

Projet SIMBALS

musical SIMilarity Between Audio signalS

`http://simbals.labri.fr`

`simbals@labri.fr`

Pierre HANNA

LaBRI

Université de Bordeaux 1

France





Bases de données audio/musicales

De plus en plus de documents audio/musicaux disponibles:

- mobiles, internet, ...
- sortie de 10000 albums chaque année
- 100000 demandes de copyright chaque année
- distribution de la musique en ligne : marché en pleine croissance

- la musique est le type de demande la plus populaire sur le web
- différents formats : audio, partition, vidéo, etc...
- Communautés liées à la musique (*myspace*, ...)



Actuellement:

- Recherche par le nom de l'interprète ou du morceau

Besoin de proposer de **nouvelles méthodes de navigation**

- Communauté de recherche *Music Information Retrieval*
- Existant
 - Shazam/iPhone
 - Recommandations par goûts communs (lastfm)
- Reposent sur le développement de méthodes d'estimation de la *similarité musicale*





Similarité musicale

Problème complexe

- interprète
- compositeur
- morceau (reprise)
- style, genre (rock, blues)
- humeur (gai, triste)
- *rythme*
- *mélodie*
- *harmonie*
- *timbre*





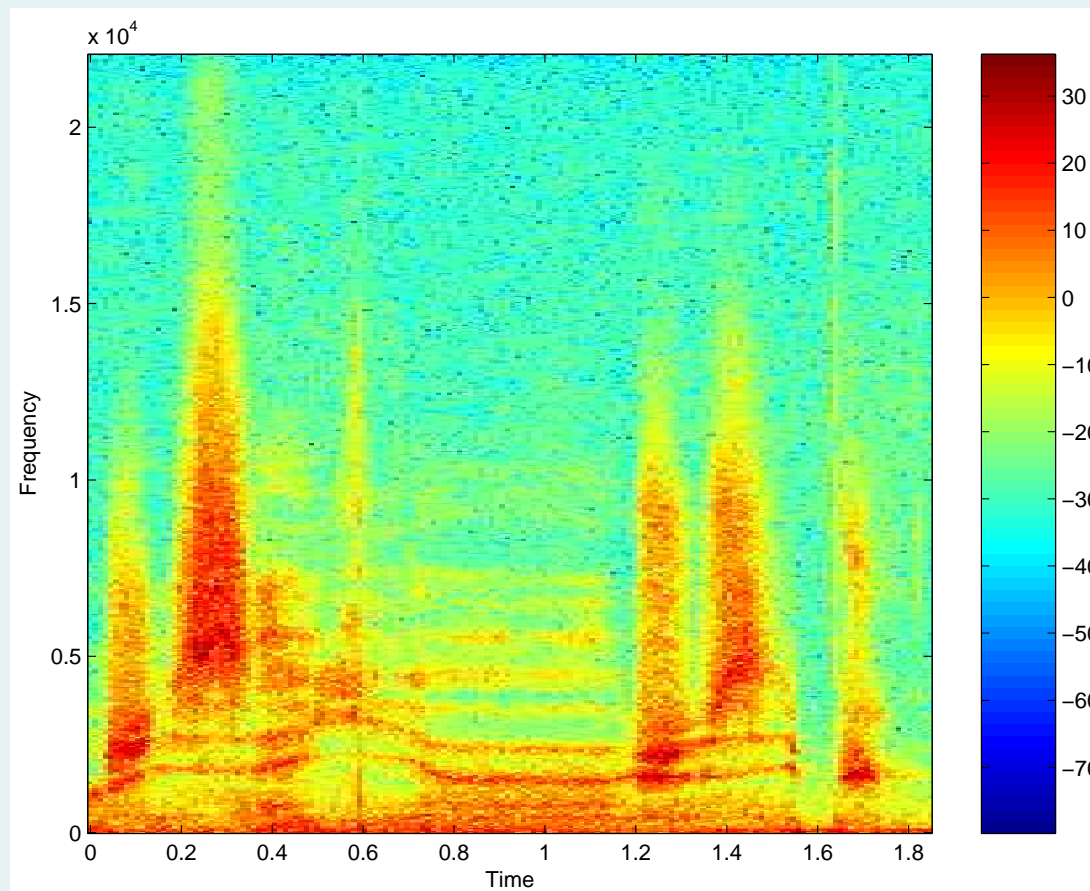
Évaluation de la similarité musicale

- Problème transdisciplinaire
 - Musique (Conservatoire)
 - Traitement du Signal
 - Informatique (algorithmique du texte)
- Compétences au LaBRI : projet inter-équipe
- Comparaison basée sur le contenu
 - Description du son musical
 - Comparaison d'informations musicales



Analyse du son numérique

- Son numérique
- Transformée de Fourier discrète à court terme





Description musicale

Représentation temporelle ou spectrale d'un son

- Beaucoup d'information
- mais peu informative

Réduction du signal

- sur un seul réel (par ex. volume)
- sur quelques réels (par ex. histogrammes)

Descripteurs (*features*) haut/bas niveau





Descripteurs sonores

Classification d'un morceau de musique en rock

- Présence de certains instruments
 - Batterie
 - Guitare électrique
- Présence de voix chantée (hurlée ?)
- Harmonie *simple*
- Paroles sur la drogue, la révolution, la jeunesse, ...
- Production : compression, effets type chorus/flanger, ...

Descripteurs **haut-niveau**





Descripteurs sonores

haut-niveau

- ont du sens
- sont présents dans le signal
- très durs à analyser automatiquement
- recherche de descripteurs pour estimer des descripteurs...

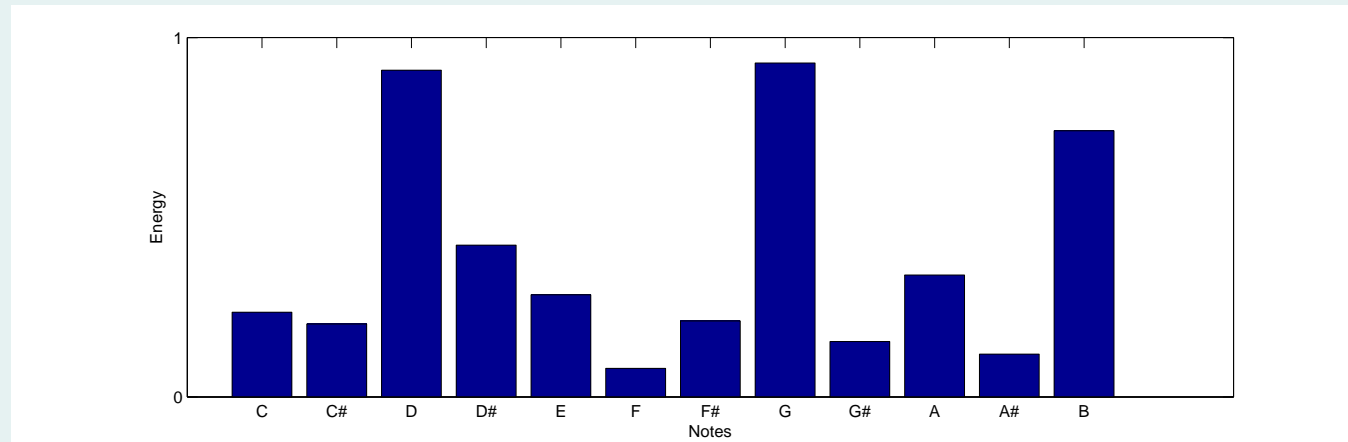
bas-niveau

- simples à calculer
- plus difficiles à faire le lien avec le sens musical
- peut être utilisé par moteurs statistiques

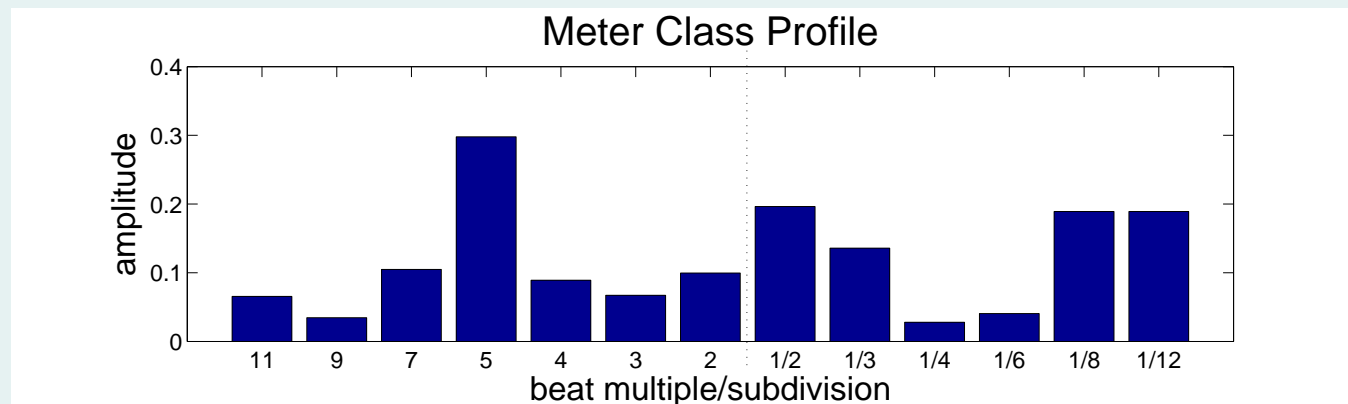


Estimation d'informations musicales

- Contexte tonal local



- Descripteur de la métrique



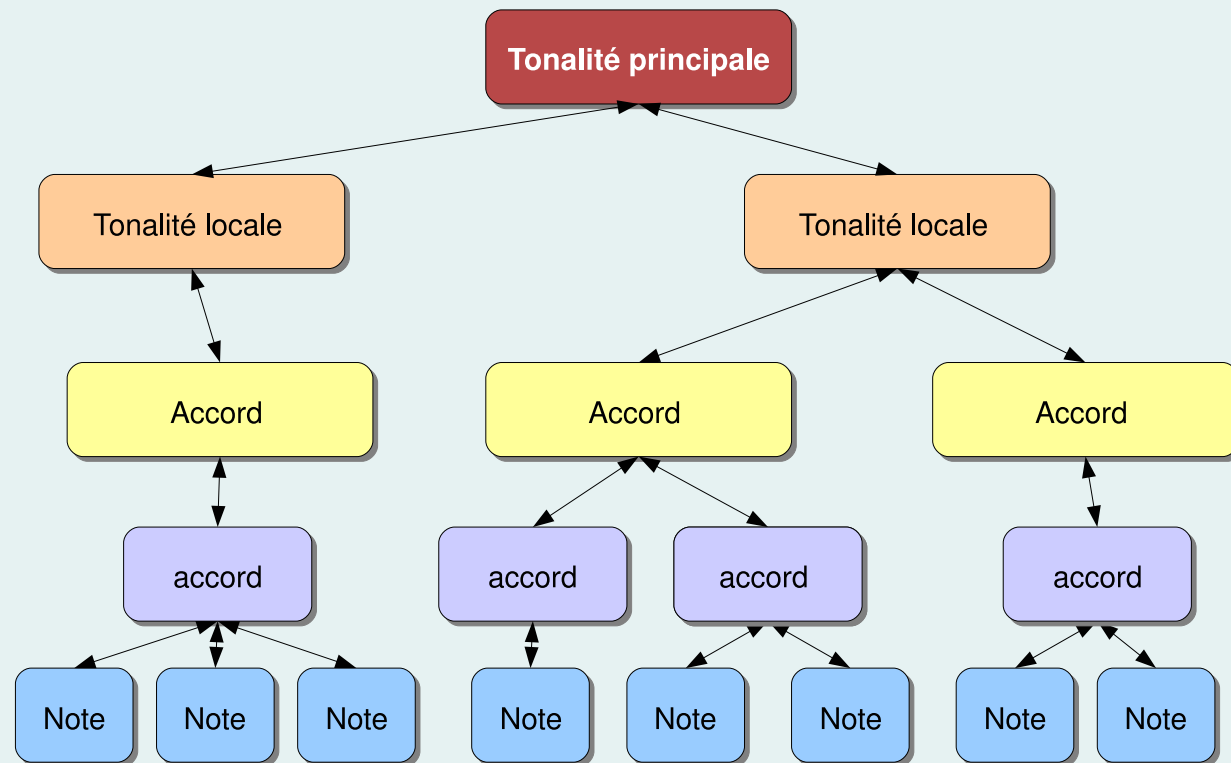
- Descripteur du timbre

MFCC, rugosité, centroïde spectral, ...

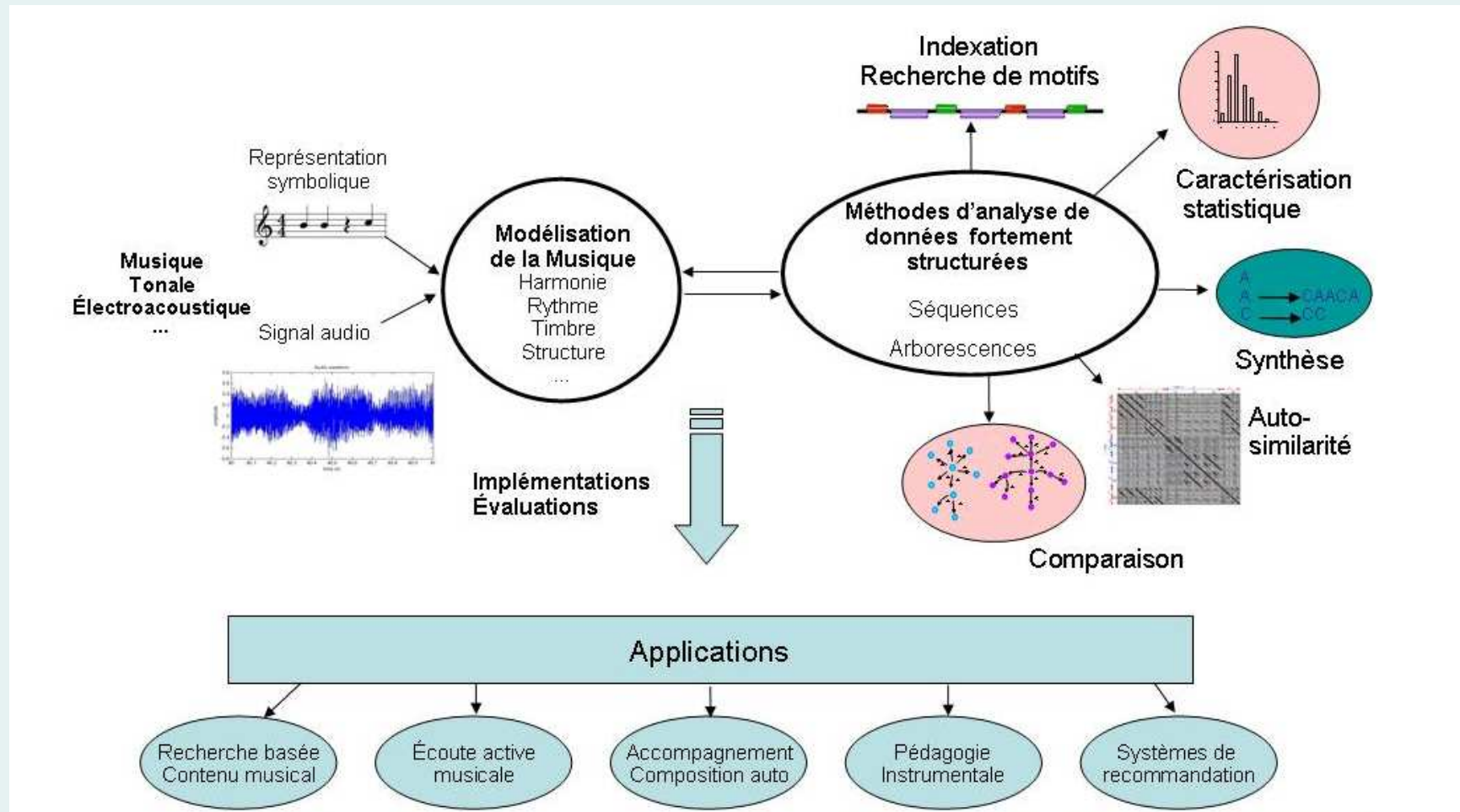


Structuration d'informations musicales

- Séquences de descripteurs
- Séquences d'ensembles de descripteurs
- Structures arborescentes de descripteurs



Comparaison de données structurées





Alignement de séquences

Descripteur musicaux symboliques and ADN : **vocabulaire limité**

Algorithmes d'édition : [Needleman & Wunsch 70] (protéines), [Wagner & Fisher 74] (texte), [Mongeau & Sankoff 90] (musique)

- Idée principale:
 - instrumentiste peut jouer des *fausses* notes
 - prendre en compte toutes les *erreurs*
- Calcul du *coût* nécessaire pour transformer un morceau en un autre
- Le coût minimal correspond à la plus forte similarité





Distance d'édition : exemple

distance(APPLIED,PRINCE) ?

chaîne 1 s	A	P	P	L	I	_	_	E	D
chaîne 2 t	_	P	R	_	I	N	C	E	_
opération	D	M	S	D	M	I	I	M	D

9 opérations d'édition

- Insertion (I)
- Deletion (D)
- Matching (M)
- Substitution (S)





Alignement local

- Programmation dynamique
- Détermine la région de meilleure correspondance entre deux séquences
- Sorties:
 - qualité de l'alignement \implies **score**
 - positions correspondantes
- Un score associé à chaque opération
Par exemple:
 - Deletion/Insertion: -2
 - Substitution: -1
 - Matching: 1
- Pas de score négatif





Traceback

	_	P	R	I	N	C	E	S	S
_									
R									
I									
C									
E									





Traceback

	_	P	R	I	N	C	E	S	S
_	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0								
I	0								
C	0								
E	0								

- Suppression/Insertion: -2
- Pas de score négatif





Traceback

	_	P	R	I	N	C	E	S	S
_	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0	0	1	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	2	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	1	1	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	2	0	0

$$M[i, j] = \max \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ M[i-1, j] - 2 \\ M[i, j-1] - 2 \\ M[i-1, j-1] + \text{match}(\text{string1}[i], \text{string2}[j]) \end{array} \right\}$$





Traceback

	_	P	R	I	N	C	E	S	S
_	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0	0	1	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	2	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	1	1	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	2	0	0

⇒ scores maximum : 2

⇒ 2 alignements avec ce score



Traceback

	_	P	R	I	N	C	E	S	S
_	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0	0	1	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	2	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	1	1	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Retrouver le meilleur alignement **local** correspondant au score maximum:

P	R	I	N	C	E	S	S
	R	I					





Traceback

	_	P	R	I	N	C	E	S	S
_	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0	0	1	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	2	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	1	1	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Dans le cas de plusieurs alignements, considérer l'alignement **local** correspondant à la plus longue séquence:

P	R	I	N	C	E	S	S
	R	I	_	C	E		





Similarité mélodique

Exemples de difficultés de la similarité mélodique

- Réglages des scores de substitution par rapport à la théorie musicale
- Erreurs d'analyse
- Variations musicales
 - Transpositions locales
 - Notes plus importantes que d'autres (notes tonales, temps forts, ...)

Problèmes de l'évaluation (MIREX)





Application : détection de reprises

Similarité harmonique : application à la recherche de reprises/versions

- Morceau original
- Version différente
- Reprise 1
- Reprise 2
- Reprise 3
- Reprise 4

Détection de plagiats

Exemple : Bright Tunes Music v. Harrisongs Music (1976)

He's So Fine (Ronald Mack) / My Sweet Lord (George Harrison)





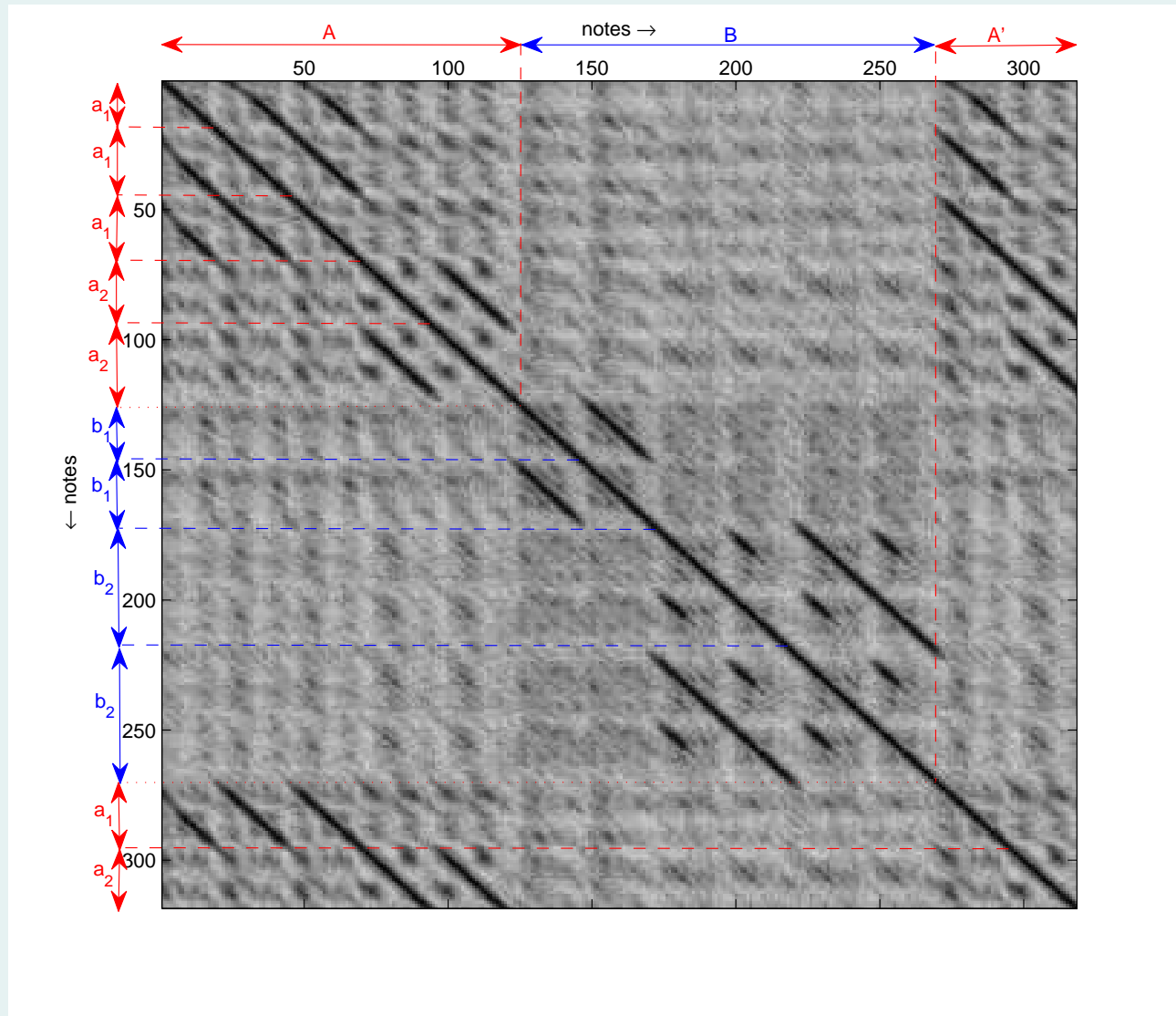
Application : QBH/QBT

- Requête audio
 - Chantonnement (original)
 - motif rythmique
- Extraction données musicales (onset, pitch)
- Estimation de la similarité (base de données)

- Évaluation MIREX
- Évaluation méthodes de détection/estimation audio



Application : visualisation



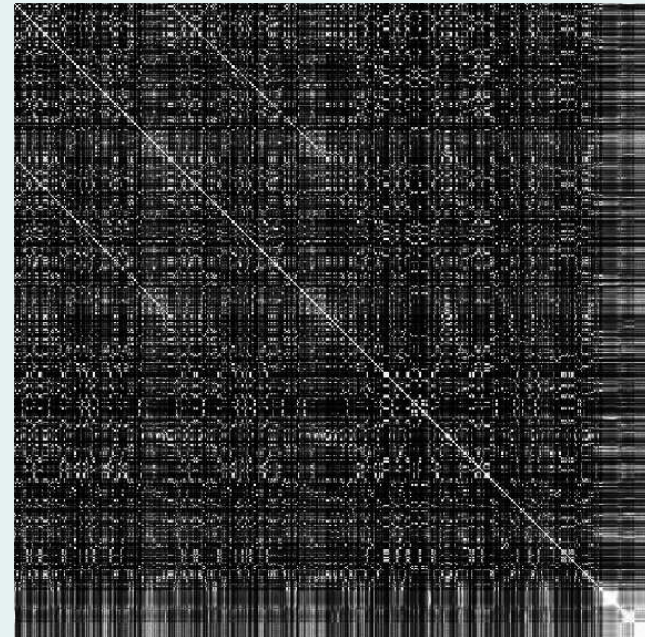
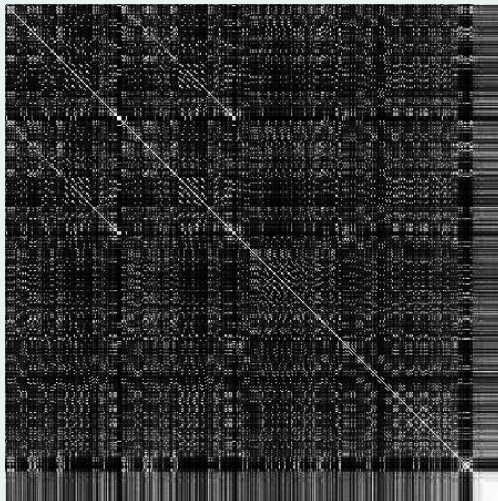
Matrice d'auto-similarité de la partie *Menuet* de *Water Music Suite No.1 in F* (Haendel).





Application : structure musicale

- Inférence de structures, Recherche de répétitions
 - approximatives/exactes
 - chevauchantes/non
 - critères : plus longues, plus nombreuses, ...
- Application à la détection de couplets/refrains
- Comparaison basée sur les propriétés structurelles (alignement motifs 2D)



- Indexation, compression de données structurées
- Résumés automatiques
- Passage à l'échelle (par exemple implémentation GPU)

Applications :

- Moteurs de recherche audio/musique
- Systèmes de recommandation
- Alignement audio/symbolique
- Pédagogie instrumentale, jeux musicaux
- Synthèse
- Écoute active
- Écoute augmentée

