage implicite des régularités dans la musique tonale: Une approche d'auto-organisation

- Apprentissage des régularités tonales par auto-organisation (par simple exposition)
- Représentation économique
- Perception (influences top-down via activation qui réverbère entre les couches)
- Simulation des relations perçues entre notes, accords et tonalités

→ Propagation d'activation dans les connaissances tonales comme mécanisme sous-jacents à des tâches cognitives différentes



Apprentissage implicite des régularités dans la musique tonale:
Une approche d'auto-organisation

- Apprentissage des régularités tonales par auto-organisation (par simple exposition)
- Représentation économique
- Perception (influences top-down via activation qui réverbère entre les couches.
- Simulation des relations perçues entre notes, accords et tonalités

→ Propagation d'activation dans les connaissances tonales comme mécanisme sous-jacents à des tâches cognitives différentes

- Apprentissage d'une représentation de timbres (Toivianinen, 1995, 1997)
- Simulation Experts vs. Nonexperts of Finnish Folk Hymns (Krumhansl et al., 1999)

Modèles connexionnistes et Perception musicale

- Connaissances schématiques sur le système tonal
- Classification des accords (Laden & Keefe, 1989)
- Perception des mélodies, intervals etc (T. Griffith)
- Apprentissage et reconnaissance des mélodies (C. Stevens, M. Page, Bharucha & Todd, 1989)
- Perception des styles musicaux (B. Gjerdingen, C. Krumhansl)
- Traitement auditif et extraction des tonalités (M. Leman)
- Extraction de la hauteur fondamentale (Sano & Jenkins, 1991; Taylor & Greenhough, 1994)
- Perception du rythme et de la métrique (Large & Jones)

Corrélat neurophysiologiques de la perception musicale

- ... des effets de contextes
- ... de l'écoute attentive --> attention
- ... l'émotion musicale

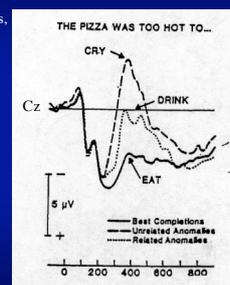
Corrélat neurophysiologiques des effets de contextes ?

LANGAGE: Relations sémantiques

Traitement des mots attendus, peu attendus et inattendus

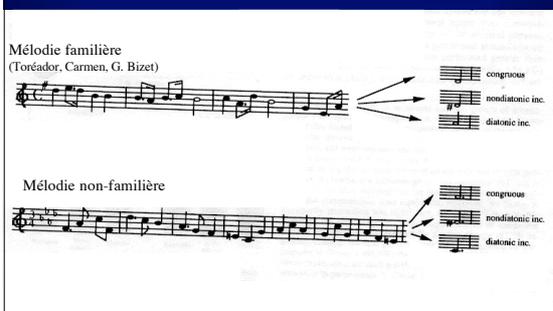
N400
(maximum amplitude 400 ms après le début du mot cible)

- indicateur des attentes sémantiques



(Kutas & Hillyard, 1980)

MUSIQUE: mélodies



(Besson & Faita, 1995)

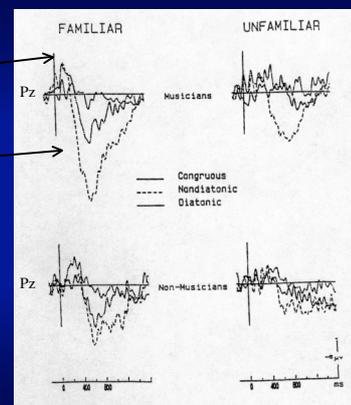
onset de dernière note

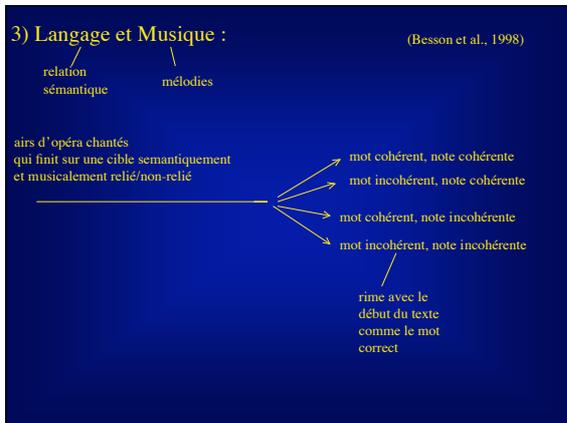
LPC

Late Positive Component (maxi ~ 600 ms après onset de la dernière note)

LPC (nondiatonic) > LPC (diatonic) > LPC (congruent)

LPC (familier) > LPC (nonfamilier)

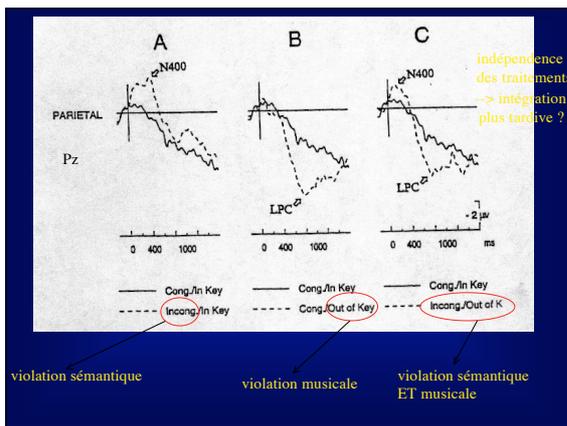




FAUST

GOUNOD

SENS !
SCIENCES !
SENS !
SCIENCES !



LANGAGE et MUSIQUE

relation syntaxique (Expérience 1) harmonie (Expérience 2) - même groupe de sujets-

Phrase syntaxiquement - simple - complexe - incorrecte

P600 (incorrecte > complexe) pas de P600 pour simple

P600 (tonalité éloignée) > (tonalité proche) > (tonalité du contexte)
N350 (tonalité éloignée)

Attentes harmoniques : Potentiels évoqués et MEG

ERAN early right anterior negativity (maxi autour de 200ms)

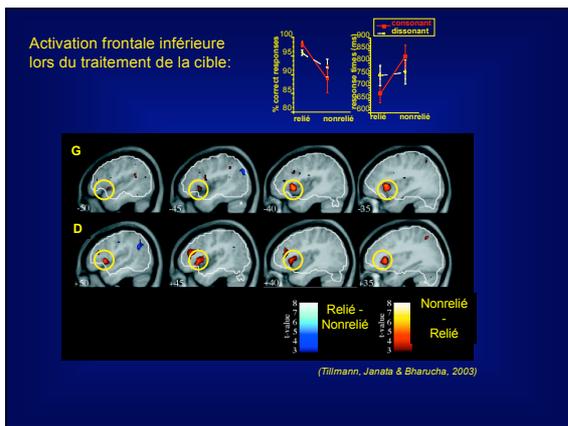
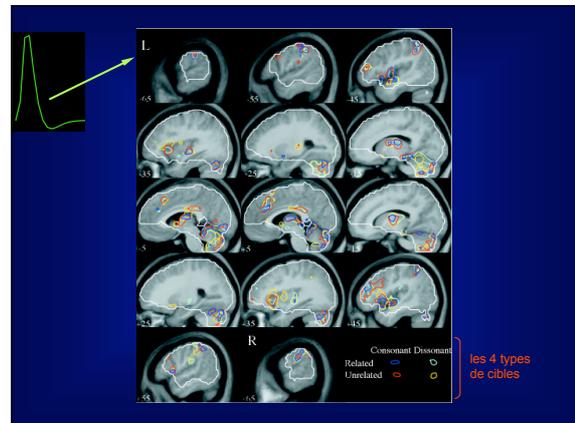
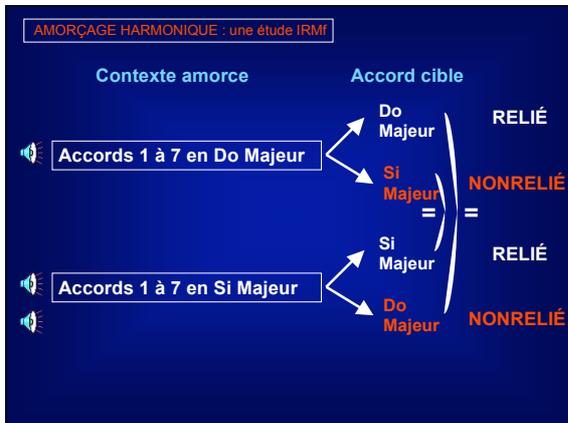
- Potentiels évoqués : ERAN
- MEG : ERANm

(Koelsch et al., 2000; Maess et al., 2001)

Violation des attentes musicales : Localisation de sources du signal MEG

mERAN

« Musical syntax is processed in Broca's area » (Maess et al., 2001)



Amorçage musical avec **fortes** violations d'attentes: une étude IRMf

Régions frontales inférieures:

- traitement de structures syntaxiques en musique (Maess et al., 2001 - MEG; Koelsch et al., 2002, 2005 - fMRI)

Cibles en dehors de la tonalité

- dissonance sensorielle des cibles nonrelées (détection de déviance)?
- suppression neuronale à cause de la répétition des cibles relées? (amorçage par répétition?)

Amorçage musical avec **faibles** violations d'attentes: une étude IRMf

Timbres musicaux (Tillmann, Bigand, Escoffier & Lalitte, 2010)

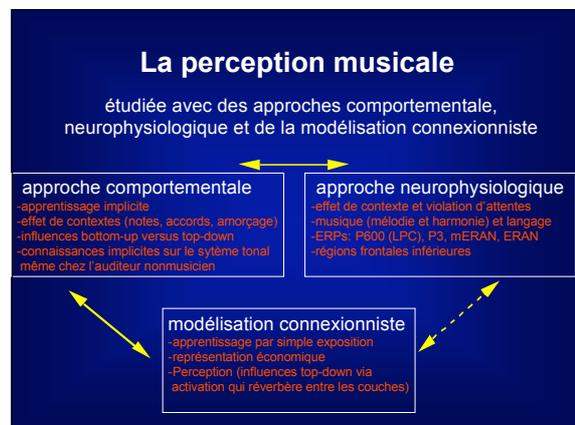
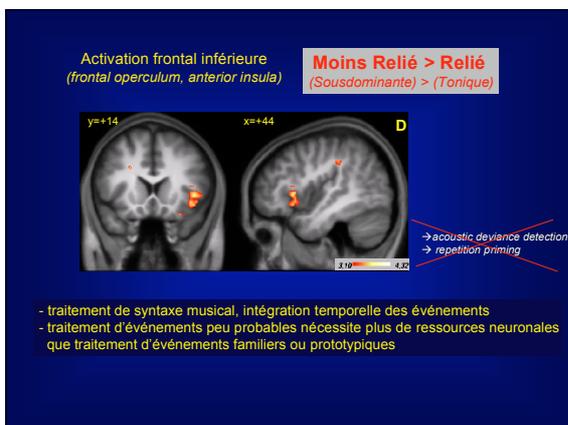
Chantées sur syllabes (Bigand, Tillmann, Poulin, D'Adamo, 2011)

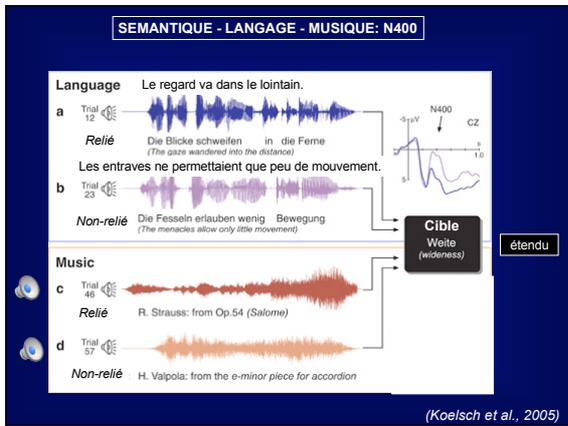
Reliée (I)

Moins Reliée (IV)

Cibles n'apparaissent pas dans le contexte

(Tillmann, Koelsch, Escoffier, Bigand, Lalitte, Friederici & vonCramon)





Écoute attentive

Violin
Cello
Piano

Attention auditive (flux multiples)

Stimuli auditifs simples (sons purs, phonèmes, CVC, « auditory oddball »)

Pugh et al. (1996) : tâches de détection de CV ou de changement de fréquence présentation binaurale (un flux) ou *dichotique* (deux flux) → PARIÉTAL inférieur, FRONTAL inférieur et TEMPORAL supérieur

Attention auditive (flux multiples) : Perception d'extraits musicaux

Expérience I

- deux courants auditifs
- instructions d'écoute

Expérience II

- trois courants auditifs
- tâche de détection de déviants avec deux instructions

Analyse de conjonction (Exp I + II)

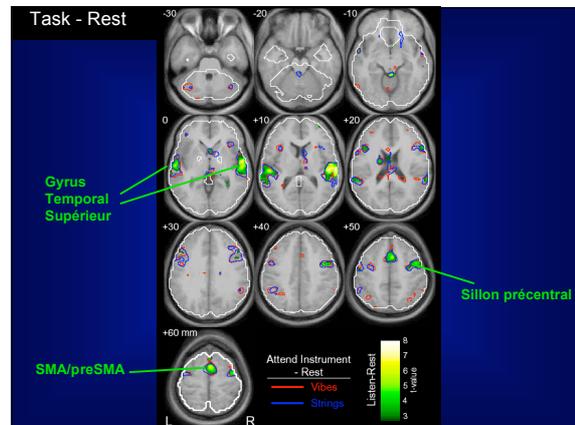
(Janata, Tillmann & Bharucha, 2002)

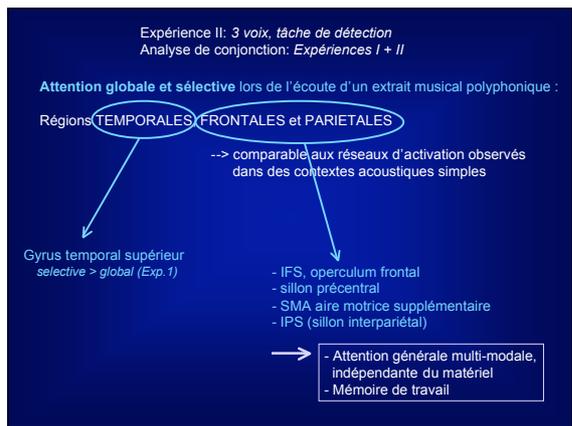
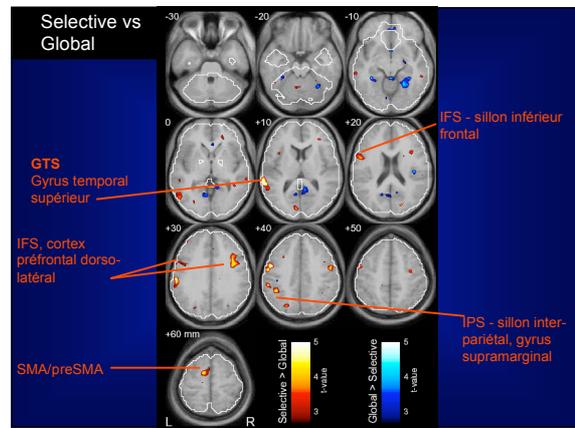
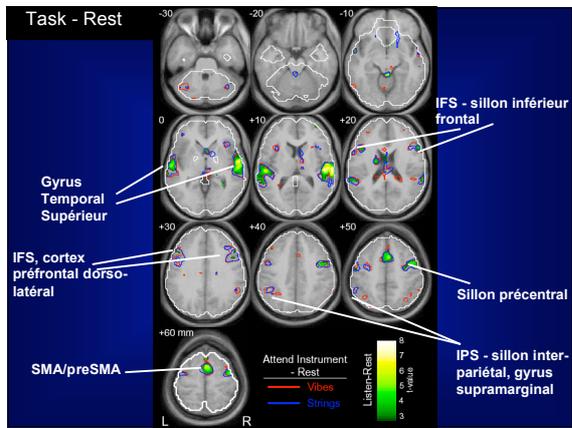
Expérience I

Excerpt 1: Vivace
Melody 1A
Melody 1B

Excerpt 2: Giga
Melody 2A
Melody 2B

- deux timbres : vibraphone, cordes
- deux instructions :
 - "listen" : écouter globalement, de façon holistique
 - "attend" : focaliser l'attention sur l'instrument indiqué





Emotions musicales

JOIE	COLERE	PEUR	TRISTESSE
------	--------	------	-----------

Méthodes expérimentales

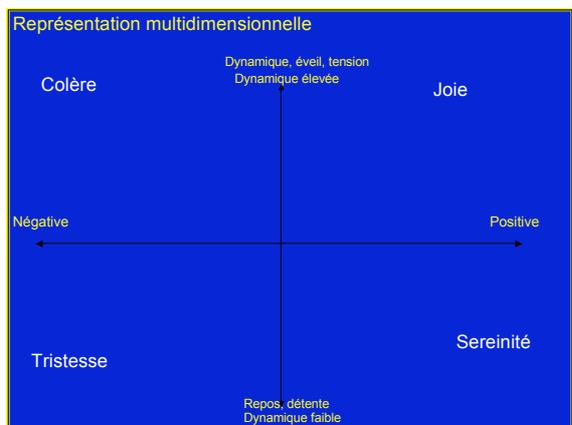
- échelles subjectives : 0 à 10 juger la joie, colère, anxiété, tristesse
- ou: cette musique évoque pour moi ...
- mesures neurophysiologiques

Rythme cardiaque, pression sanguine, conductivité de la peau, profondeur de la respiration, etc... **Krumhansl (1997)**

4 émotions musicales de base ?

Joie: Jubilation, exaltation, triomphe, sérénité
Tristesse: drame, souffrance, lamentation, mélancolie ...

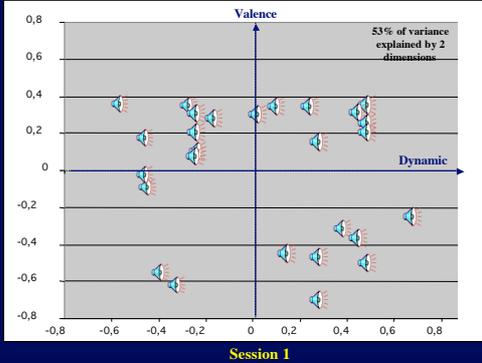
...



Bigand, Viellard & Madurell

« Try to group musical excerpts that evoke for you the most similar feelings »

Session 1



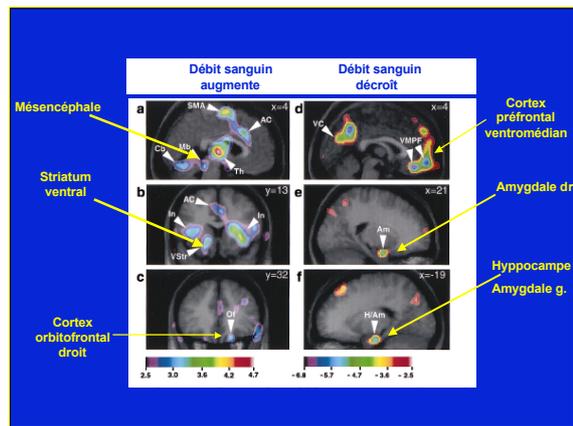
EMOTIONS MUSICALES

- 1) Perception des extraits acoustiquement consonants et dissonants
Blood & Zatorre, 1999
- 2) Perception des pièces chargées émotionnellement / intensément plaisantes
Blood & Zatorre, 2001

- choisi individuellement
- étude TEP
- mesures physiologiques (heart rate, respiration depth, electrodermal response, skin temperature)
- pièces musicales chargées = contrôles pour autre sujet ...

Expl:
Rachmaninoff Piano Concerto No 3 ré mineur op 30 Intermezzo Adagio
Barber's Adagio for Strings

"chills" ↑ heart rate ↑
respiration depth ↑
...
correlation with rCBF changes



"chills" ↑ heart rate ↑
respiration depth ↑
...
correlation with rCBF changes

Pattern of activities:
- similar to that observed for euphoria and/or pleasant emotion
- cocaine administration
- reward response to naturally rewarding stimuli (food, sex) and drugs (cocaine, heroine)

Performance musicale

= habilité motrice rapide + traitements cognitifs

- mémoire
- récupérer des unités structurales
- coordination des mouvements
- communiquer structures musicales et emotions

Pas récupérer pièce entière
Segmenter en unités structurales/phrases

- Experiment:
- montrer brièvement partition au pianist
 - jouer de mémoire
 - rappel de segments (STM constraints)
 - erreurs = indication "on how far ahead" le pianiste peut planifier
--> unités plus grandes avec expertise

erreurs = remplacer des notes "dans la tonalité"
--> influence des connaissances tonales

Timing of movements
- "internal clocks" or "timekeepers"
Pex rythme 1:1, 1:2 > 3:2 4:3

Paramètres d'expressivité
(*timing, loudness, timbres*)
Ralentir à la fin des phrases
"Melody onset": 50ms plus tot que les voix en parallèle

