

Détection automatique d'accords

Belief Propagation pour la détection automatique d'accords

Vincent Martin

10 janvier 2019

- 1 Présentation du projet
 - Contexte du projet
- 2 HMM et État de l'Art
 - Principe du HMM
 - Avantages et inconvénients
- 3 Belief Propagation
 - Principe du BP
 - Avantages et inconvénients
 - Remarques
- 4 Schéma du système proposé
- 5 Remplissage du graphe
 - Downbeats
 - Structure
 - Downbeats + Structure
- 6 Résultats
 - Dataset et évaluation
 - Évaluation des accords
- 7 Robustesse au bruit du système
 - Schéma du système
 - Résultats
- 8 Discussions

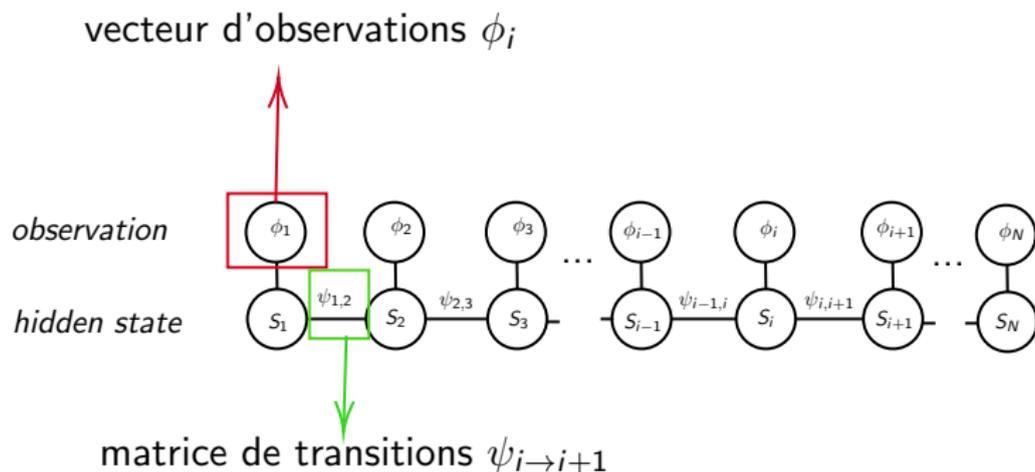
- 1 Présentation du projet
 - Contexte du projet
- 2 HMM et État de l'Art
 - Principe du HMM
 - Avantages et inconvénients
- 3 Belief Propagation
 - Principe du BP
 - Avantages et inconvénients
 - Remarques
- 4 Schéma du système proposé
- 5 Remplissage du graphe
 - Downbeats
 - Structure
 - Downbeats + Structure
- 6 Résultats
 - Dataset et évaluation
 - Évaluation des accords
- 7 Robustesse au bruit du système
 - Schéma du système
 - Résultats
- 8 Discussions

Contexte du projet



- 1 Présentation du projet
 - Contexte du projet
- 2 **HMM et État de l'Art**
 - Principe du HMM
 - Avantages et inconvénients
- 3 Belief Propagation
 - Principe du BP
 - Avantages et inconvénients
 - Remarques
- 4 Schéma du système proposé
- 5 Remplissage du graphe
 - Downbeats
 - Structure
 - Downbeats + Structure
- 6 Résultats
 - Dataset et évaluation
 - Évaluation des accords
- 7 Robustesse au bruit du système
 - Schéma du système
 - Résultats
- 8 Discussions

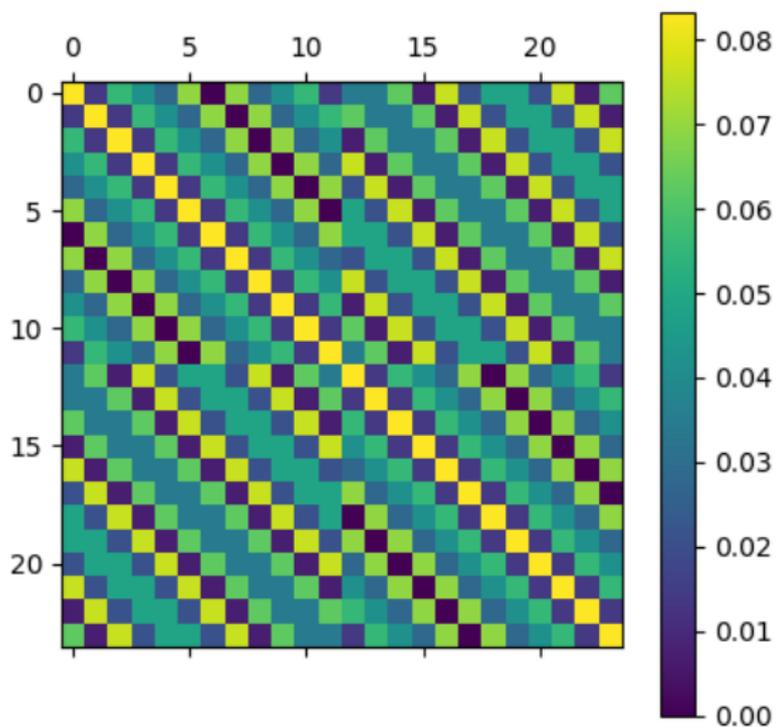
Principe du HMM



- matrice de transitions $\psi_{i \rightarrow i+1}$

$$\begin{bmatrix} p(C_{i+1}|C_i) & p(C\#_{i+1}|C_i) & \dots & p(A\#m|C_i) & p(Bm_{i+1}|C_i) \\ p(C_{i+1}|C\#_i) & & & & p(Bm_{i+1}|C\#_i) \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ p(C_{i+1}|A\#m_i) & & & & p(Bm_{i+1}|A\#m_i) \\ p(C_{i+1}|Bm_i) & & \dots & & p(Bm_{i+1}|Bm_i) \end{bmatrix}$$

Matrice de transitions

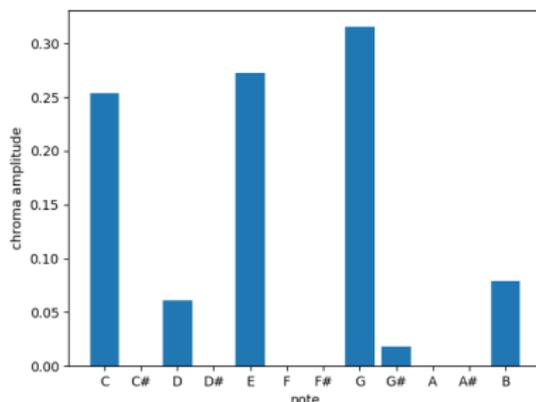


Observations

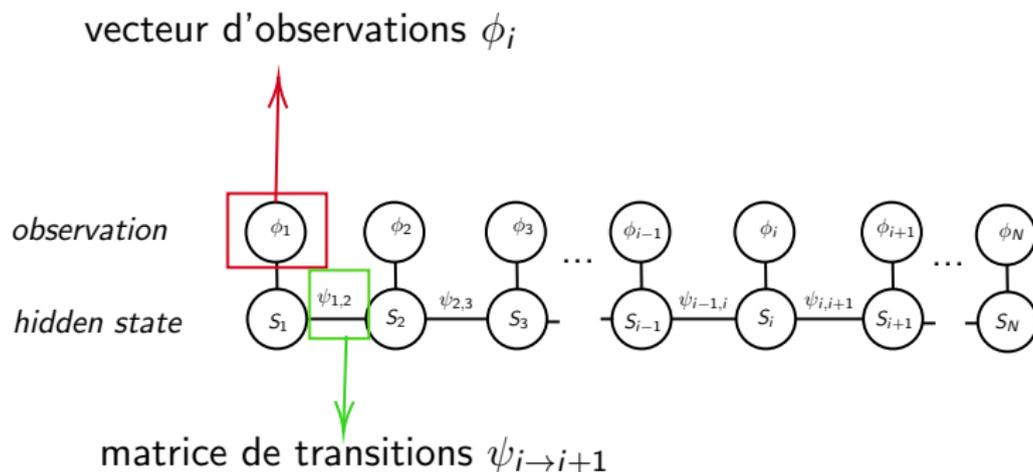
- matrice de transitions $\psi_{i \rightarrow i+1}$
- vecteur d'observations ϕ_i

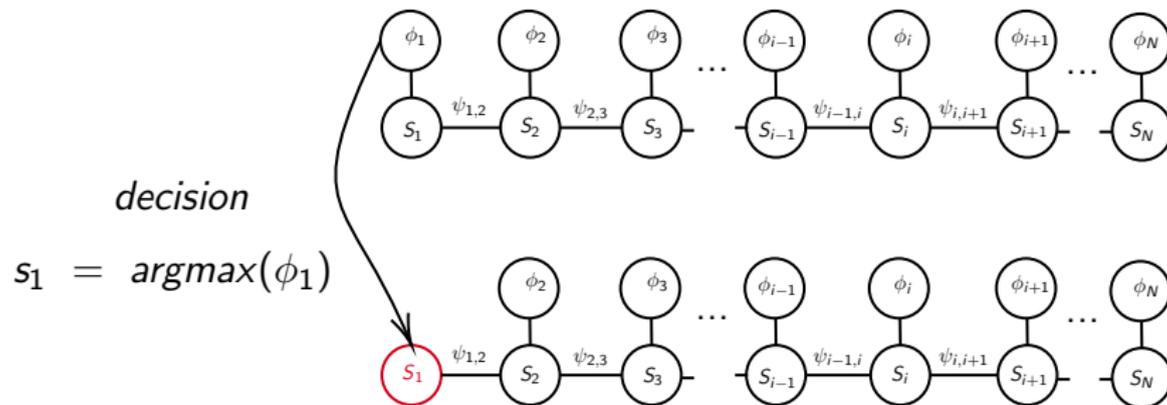
modèle : pour chaque note, pour chaque harmonique : $h^{-0.6}$

$$\phi_i = \begin{bmatrix} p(C|Chroma_i) \\ p(C\#|Chroma_i) \\ \vdots \\ p(B|Chroma_i) \\ p(Cm|Chroma_i) \\ \vdots \\ p(Bm|Chroma_i) \end{bmatrix}$$



Principe du HMM

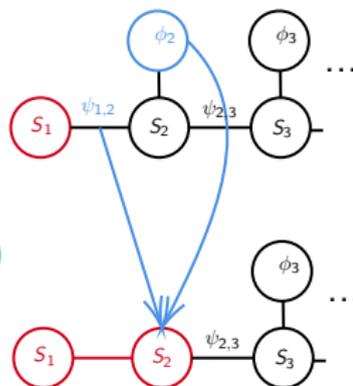




Principe du HMM

decision

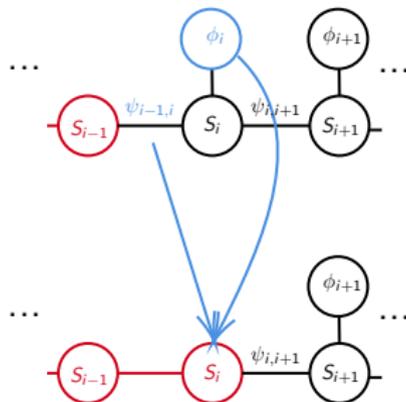
$$s_2 = \operatorname{argmax}(\phi_2 \cdot \psi_{1 \rightarrow 2}[s_1, :])$$



Principe du HMM

decision

$$s_i = \operatorname{argmax}(\phi_i \cdot \psi_{i-1 \rightarrow i}[s_{i-1}, :])$$



HMM : Avantages et inconvénients

Avantages :

- Simple
- Rapide

Inconvénients :

- Propagation des erreurs
- Pas de prise en compte de la structure

- *Mauch2010* :
M. Mauch and S. Dixon. Simultaneous estimation of chords and musical context from audio.
- *PapadopoulosTzanetakis2017* :
H. Papadopoulos and G. Tzanetakis. Models for music analysis from a markov logic networks perspective.
- *Boulanger-Lewandowski et al. 2013* :
N. Boulanger-Lewandowski, Y. Bengio, and P. Vincent. Audio chord recognition with recurrent neural networks.

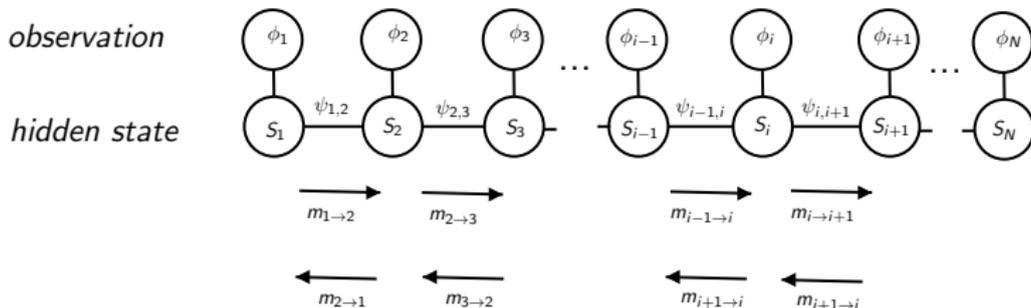
- 1 Présentation du projet
 - Contexte du projet
- 2 HMM et État de l'Art
 - Principe du HMM
 - Avantages et inconvénients
- 3 **Belief Propagation**
 - Principe du BP
 - Avantages et inconvénients
 - Remarques
- 4 Schéma du système proposé
- 5 Remplissage du graphe
 - Downbeats
 - Structure
 - Downbeats + Structure
- 6 Résultats
 - Dataset et évaluation
 - Évaluation des accords
- 7 Robustesse au bruit du système
 - Schéma du système
 - Résultats
- 8 Discussions

Propagation de messages entre les Nodes.

Deux grandes étapes :

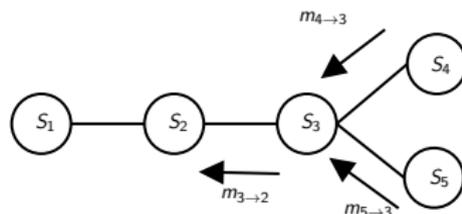
- Calcul des messages
- Calcul du *belief* de chaque node

Calcul des messages



$$m_{i \rightarrow j}(\text{chord } c') = \sum_{\text{chords } c} \text{Obs}_i(c) \psi_{i,j}(c, c') \prod_{p \in N(i), p \neq j} m_{p \rightarrow i}(\text{chord } c') \quad (1)$$

Calcul des messages : Exemple



$$\begin{aligned} m_{3 \rightarrow 2}(x_j) &= \sum_{x_i} \phi_3(x_i) \psi_{3,2}(x_i, x_j) \prod_{p \in \{4,5\}} m_{p \rightarrow 3}(x_j) \\ &= \sum_{x_i} \phi_3(x_i) \psi_{3,2}(x_i, x_j) m_{4 \rightarrow 3}(x_j) m_{5 \rightarrow 3}(x_j) \end{aligned}$$

Calcul des beliefs :

$$b_i(c) = Obs(c) \prod_{j \in N(i)} m_{j \rightarrow i}(c) \quad (2)$$

Avantages :

- Prise de décision uniquement à la fin
- Fonctionne avec n'importe quel graphe

Inconvénients :

- Temps de calcul beaucoup plus long
- Certains cas ne convergent pas

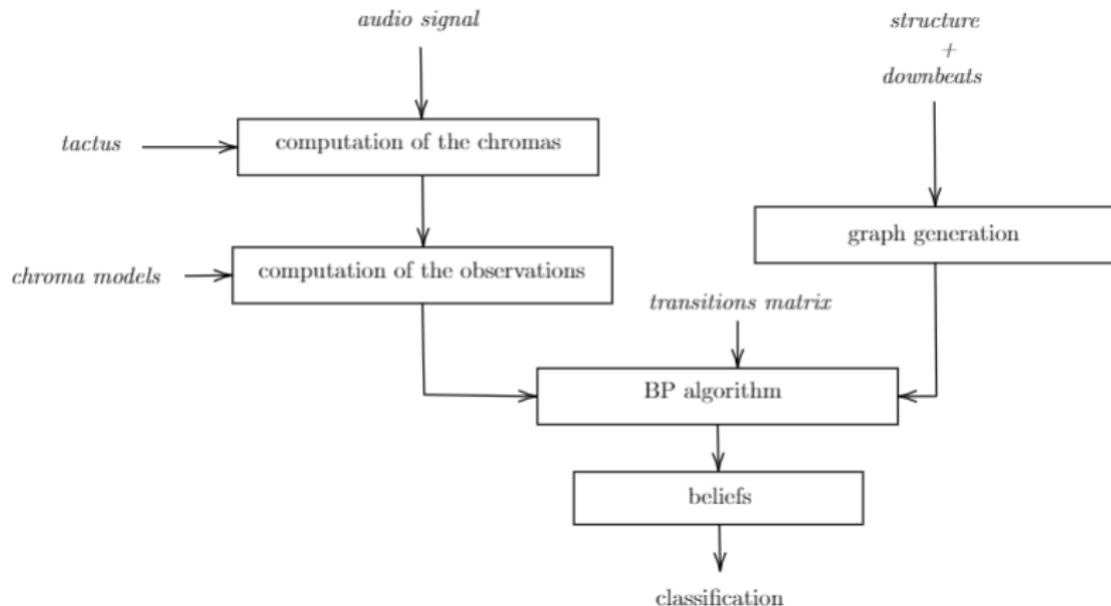
- Max-Product algorithm :

$$m_{i \rightarrow j}(x_j) = \max_{x_i} \phi_i(x_i) \psi_{i,j}(x_i, x_j) \prod_{p \in N(i), p \neq j} m_{p \rightarrow i}(x_j)$$

- Critère de convergence : $\forall (i, j) \max_k |m_{i \rightarrow j}^{n+1}(k) - m_{i \rightarrow j}^n(k)| \leq \epsilon$

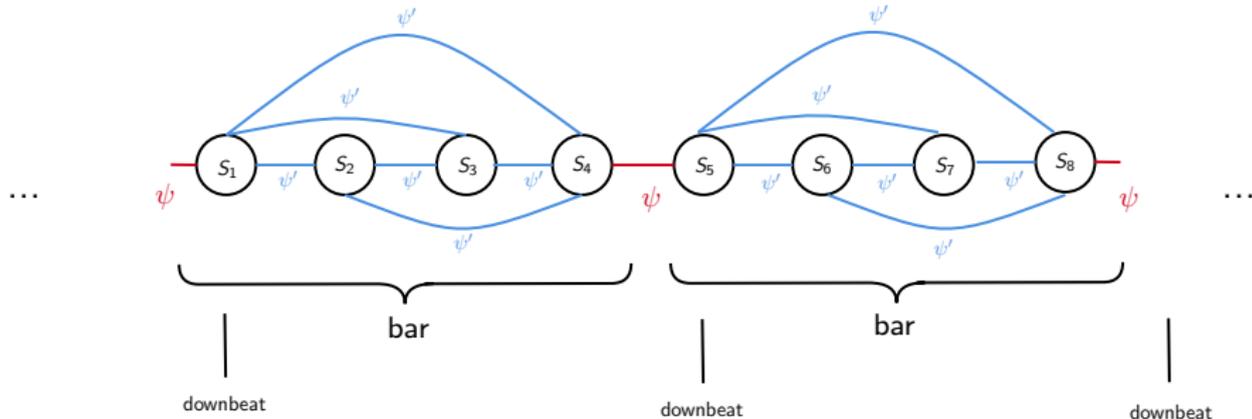
- 1 Présentation du projet
 - Contexte du projet
- 2 HMM et État de l'Art
 - Principe du HMM
 - Avantages et inconvénients
- 3 Belief Propagation
 - Principe du BP
 - Avantages et inconvénients
 - Remarques
- 4 Schéma du système proposé
- 5 Remplissage du graphe
 - Downbeats
 - Structure
 - Downbeats + Structure
- 6 Résultats
 - Dataset et évaluation
 - Évaluation des accords
- 7 Robustesse au bruit du système
 - Schéma du système
 - Résultats
- 8 Discussions

Schéma du système



- 1 Présentation du projet
 - Contexte du projet
- 2 HMM et État de l'Art
 - Principe du HMM
 - Avantages et inconvénients
- 3 Belief Propagation
 - Principe du BP
 - Avantages et inconvénients
 - Remarques
- 4 Schéma du système proposé
- 5 Remplissage du graphe
 - Downbeats
 - Structure
 - Downbeats + Structure
- 6 Résultats
 - Dataset et évaluation
 - Évaluation des accords
- 7 Robustesse au bruit du système
 - Schéma du système
 - Résultats
- 8 Discussions

Downbeats

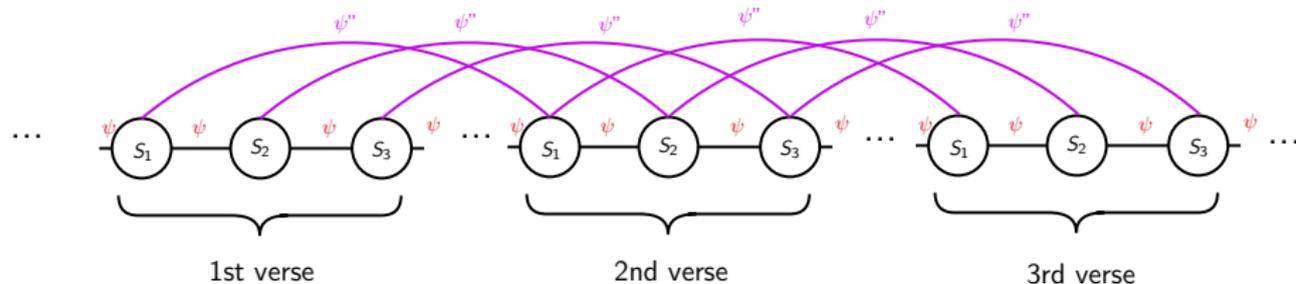


- ψ : matrice de transition précédente
- ψ' : contraintes

$$\psi'(i, j) = \begin{cases} \alpha & \text{if } i = j \\ \frac{(1 - \alpha)}{N_D - 1} & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

Meilleurs résultats pour $\alpha = 0.05$

Structure

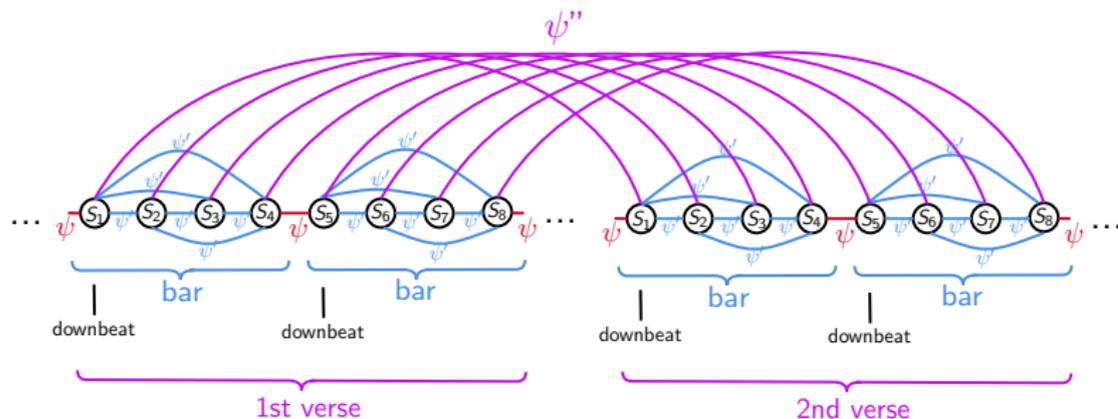


- ψ : matrice de transition
- ψ'' : contraintes

$$\psi''(i, j) = \begin{cases} \alpha & \text{if } i = j \\ \frac{(1 - \alpha)}{N_D - 1} & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

Meilleurs résultats pour $\alpha = 0.05$

Downbeats + Structure



- ψ : matrice de transition
- ψ' : contraintes de mesures
- ψ'' : contraintes de structure

- 1 Présentation du projet
 - Contexte du projet
- 2 HMM et État de l'Art
 - Principe du HMM
 - Avantages et inconvénients
- 3 Belief Propagation
 - Principe du BP
 - Avantages et inconvénients
 - Remarques
- 4 Schéma du système proposé
- 5 Remplissage du graphe
 - Downbeats
 - Structure
 - Downbeats + Structure
- 6 Résultats
 - Dataset et évaluation
 - Évaluation des accords
- 7 Robustesse au bruit du système
 - Schéma du système
 - Résultats
- 8 Discussions

Dataset :

- Beatles de *Isophonics*
- 157 chansons

Évaluation :

- Ground Truth
- Dictionnaire de 24 accords majeurs et mineurs
- Problème : pour un chroma, plusieurs accords possibles

- Weighted Chord Symbol Recall

$$SR = \frac{\sum_{segment_i} s_i o_i}{\sum_{segment_i} s_i} \quad (5)$$

$$WCSR = \frac{\sum_{song_i} l_i SR_i}{\sum_{song_i} l_i} \quad (6)$$

HMM	71.31 %
BP	71.36%
BP with downbeats	73.76%
BP with structure	72.53%
BP both	75.32%

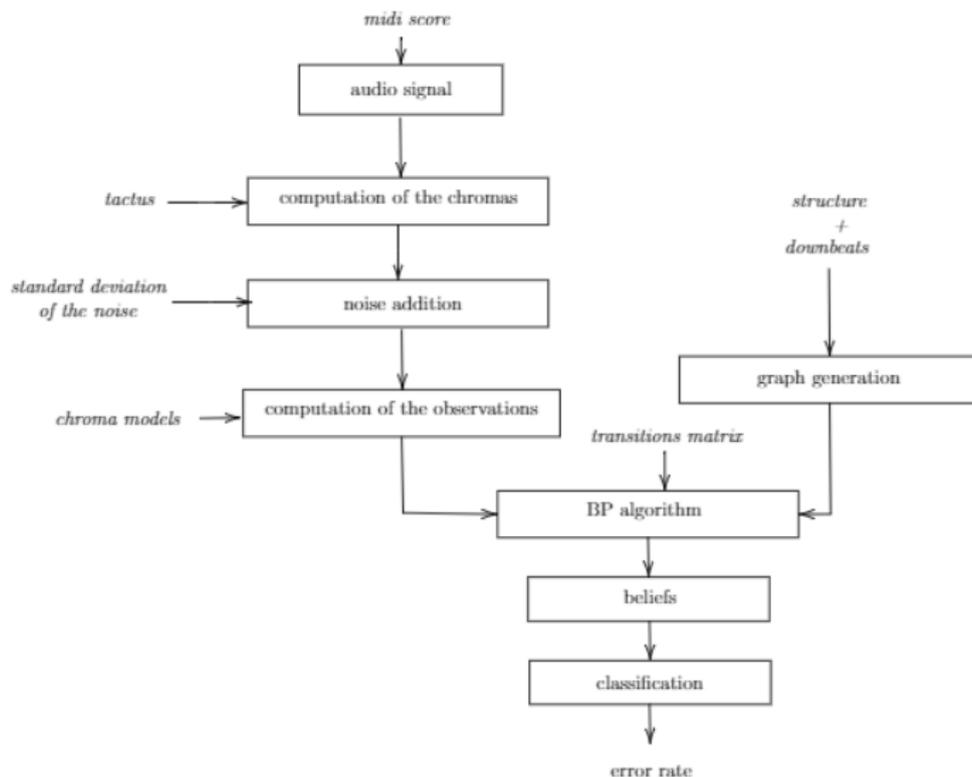
Table: Downbeats et Structure du Ground Truth

HMM	BP	BP with downbeats	BP both
70.45%	70.03%	71.9%	73.65%

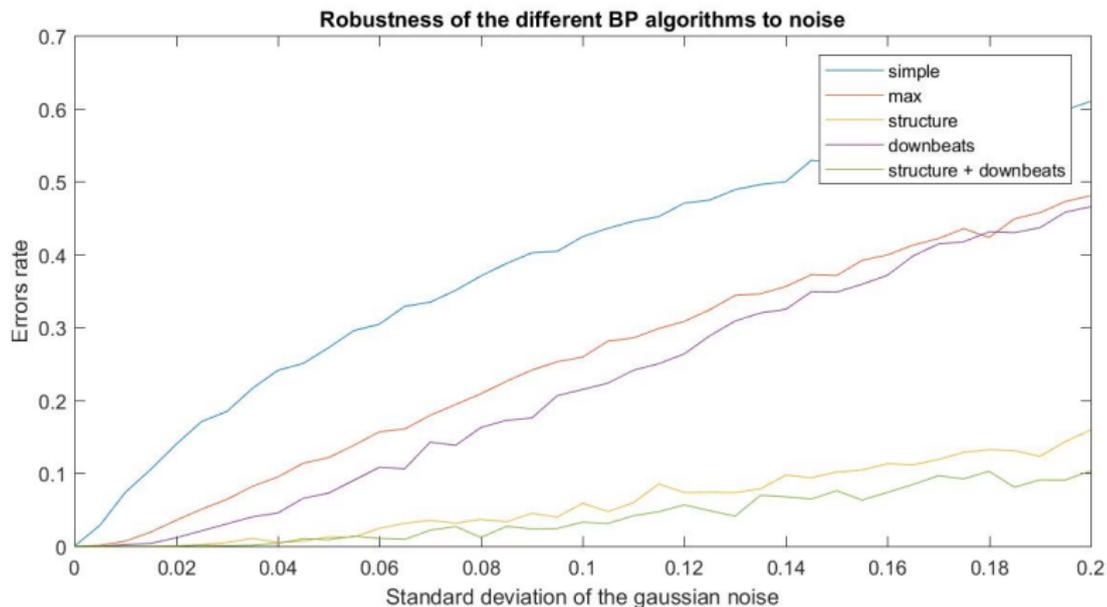
Table: Downbeats et Structure estimés

- 1 Présentation du projet
 - Contexte du projet
- 2 HMM et État de l'Art
 - Principe du HMM
 - Avantages et inconvénients
- 3 Belief Propagation
 - Principe du BP
 - Avantages et inconvénients
 - Remarques
- 4 Schéma du système proposé
- 5 Remplissage du graphe
 - Downbeats
 - Structure
 - Downbeats + Structure
- 6 Résultats
 - Dataset et évaluation
 - Évaluation des accords
- 7 **Robustesse au bruit du système**
 - Schéma du système
 - Résultats
- 8 Discussions

Robustesse au bruit : Schéma du système

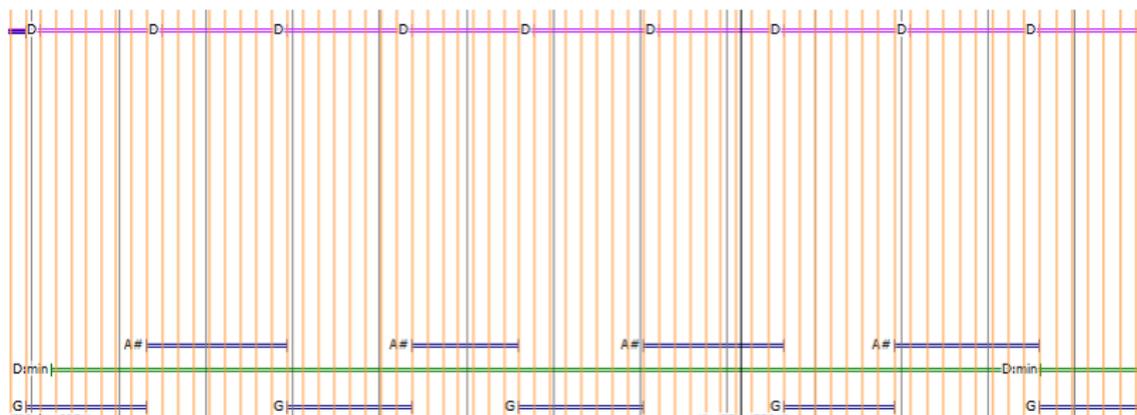


Robustesse au bruit : Résultats



- 1 Présentation du projet
 - Contexte du projet
- 2 HMM et État de l'Art
 - Principe du HMM
 - Avantages et inconvénients
- 3 Belief Propagation
 - Principe du BP
 - Avantages et inconvénients
 - Remarques
- 4 Schéma du système proposé
- 5 Remplissage du graphe
 - Downbeats
 - Structure
 - Downbeats + Structure
- 6 Résultats
 - Dataset et évaluation
 - Évaluation des accords
- 7 Robustesse au bruit du système
 - Schéma du système
 - Résultats
- 8 Discussions

- Quelques erreurs du BP



- Quelques erreurs du BP
- Limitation du dictionnaire

- Quelques erreurs du BP
- Limitation du dictionnaire
- Fiabilité du *ground truth*

- Quelques erreurs du BP
- Limitation du dictionnaire
- Fiabilité du *ground truth*
- Problèmes de méthodologie en MIR (Bob L. Sturm)
- State of the Art