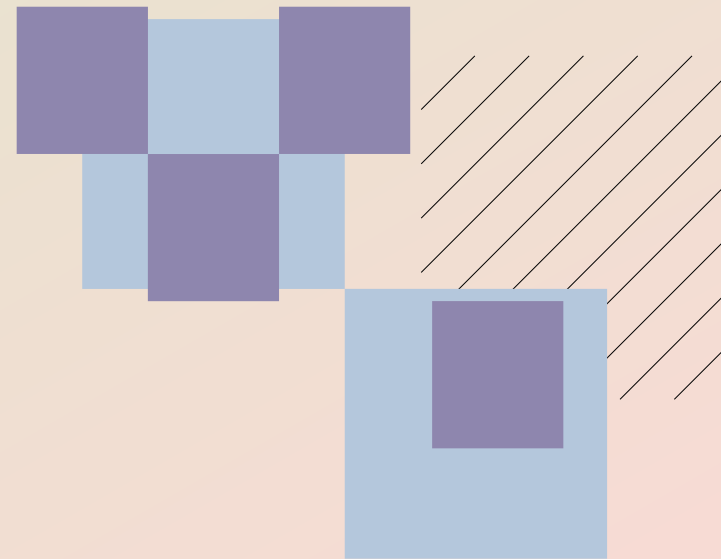


Outils numériques pour l'analyse musicale

L'algorithmie cognitive et ses applications
musicales

Joséphine Calandra
josephine.calandra@u-bordeaux.fr

8 novembre 2021



Présentation d'outils numériques pour l'analyse musicale

Un peu d'histoire

- Théorie de l'information

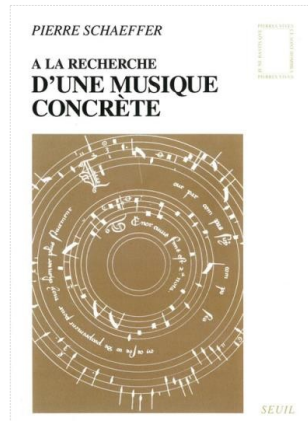
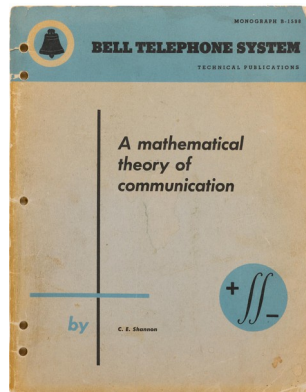
Shannon, C.E. *A Mathematical Theory of Communication*, The Bell System Technical Journal, vol.27, p 379-423, 1948.

- Musique concrète (P. Schaeffer, 1949)

→ **Objet sonore** : événement sonore élémentaire qui est isolé de son contexte original et examiné pour ses caractéristiques natives en dehors du continuum temporel normal

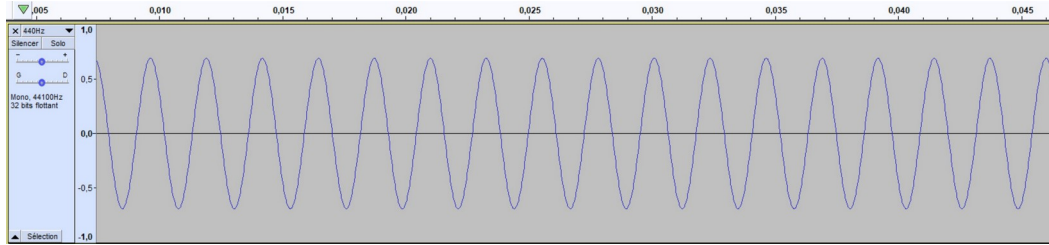
Schaeffer, P. *A la recherche d'une musique concrète*, Éditions du Seuil, Paris, 1952.

- Création du Groupe de Recherches Musicales (GRM, 1958)

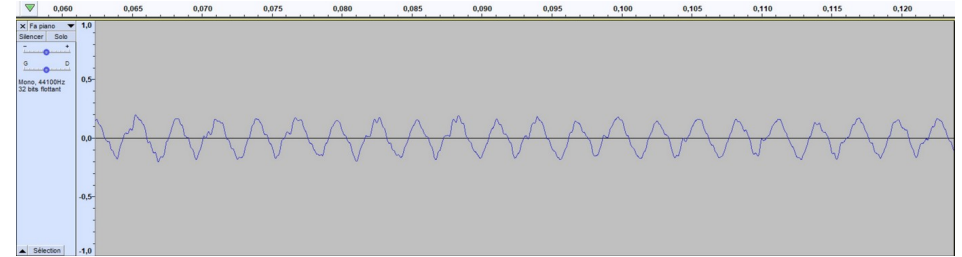


<https://inagr.com/fr>

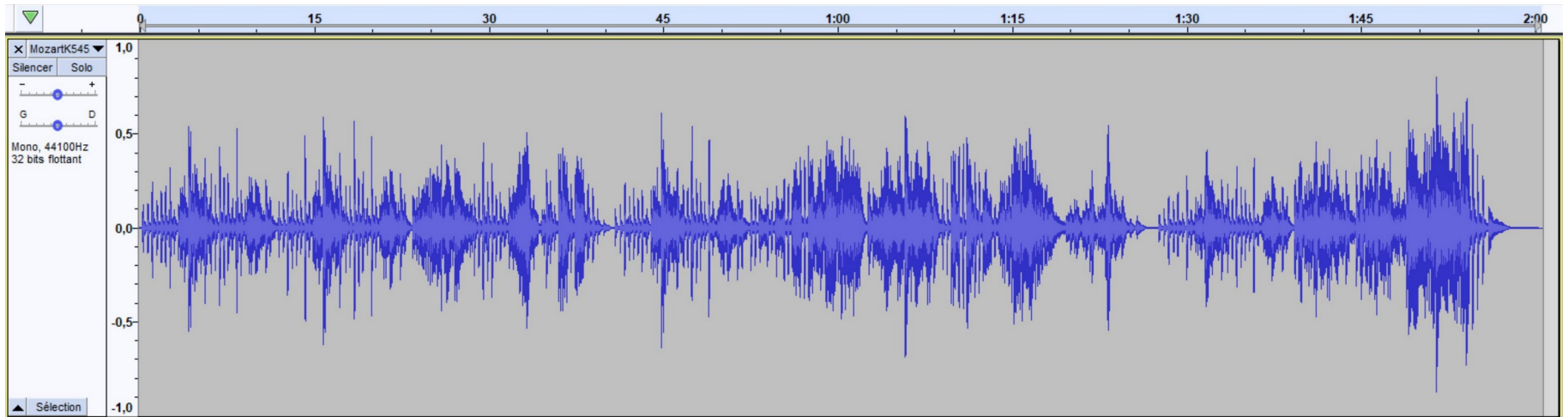
La Forme d'onde



La 440Hertz

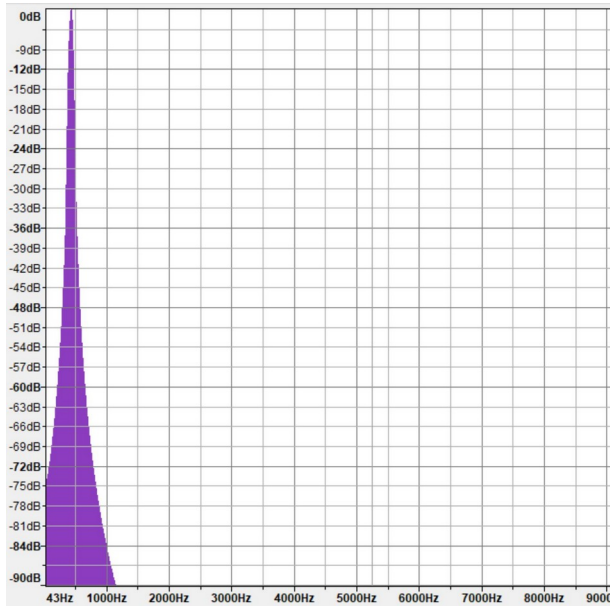


Fa 349,23Hertz au piano

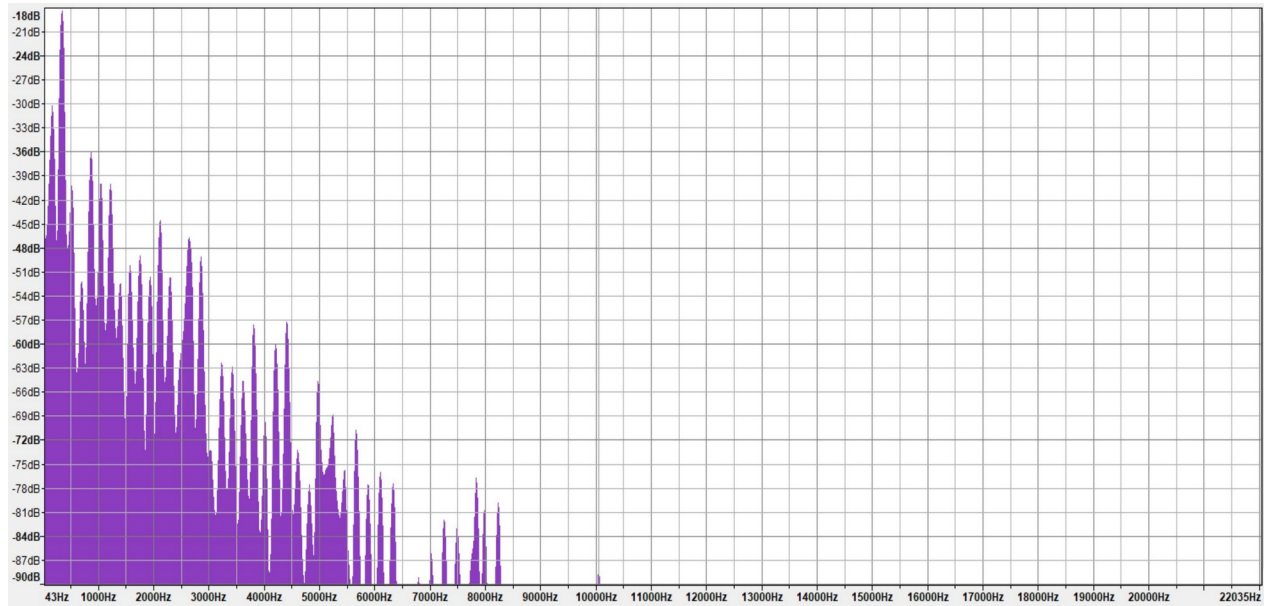


Sonate n° 16 pour piano, rondo, Wolfgang Amadeus Mozart.

Le spectre

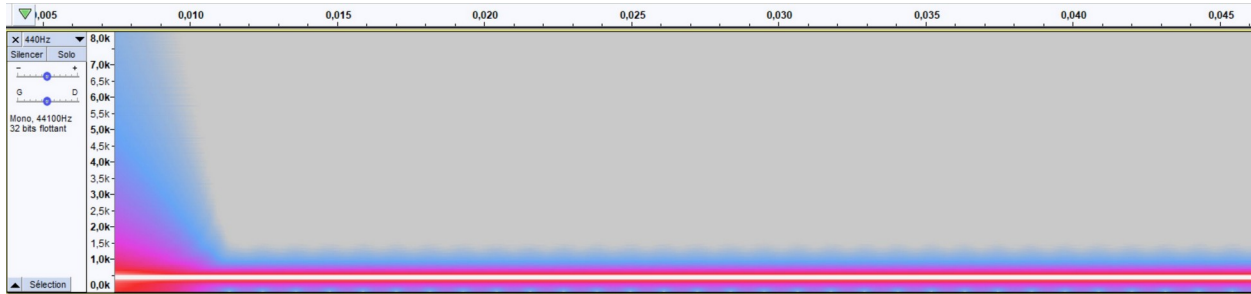


La 440Hertz

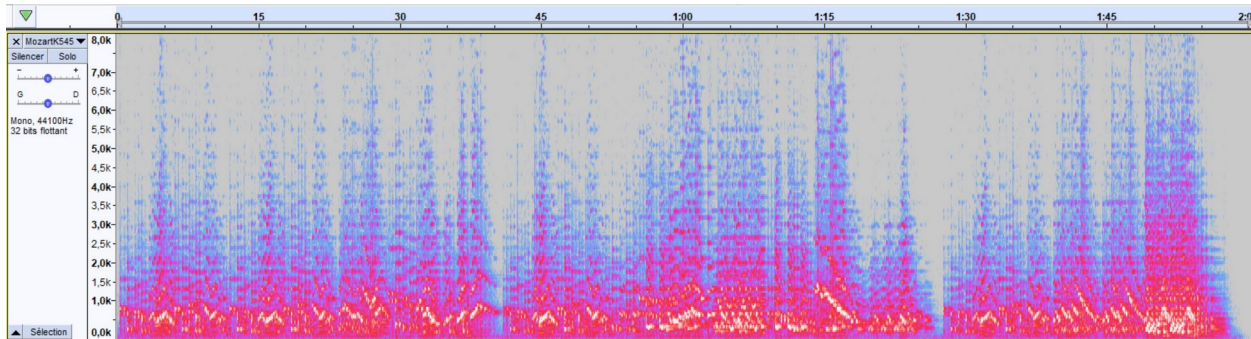


Fa 349,23Hertz au piano

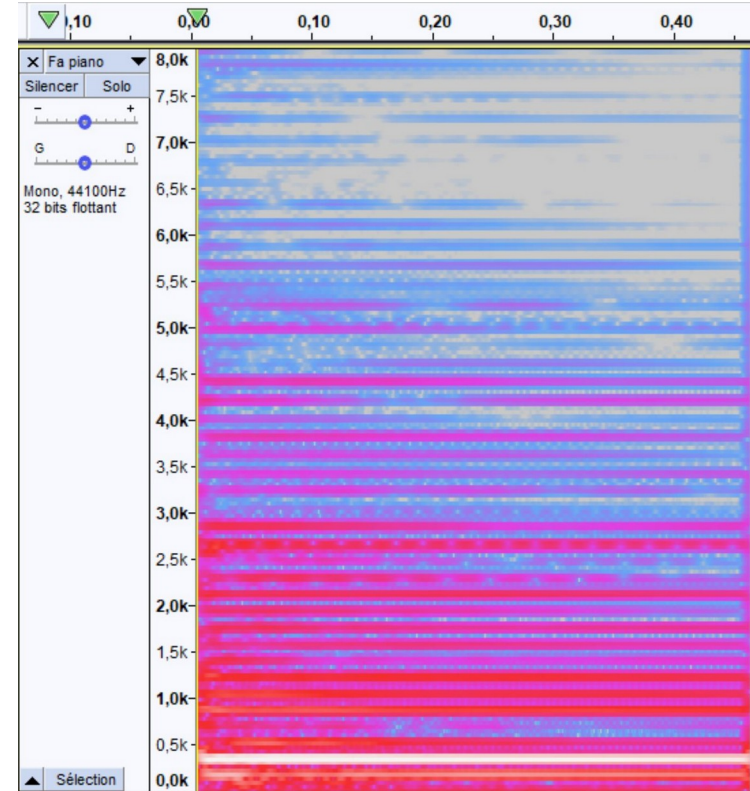
Le Sonagramme



La 440Hertz

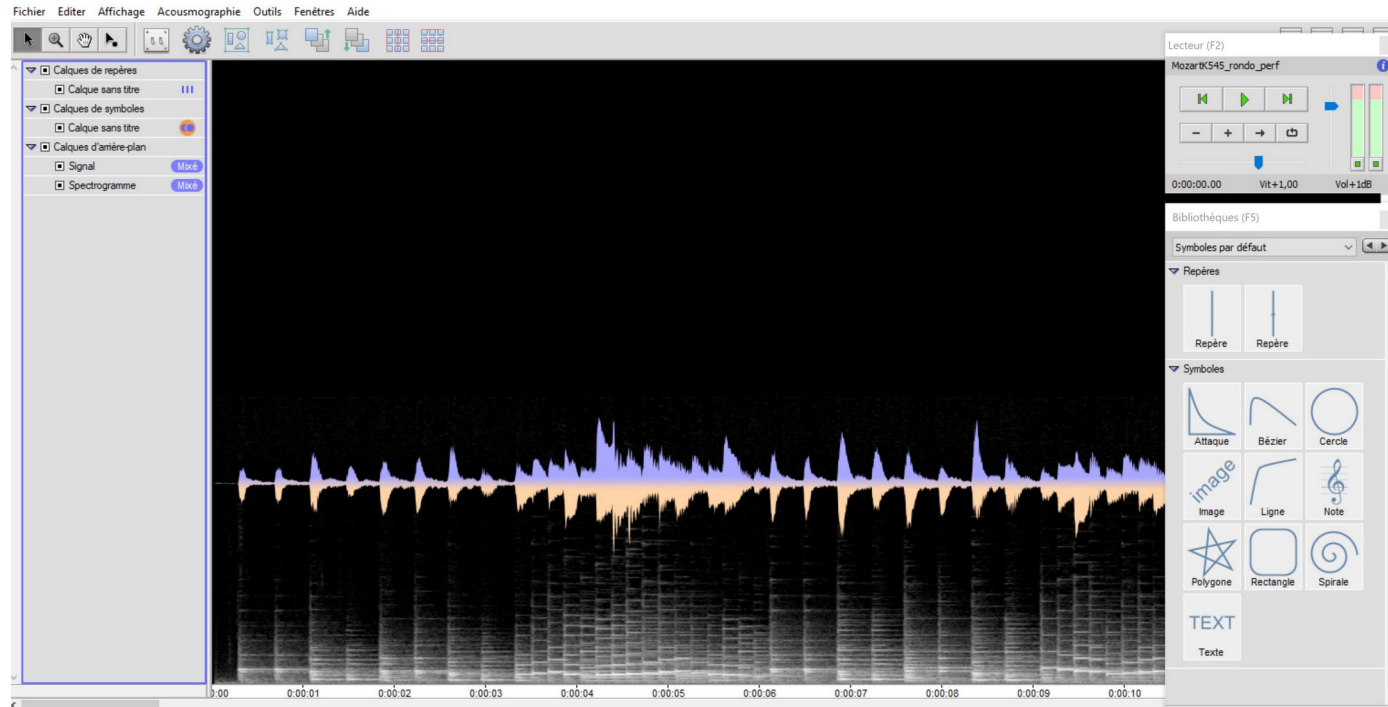


Sonate n° 16 pour piano, rondo, Wolfgang Amadeus Mozart.



Fa 349,23Hertz au piano

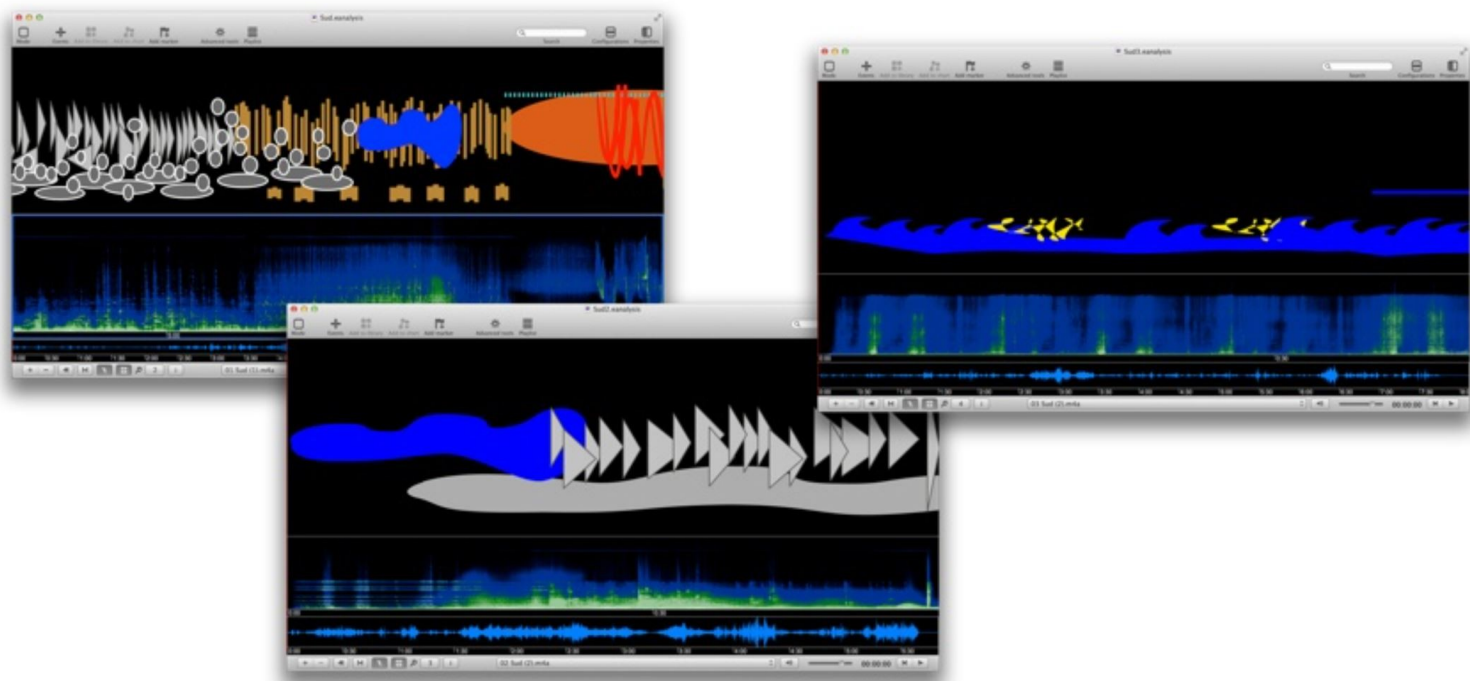
L'acousmographe



Sonate n° 16 pour piano, rondo, Wolfgang Amadeus Mozart.

Koechlin, O. et Vinet, H. « The Acousmographe, a Macintosh software for the graphical representation of sounds » in Proceedings of the International Computer Music Conference, pp. 586-588. Montreal: Faculty of Music, McGill University 1991.

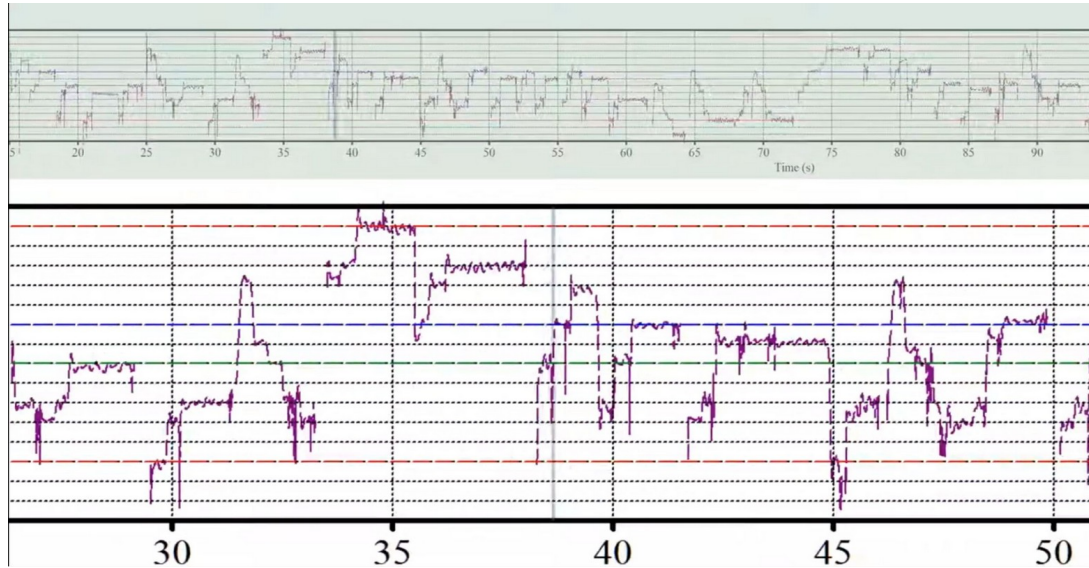
E-Analysis



Sud de Jean-Claude Risset, représentation par Pierre Couprie

http://logiciels.pierrecouprie.fr/?page_id=402

PRAAT



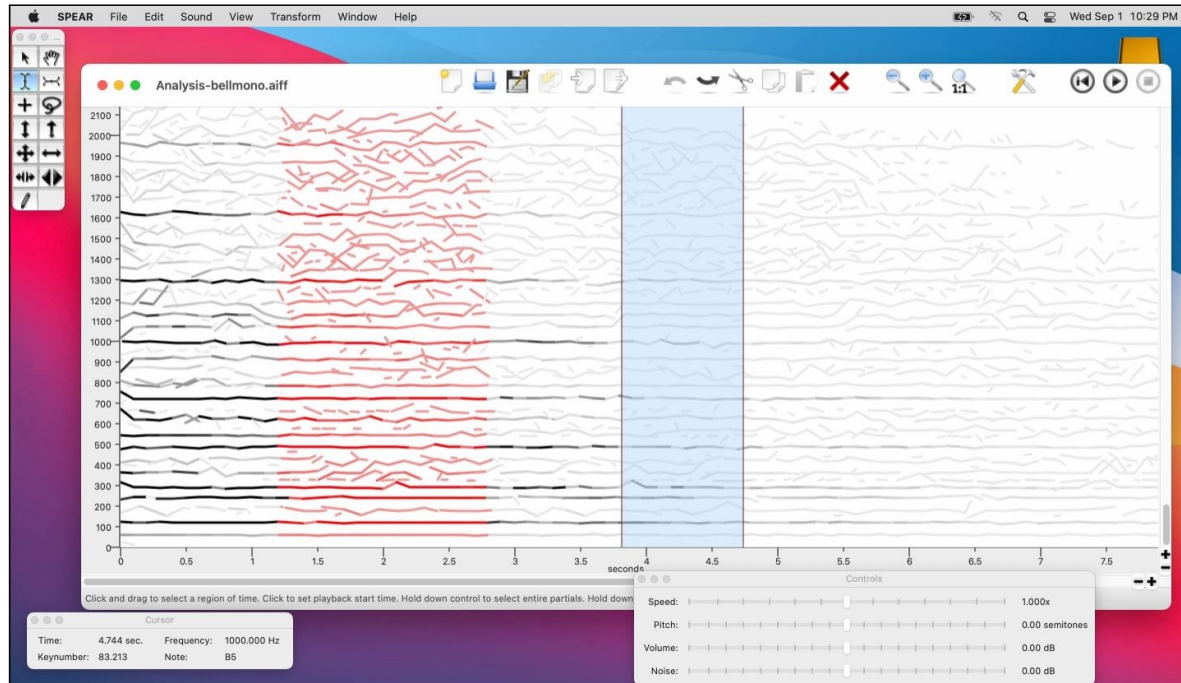
Hurrian song 6 (h6), analyse du CERMAA

<https://analyses.foredofo.org/other/hurrian-song-6-h6>

www.praat.org.

Boersma, P. van Heuven, V. *Speak and unSpeak with Praat*. *Glott International*. 5 (9/10): 341-347, 2001

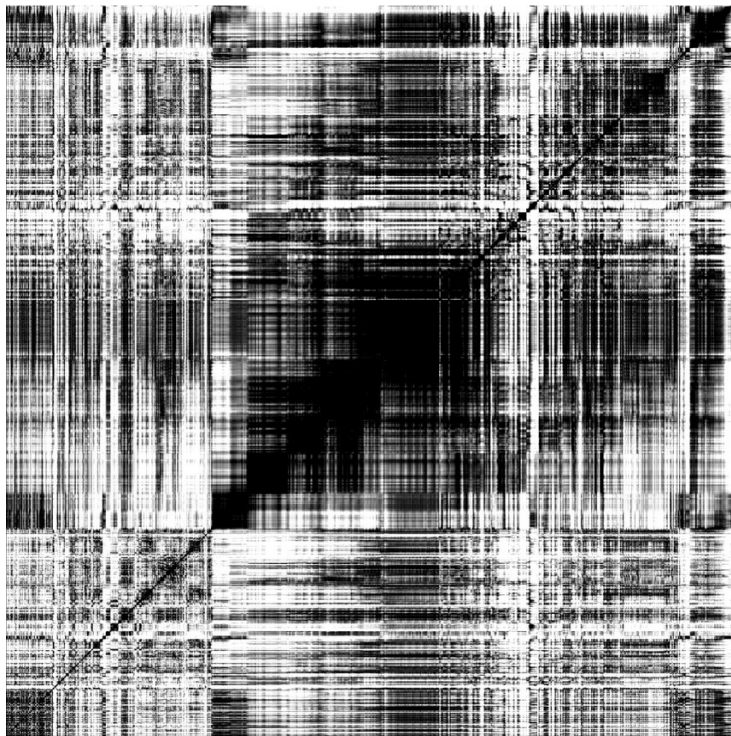
SPEAR



<https://www.klingbeil.com/spear/>

Klingbeil, Michael *Software for spectral Analysis, Editing and Synthesis*. International computer music conference (ICMC) 2005.

Matrice d'autosimilarité



Fogg, Lorenzo Bianchi Hoesch (2012)

Coupré, Pierre. (2015). Prolégomènes à la représentation analytique des musiques électroacoustiques. Circuit: Musiques contemporaines. 25. 10.7202/1029475ar.

Foot J. *Visualizing music and audio using selfsimilarity*, Proc. of ACM Multimedia, p.77-80, Orlando, Florida, USA, 1999.

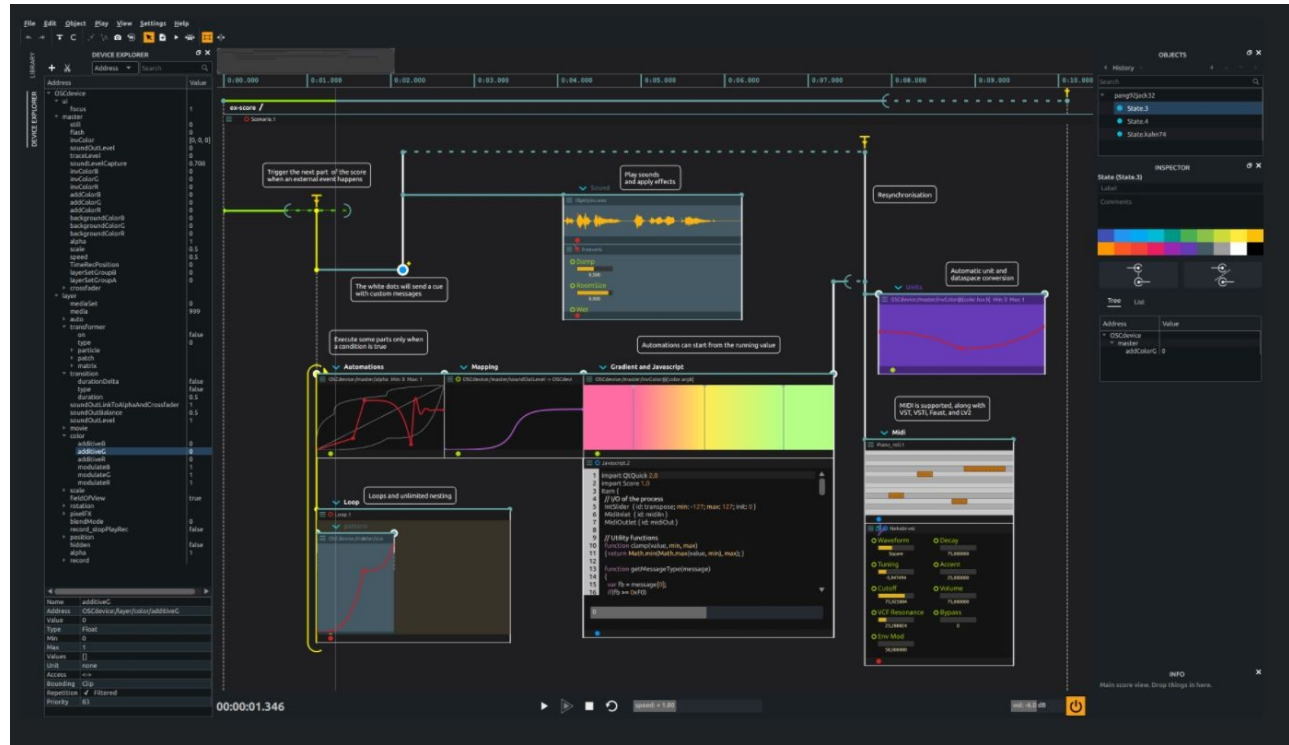
Antescofo



<https://antescofo-doc.ircam.fr/>

Cont, A. *ANTESCOFO : Anticipatory Synchronization and Control of Interactive Parameters in Computer Music*, International Computer Music Conference (ICMC), p.33-40, Belfast, Ireland, 2008. hal00694803

OSSIA-Score



<https://ossia.io/>

J.-M. Celerier, P. Baltazar, C. Bossut, N. Vuaille, J.-M. Couturier, and al., *Ossia: Towards a unified interface for scoring time and interaction*, in Proc. Int. Conf. On Technologies for Music Notation and Representation - TENOR 2015, Paris, France, 2015.

Music Information Retrieval

Domaines de recherche :

- la classification musicale
- les système de recommandation
- la séparation de source
- la reconnaissance d'instruments
- la transcription musicale automatique
- la génération de musique
- la perception de la musique, des émotions...

Descripteurs audios :

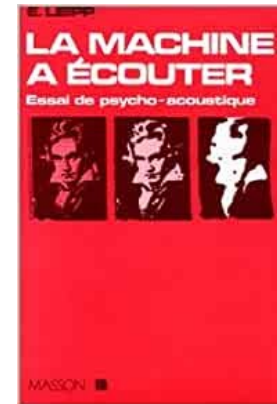
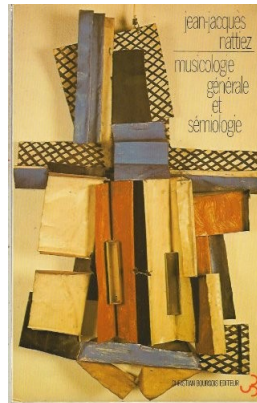
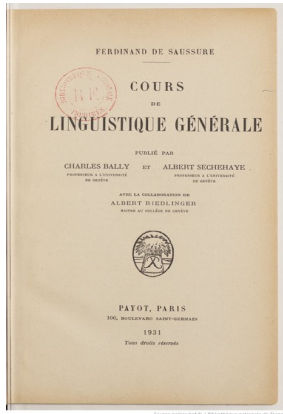
- Mel frequency cepstral coefficients
- Chromas
- Harmonie...

ISMIR

<https://ismir.net/>

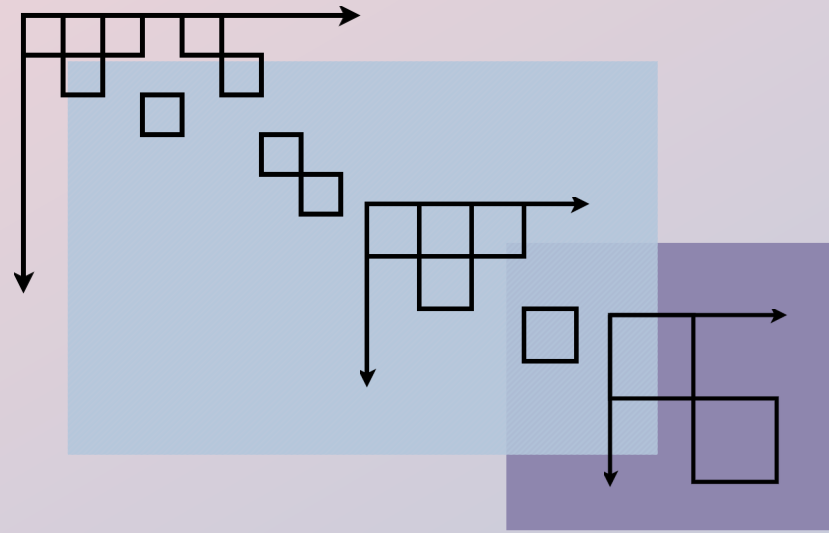
Analyse et cognition

- Notions de paradigme et de syntagme
De Saussure, F. Cours de linguistique générale. Payot, Paris, 1906.
- Sémiologie musicale
Nattiez, J.-J. Musicologie générale et sémiologie. Christian Bourgois, 1987.
- « Machine à Ecouter »
Leipp, E. La Machine à Ecouter, Essai de psychoacoustique. Masson, Paris, 1977



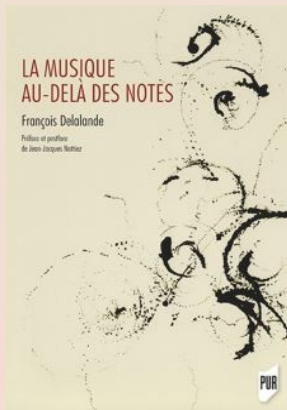
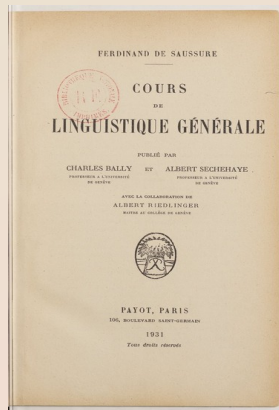
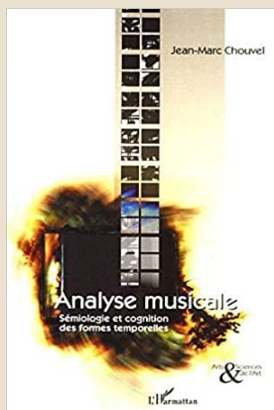
L'algorithme Cognitif

Objectifs de la recherche



Objectifs de la recherche

- Modéliser la structure et l'analyse paradigmaticque et automatiser cette modélisation
 - Proposer un modèle qui se soumet aux contraintes de l'écoute
 - Paramétrisation du système



- Chauvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.
- De Saussure, F. *Cours de linguistique générale*. Payot, Paris, 1906.
- Delalande, F. *La musique au-delà des notes*. Presse Universitaires de Rennes, 2019.

Objectifs de la recherche

- Monitorer l'algorithme
 - Comprendre la charge computationnelle de l'algorithme
 - Comprendre les phénomènes d'attention

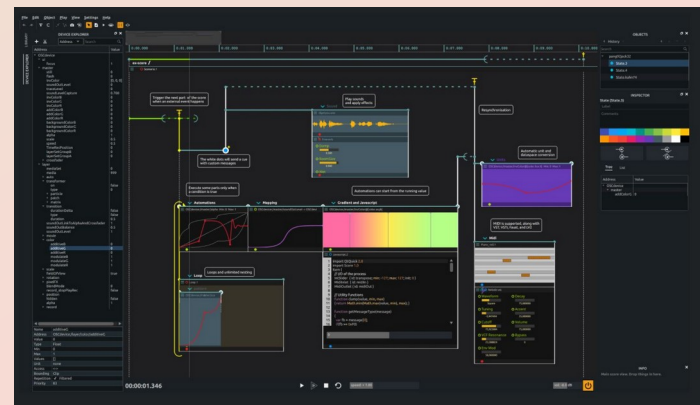


Ottolaske.com

- Laske, O.E. *Music, Memory and Thought, explorations in Cognitive Musicology*. University Microfilms, International, Ann Arbor (MI), 1977.

Objectifs de la recherche

- Représenter la modélisation
 - Problématique de la hiérarchisation des diagrammes
- Proposer un plug-in accessible aux musicologues
 - Intégration dans ossia-score.



ossia.io

Axiomes

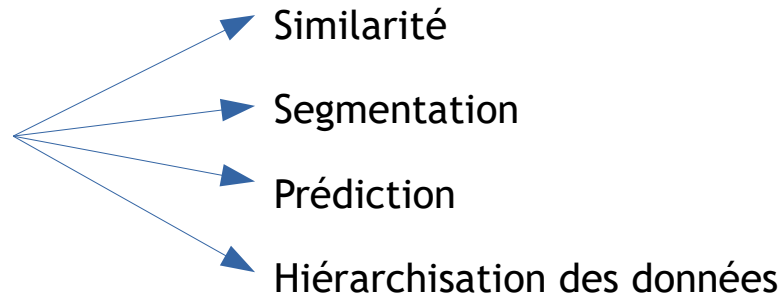
Quelle définition de la musique ?

Une succession d'objets, chaque objet étant une instance de matériaux.

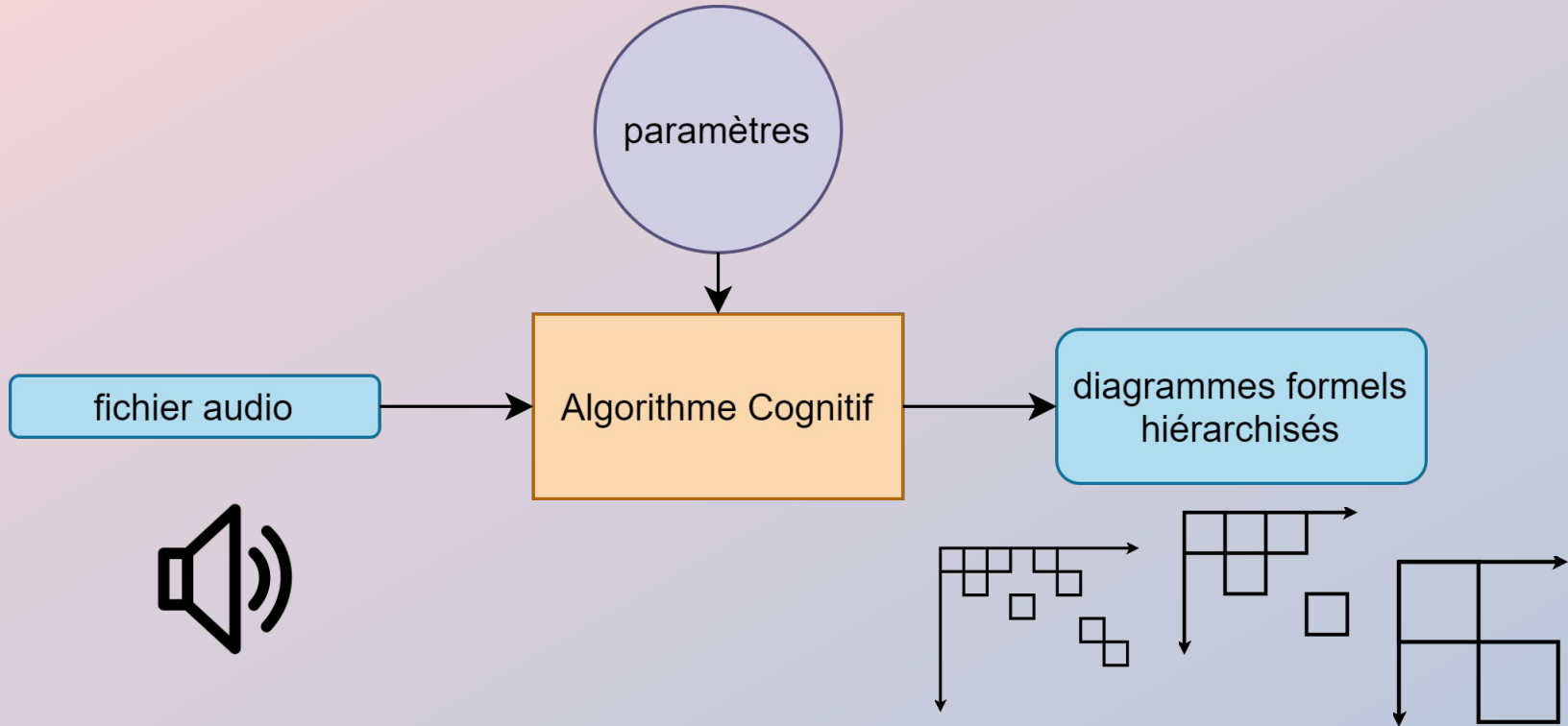
Pour le moment, les transitions entre objets sont elles mêmes considérées comme des objets.



Fonctionnement de
l'écoute musicale

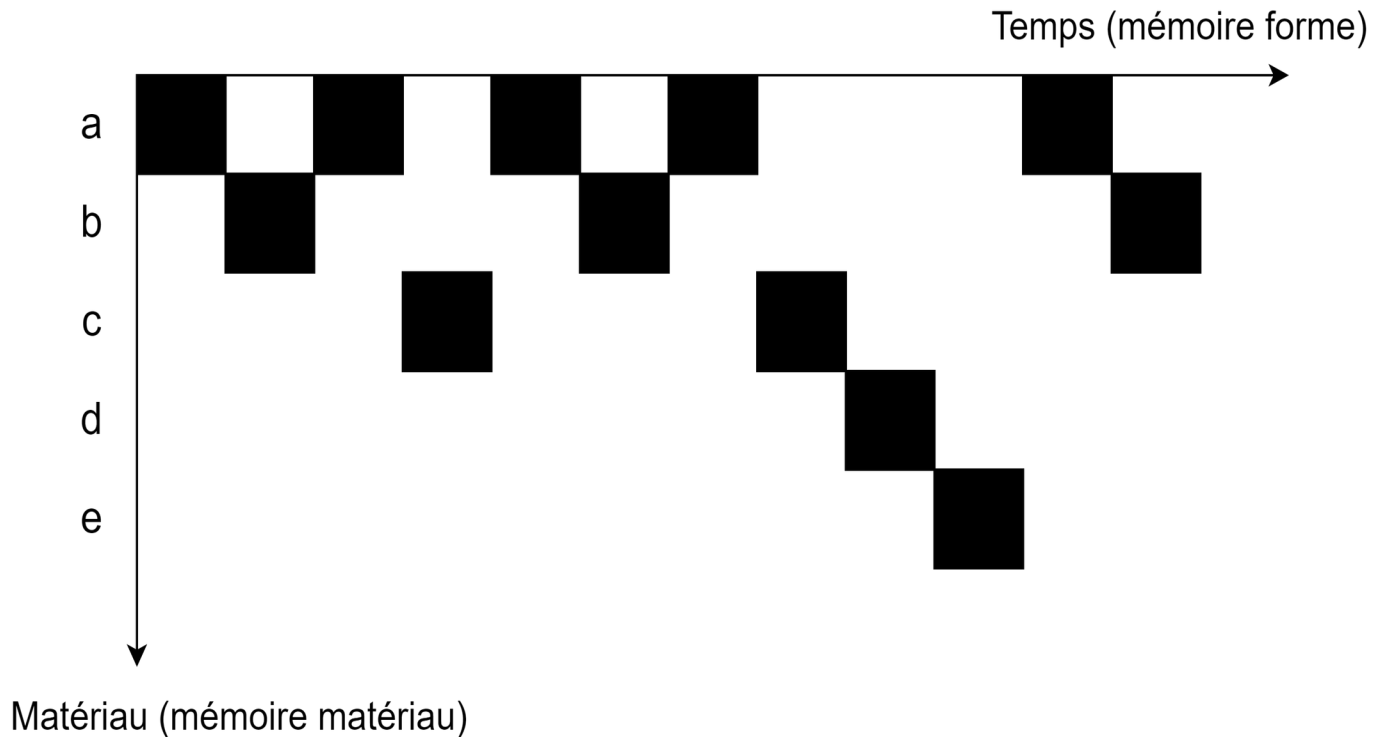


Présentation de l'algorithme cognitif



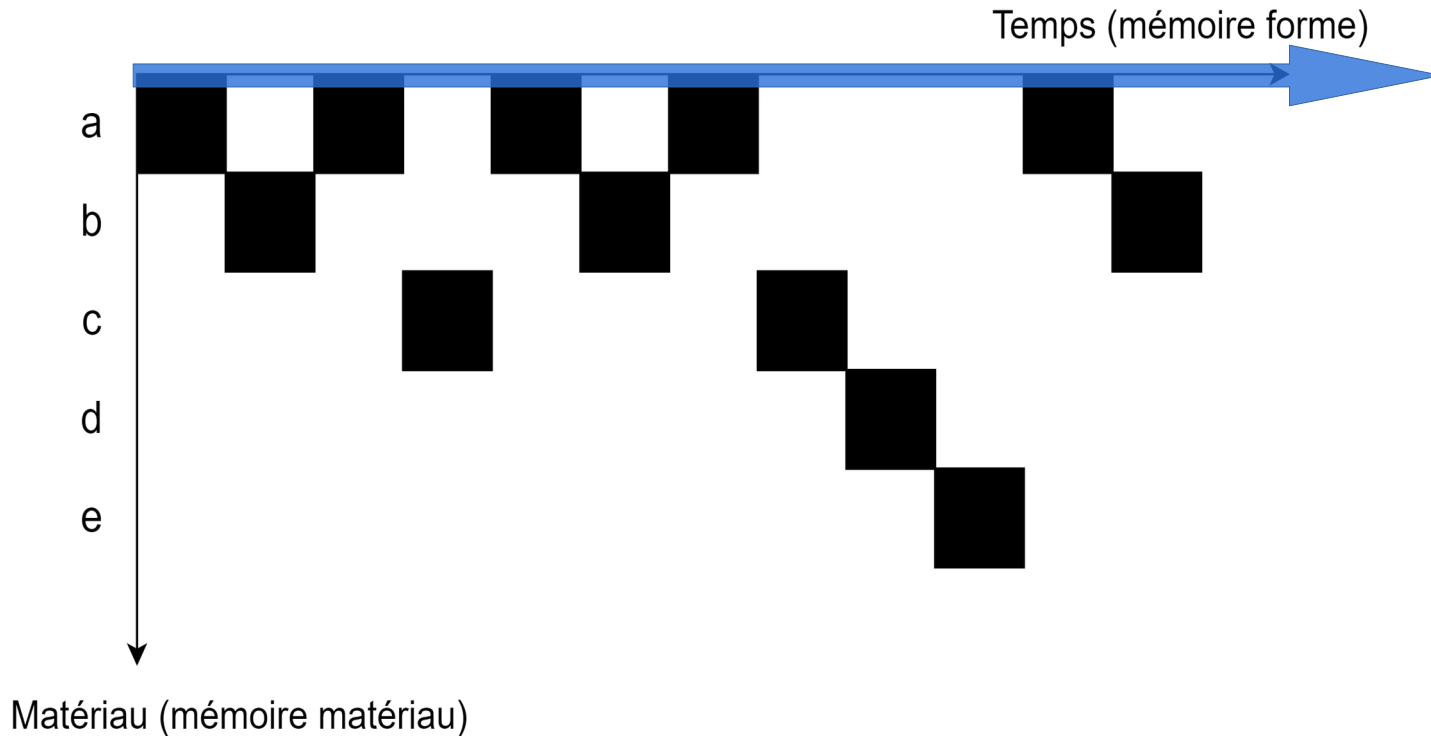
Présentation du diagramme formel

Diagramme Formel de la musique associée à la séquence d'objets encodés « abacabacdeab »



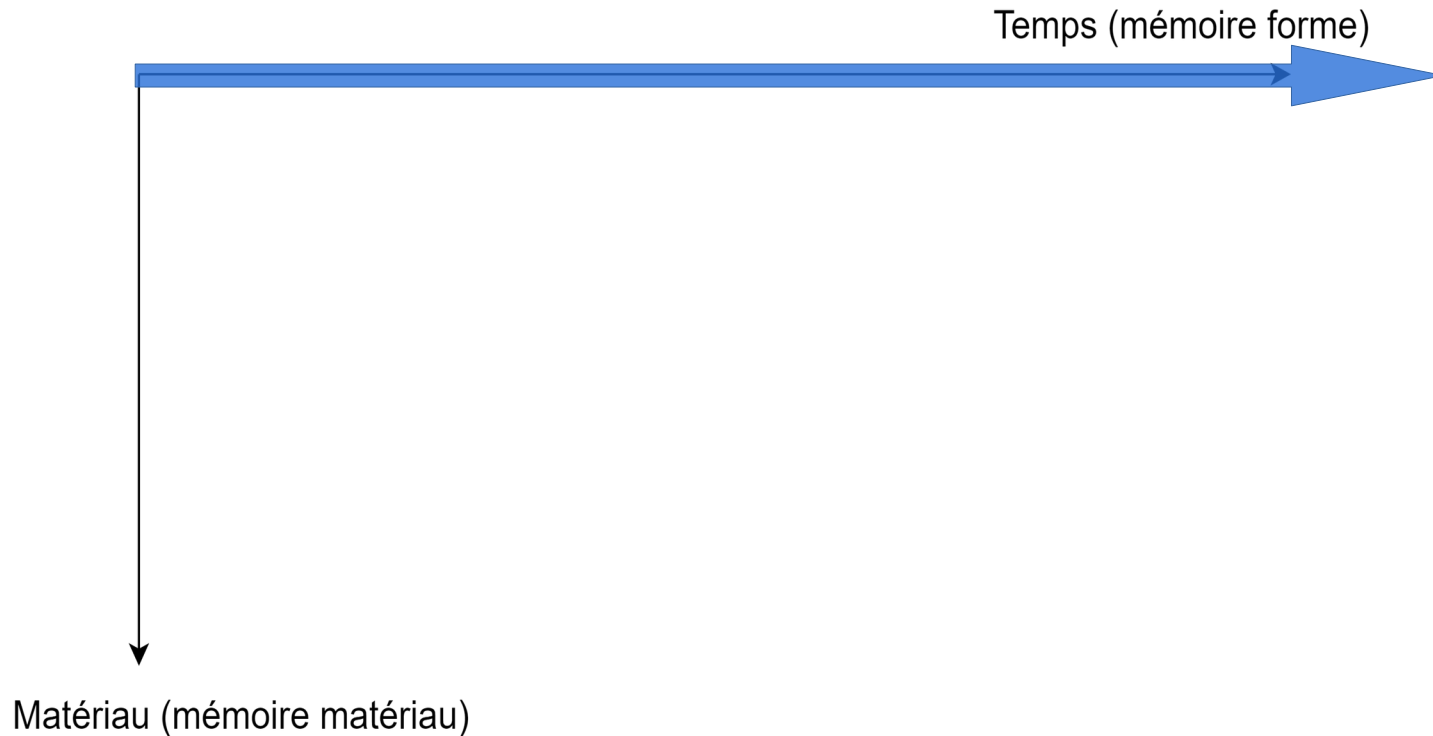
Présentation du diagramme formel

Diagramme Formel de la musique associée à la séquence d'objets encodés « abacabacdeab »



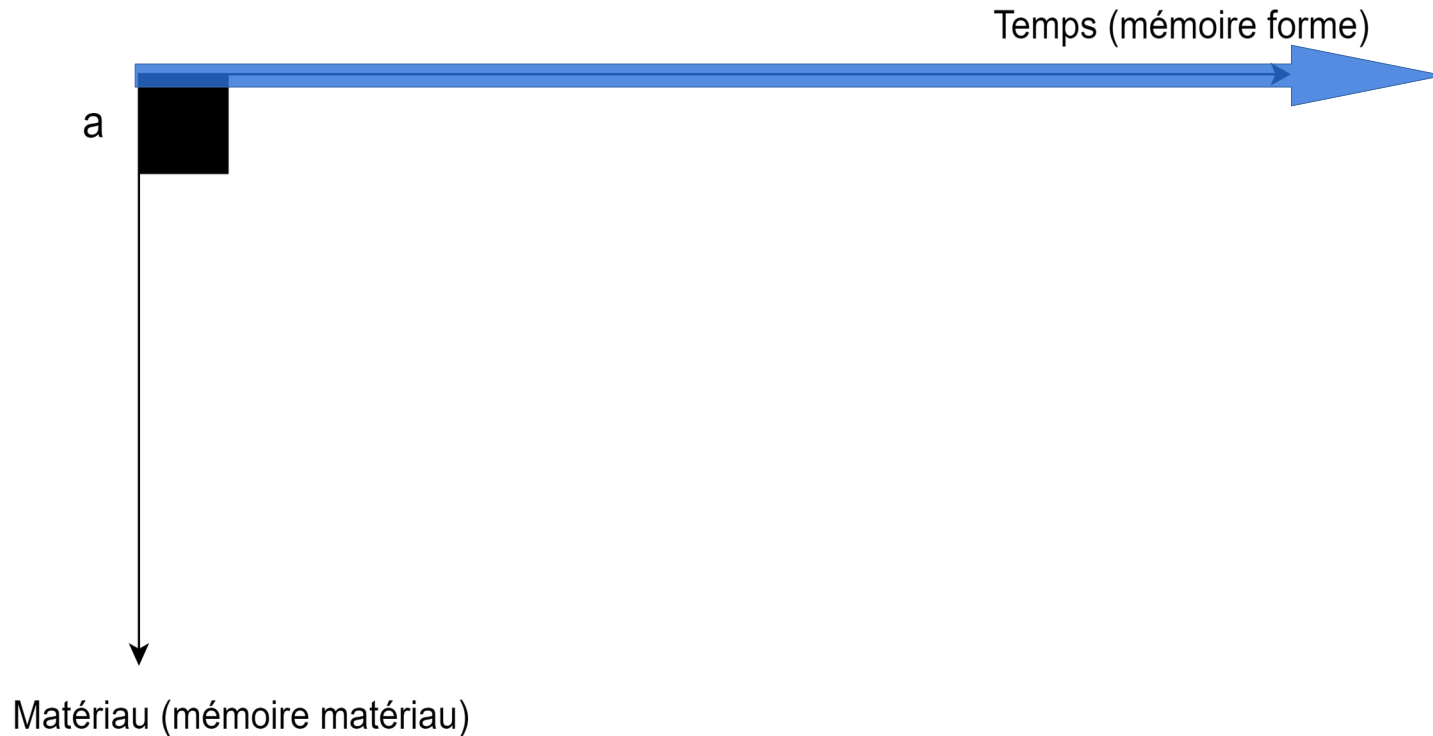
Présentation du diagramme formel

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence d'objets encodés « abacabacdeab »



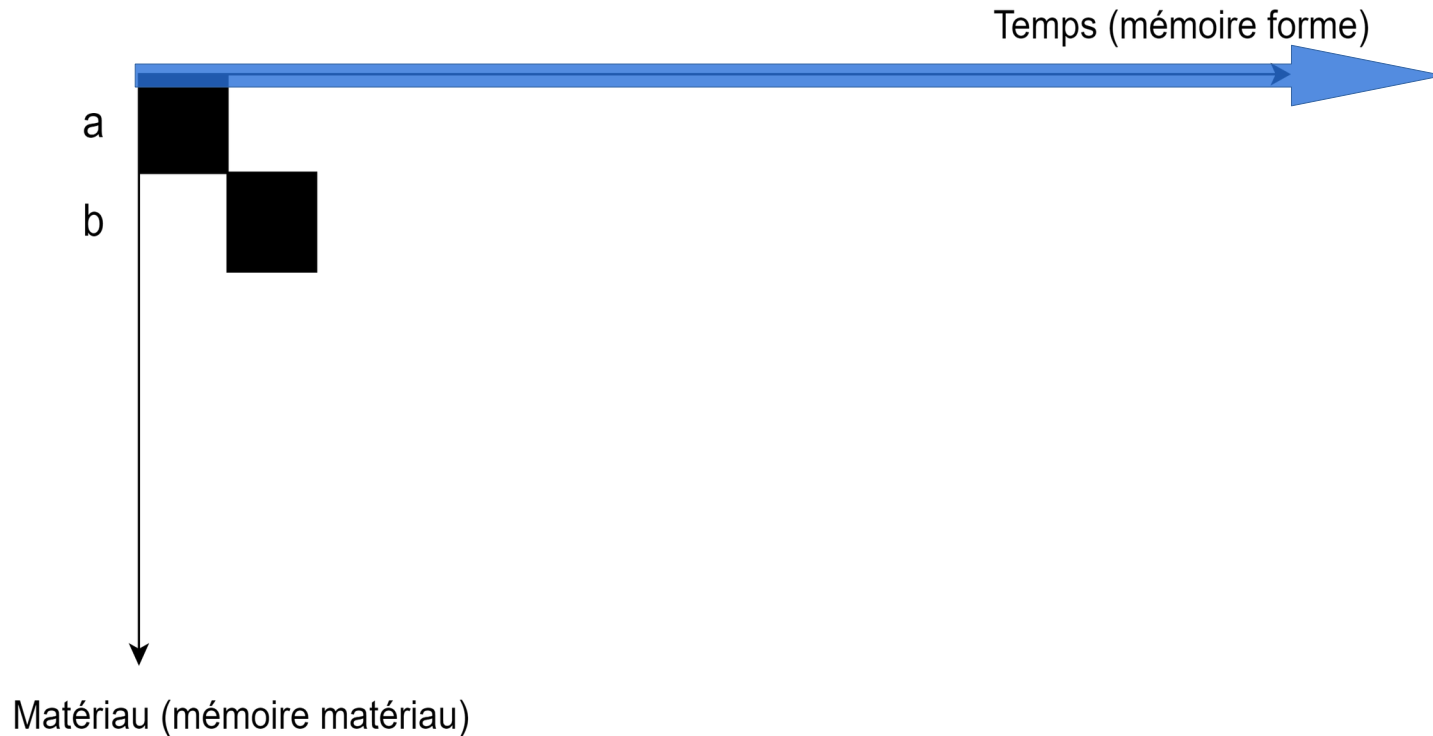
Présentation du diagramme formel

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence d'objets encodés « abacabacdeab »



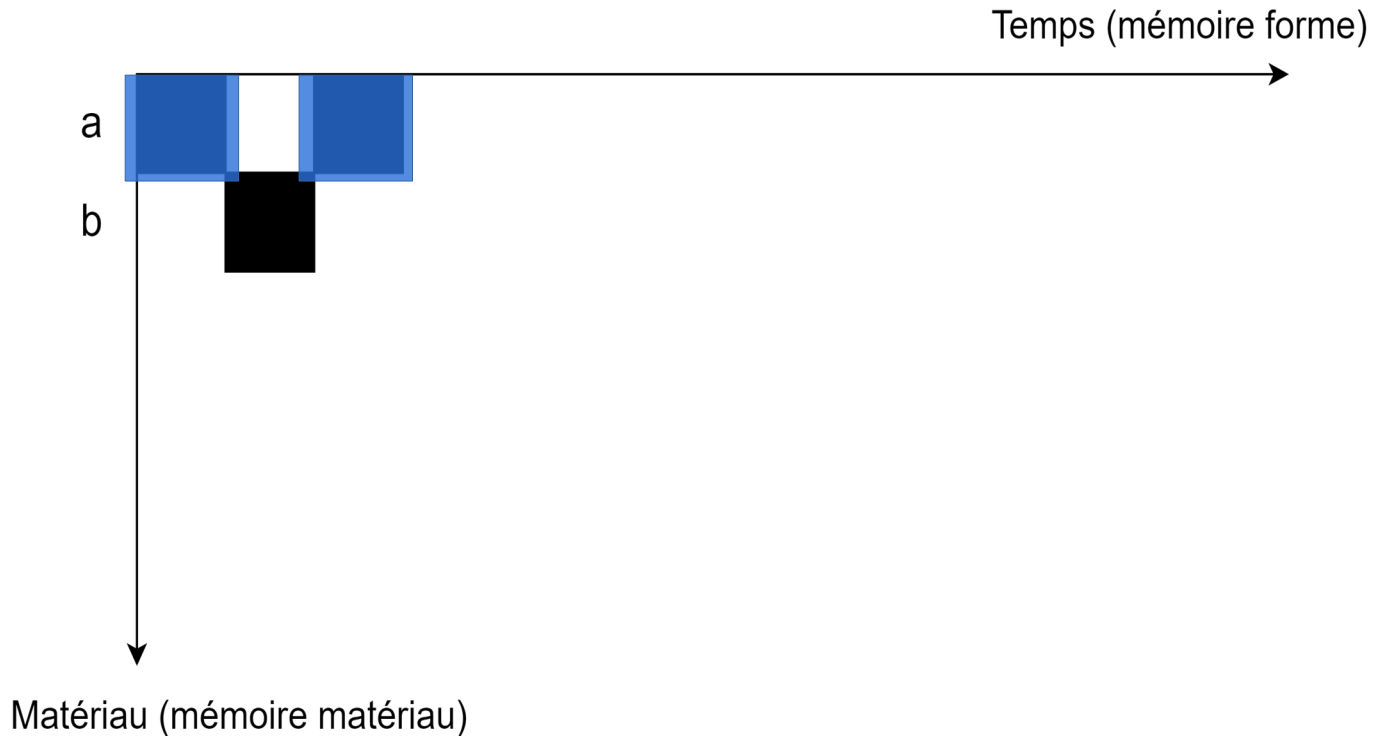
Présentation du diagramme formel

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence d'objets encodés « abacabacdeab »



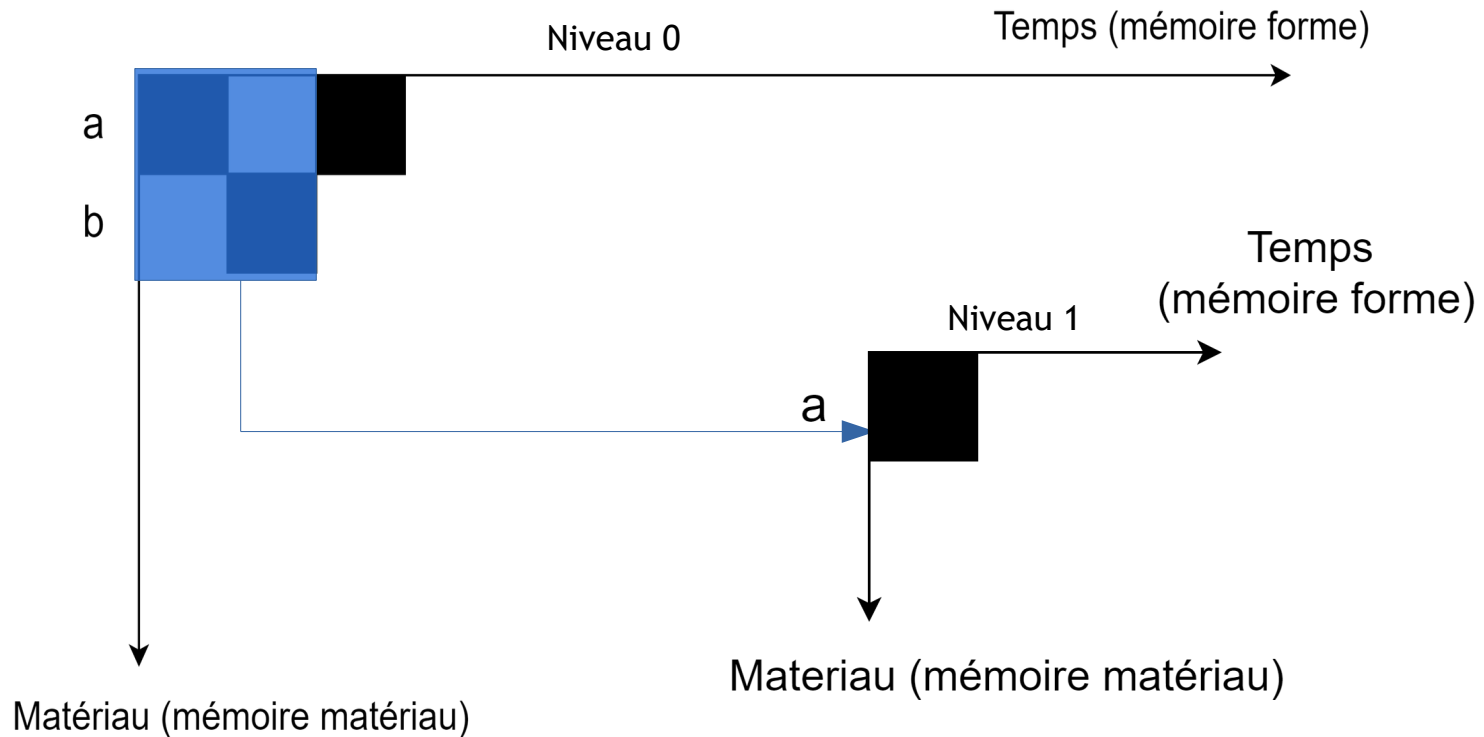
Présentation du diagramme formel

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence d'objets encodés « abacabacdeab »



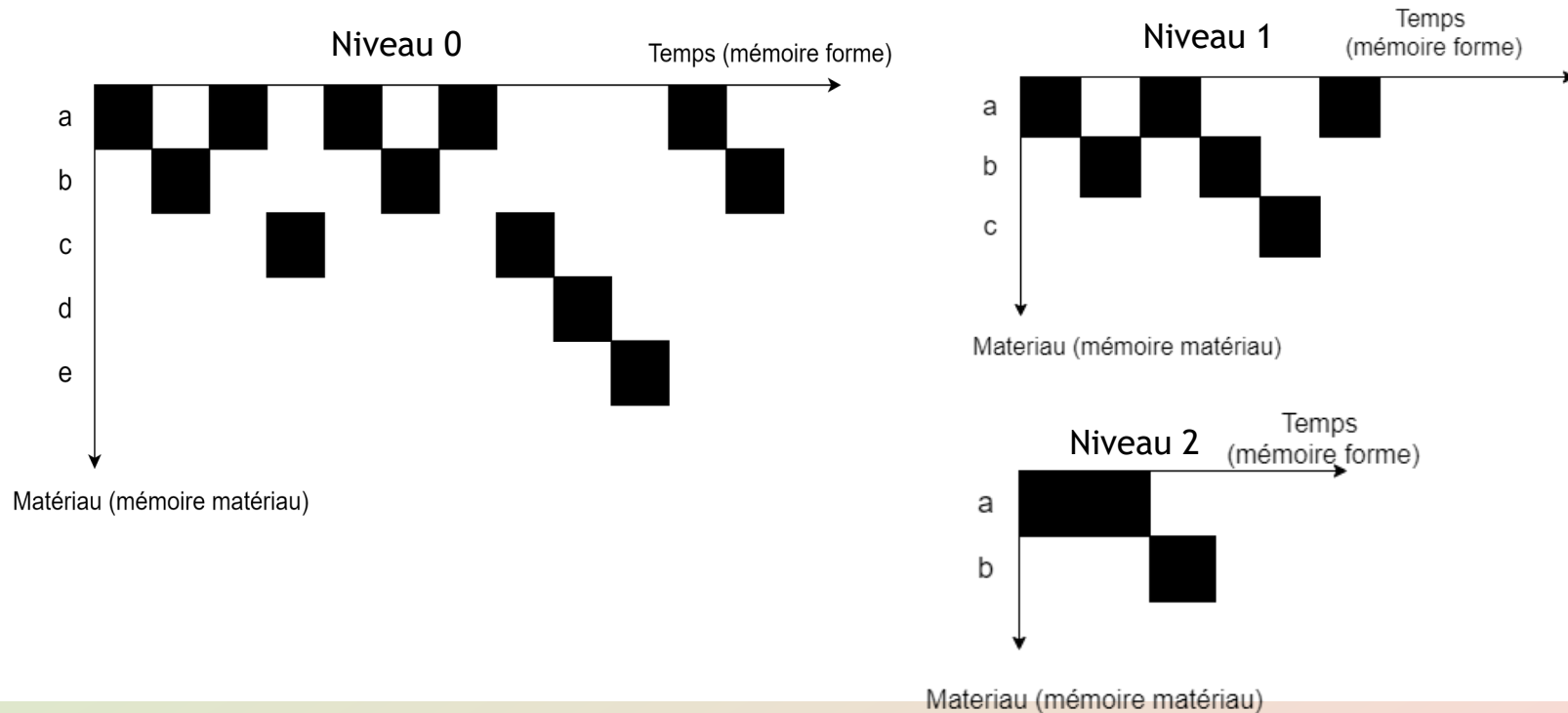
Présentation du diagramme formel

Diagramme Formel de la musique associée à la séquence d'objets encodés « abacabacdeab »

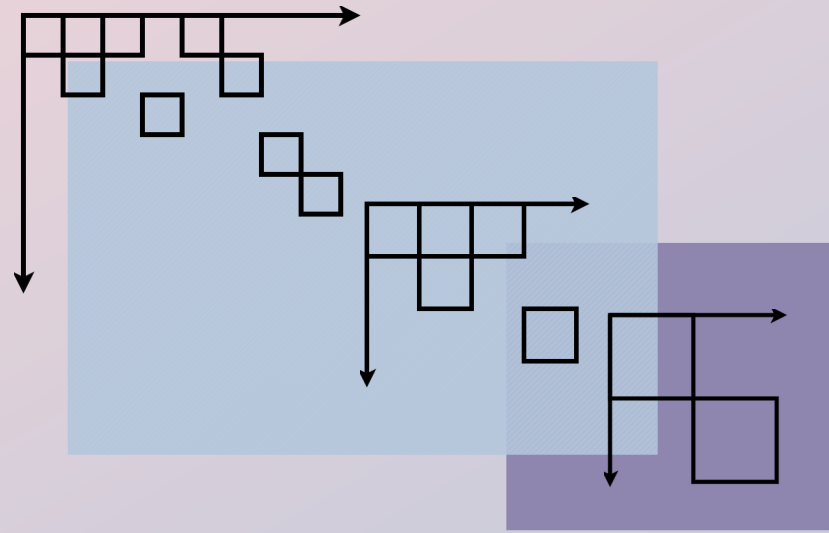


Présentation du diagramme formel

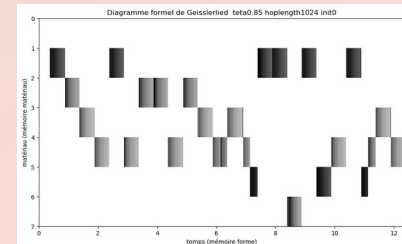
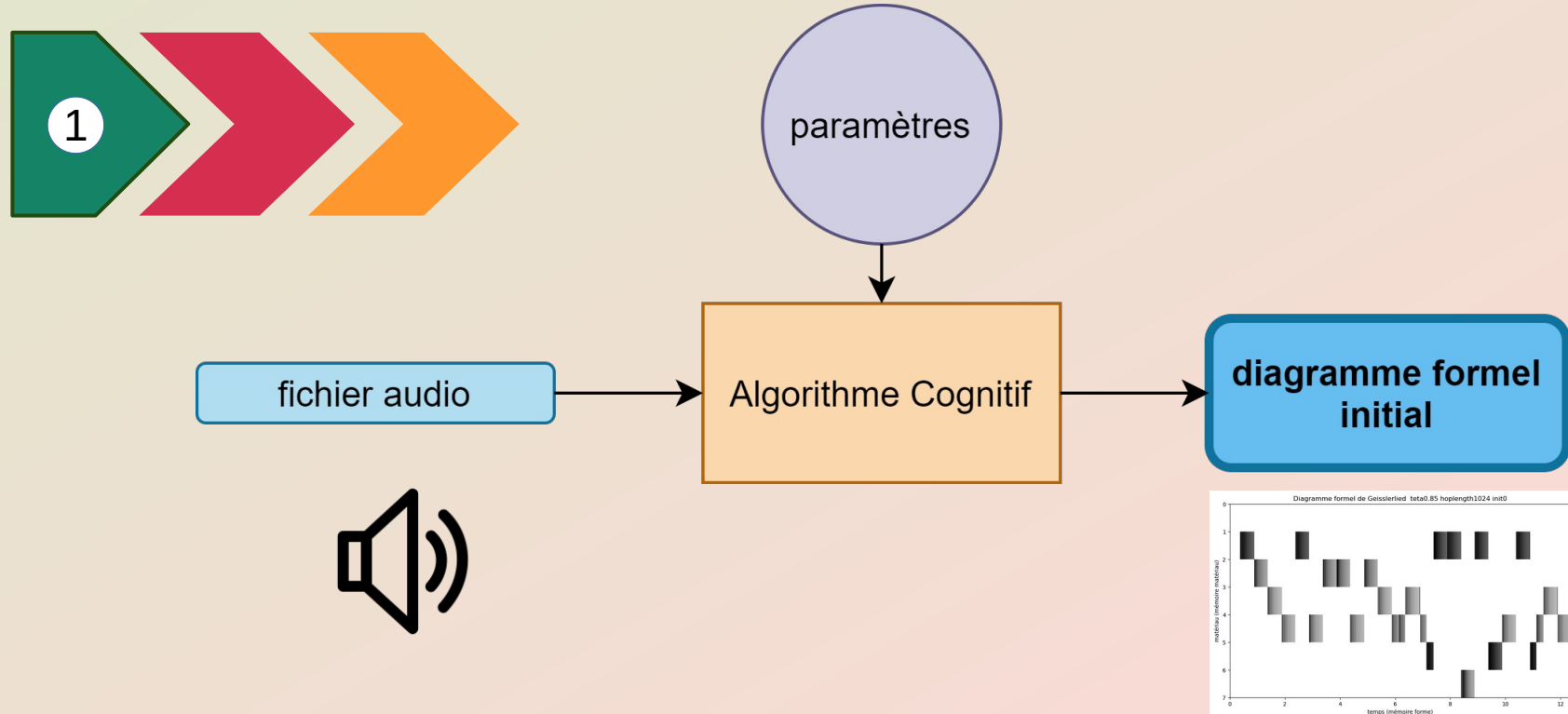
Diagramme Formel de la musique associée à la séquence d'objets encodés « abacabacdeab »



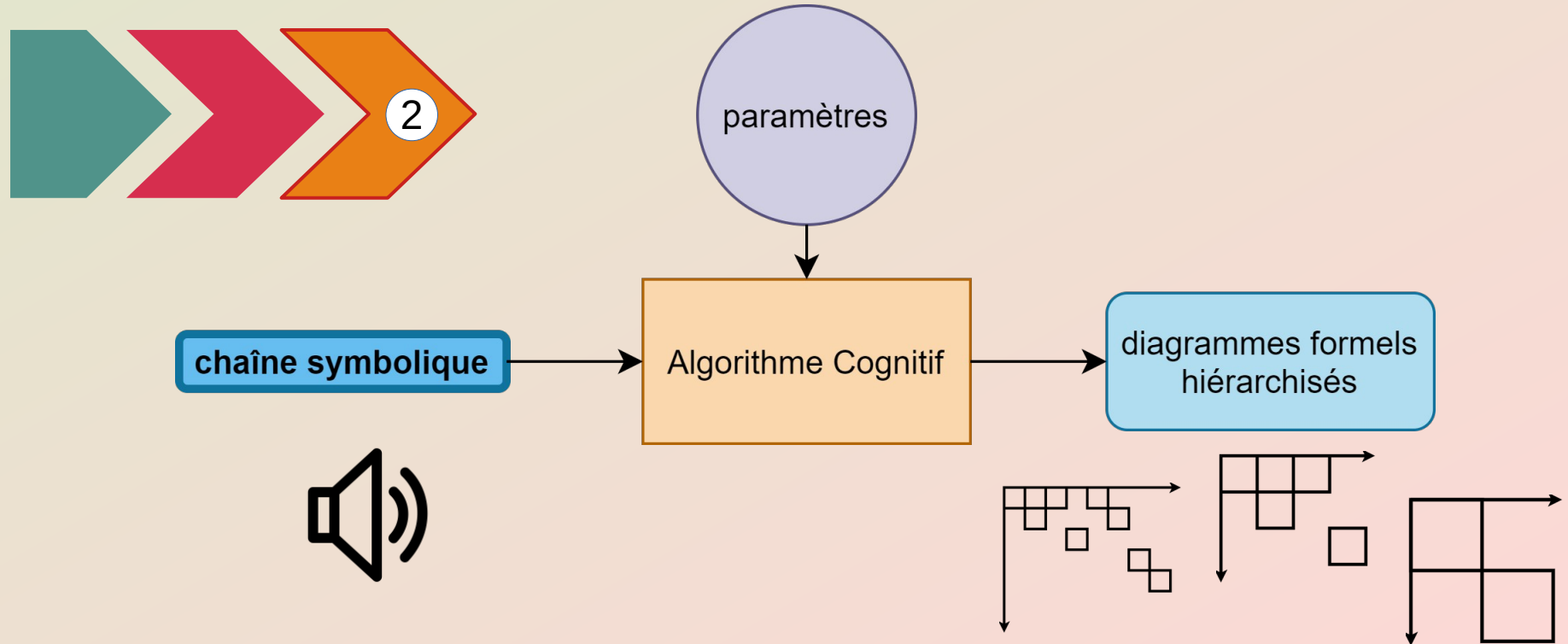
Implémentation de l'algorithme



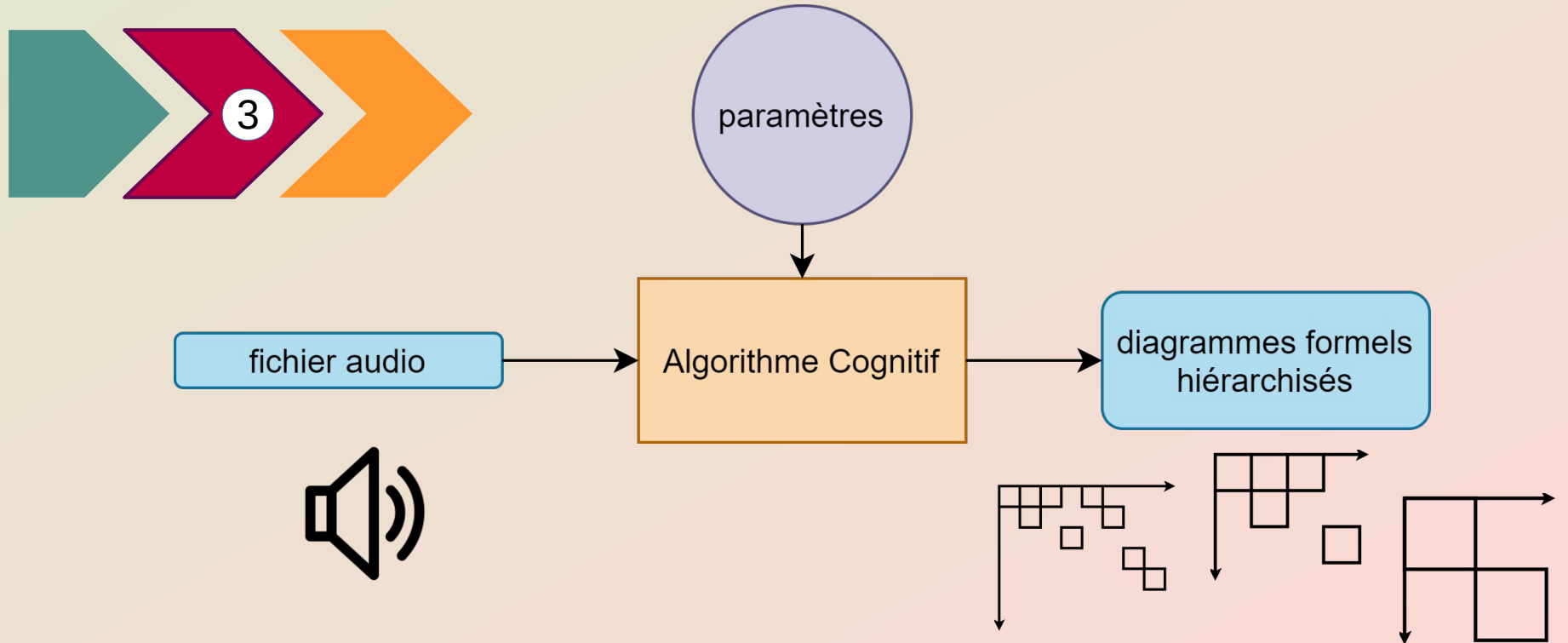
De l'audio au diagramme formel initial



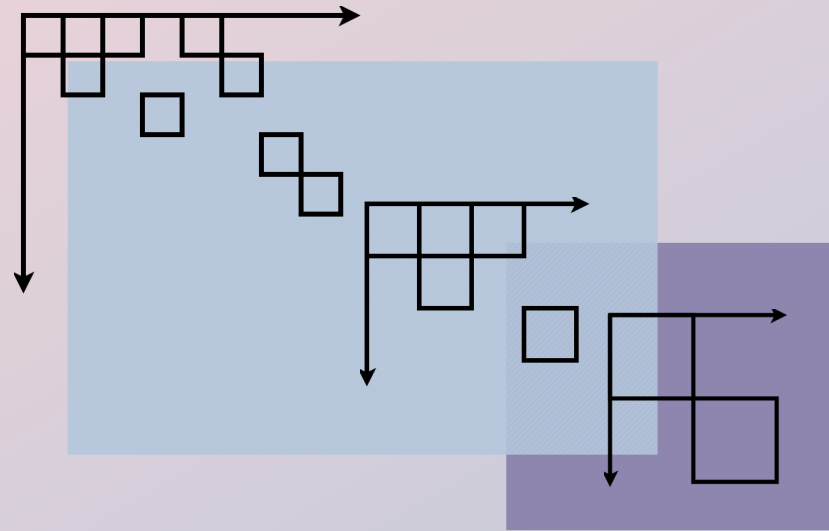
Des symboles aux diagrammes formels hiérarchisés



De l'audio aux diagrammes formels hiérarchisés

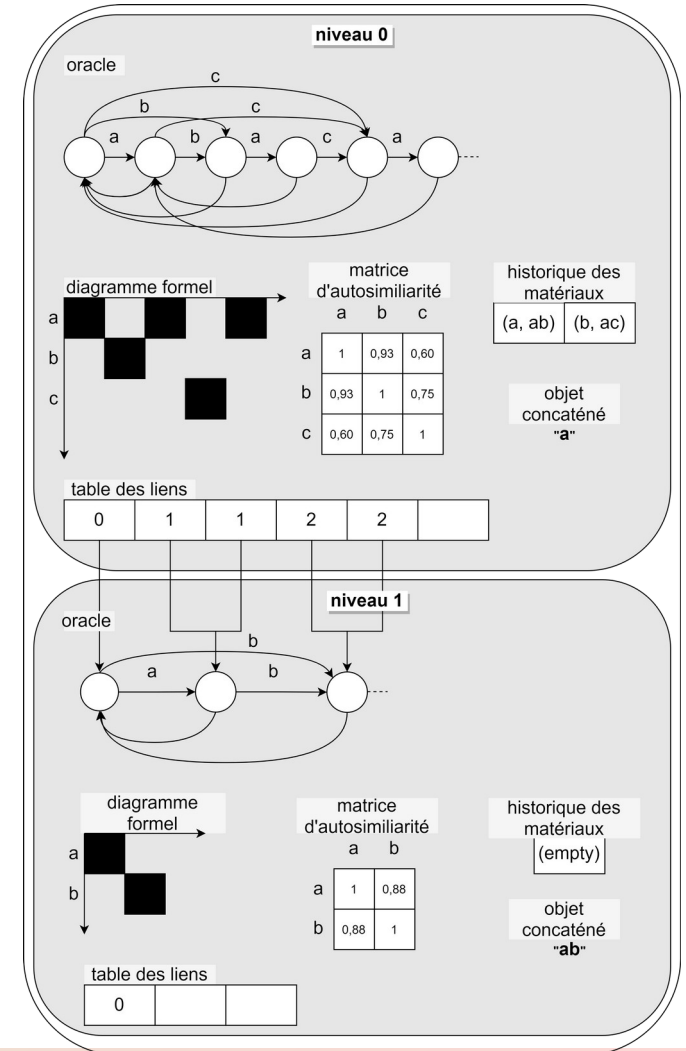


L'oracle multi-échelle



L'oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 6 structures de données :
 - Factor Oracle
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - Table des liens
 - Matrice d'auto-similarité

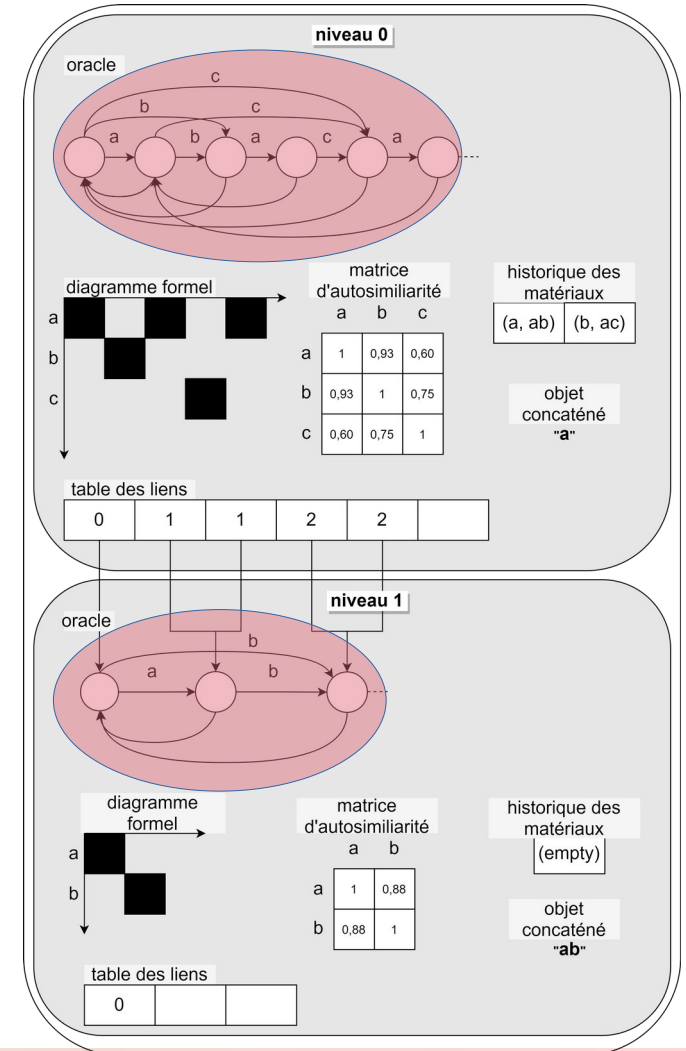


L'oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 6 structures de données :

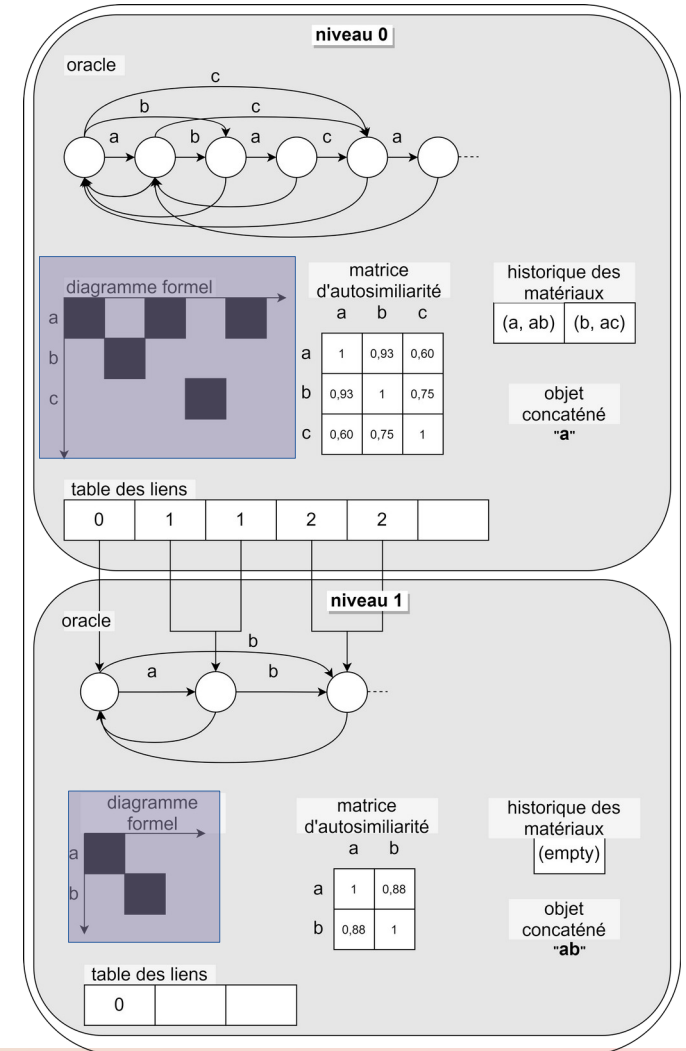
- **Factor Oracle**
- Diagramme Formel
- Historique des matériaux
- Objet concaténé
- Table des liens
- Matrice d'auto-similarité

- C. Allauzen, M. Crochemore, and M. Raffinot, *Factor oracle: a new structure for pattern matching ; theory and practice of informatics*. in Proceedings of SOFSEM'99, Paris, France, 1999
- C. Wang and S. Dubnov, *Guided music synthesis with variable markov oracle*, in 3rd International Workshop on Musical Metacreation, 10th Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference, Raleigh, North Carolina, 2014.



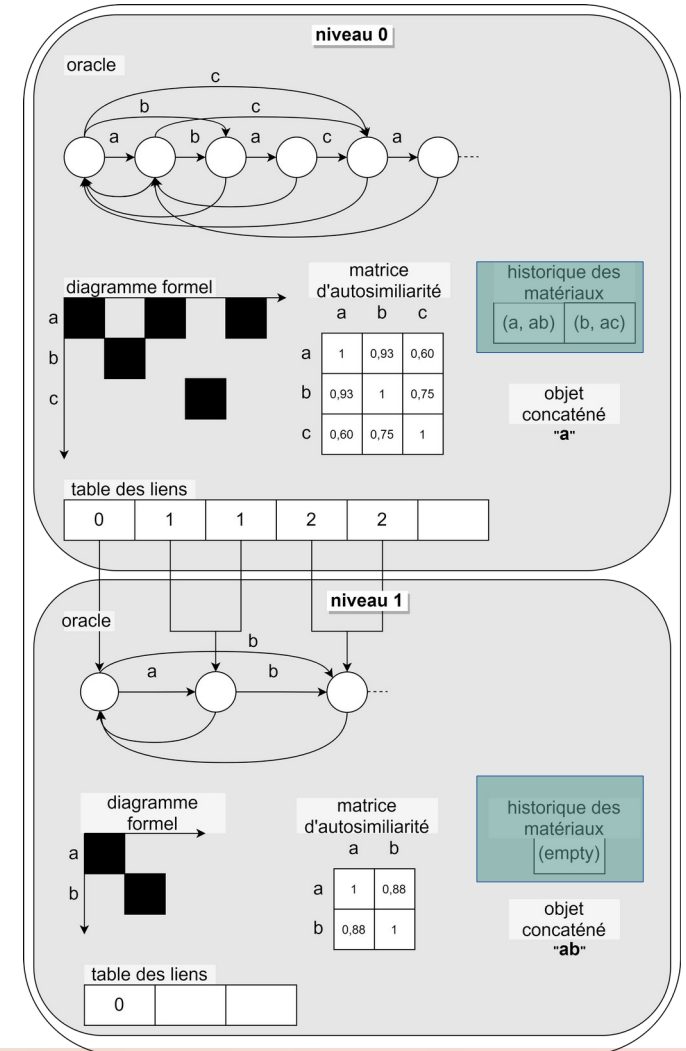
L'oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 6 structures de données :
 - Factor Oracle
 - **Diagramme Formel**
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - Table des liens
 - Matrice d'auto-similarité



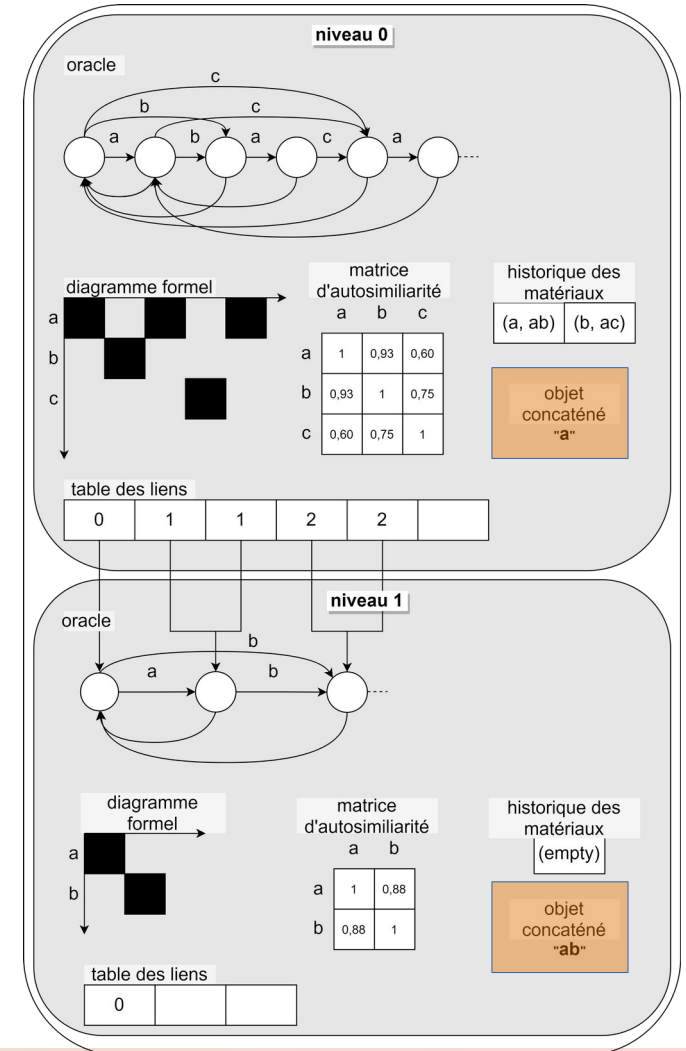
L'oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 6 structures de données :
 - Factor Oracle
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - Table des liens
 - Matrice d'auto-similarité



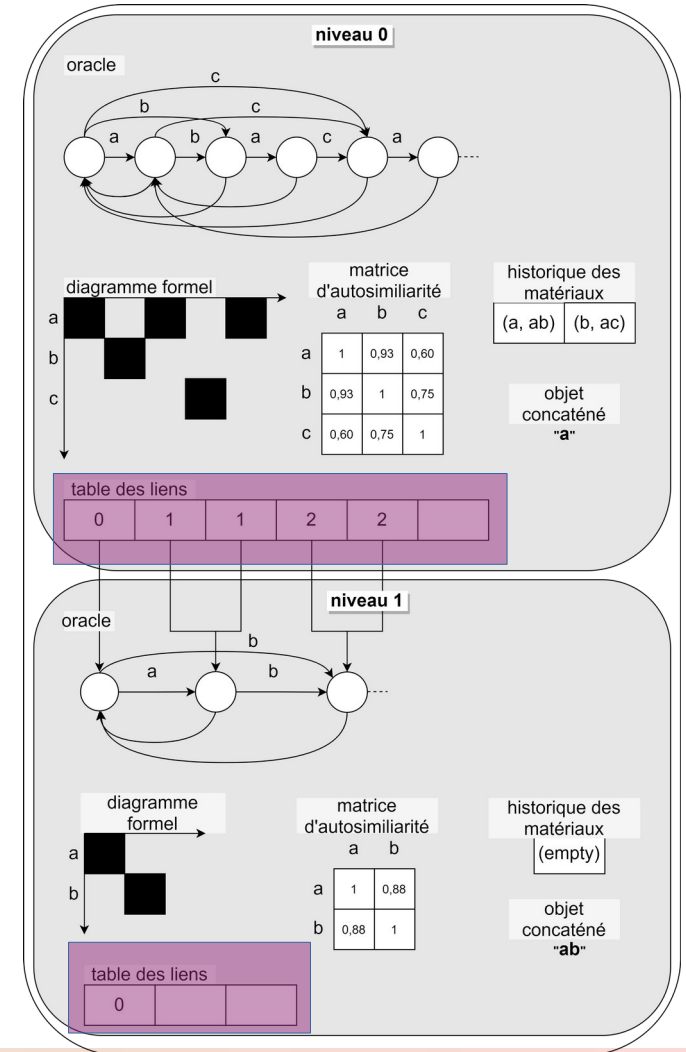
L'oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 6 structures de données :
 - Factor Oracle
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - **Objet concaténé**
 - Table des liens
 - Matrice d'auto-similarité



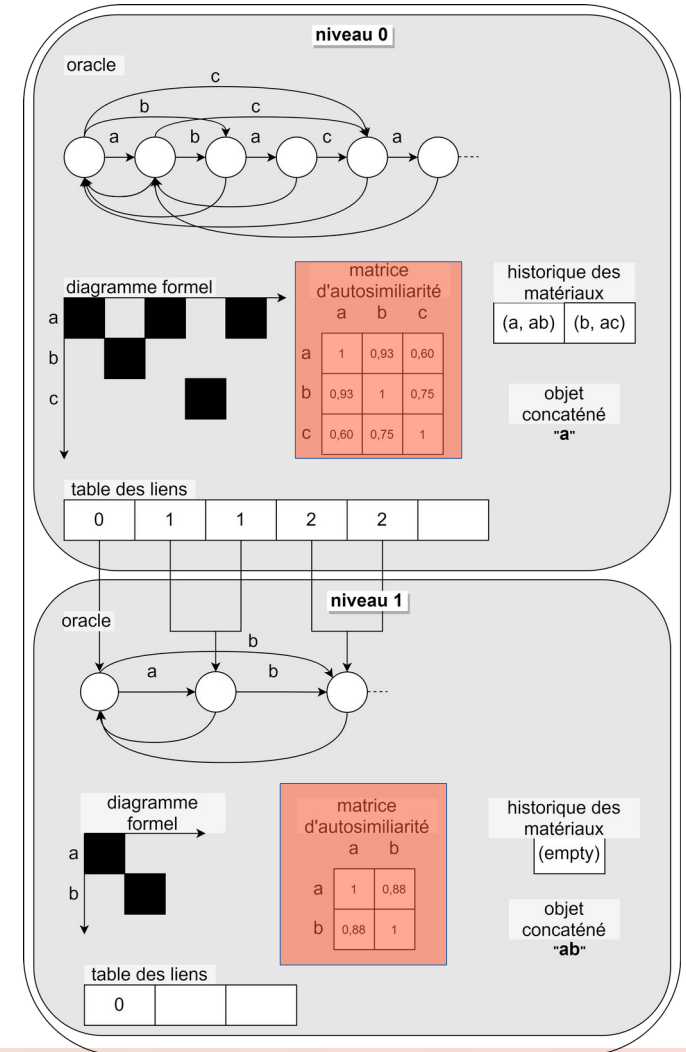
L'oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 6 structures de données :
 - Factor Oracle
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - **Table des liens**
 - Matrice d'auto-similarité

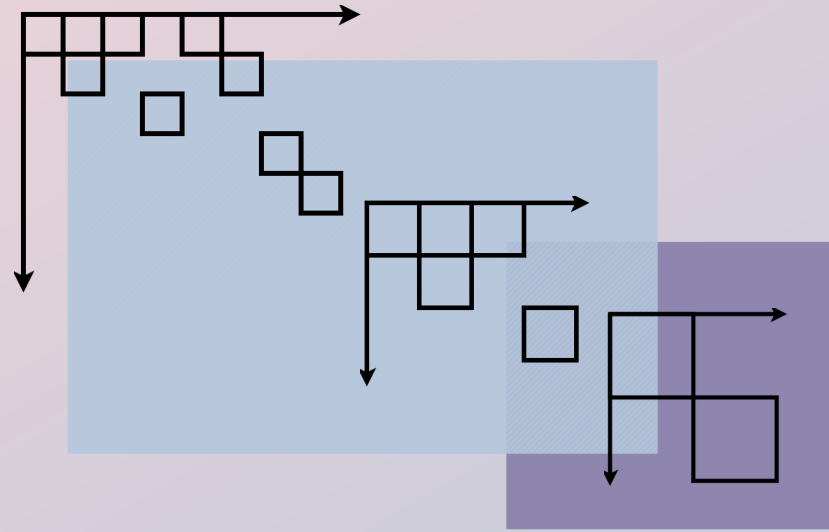


L'oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 6 structures de données :
 - Factor Oracle
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - Table des liens
 - **Matrice d'auto-similarité**



Tests de reconnaissance paradigmatique et syntagmatique



Règles de similarité

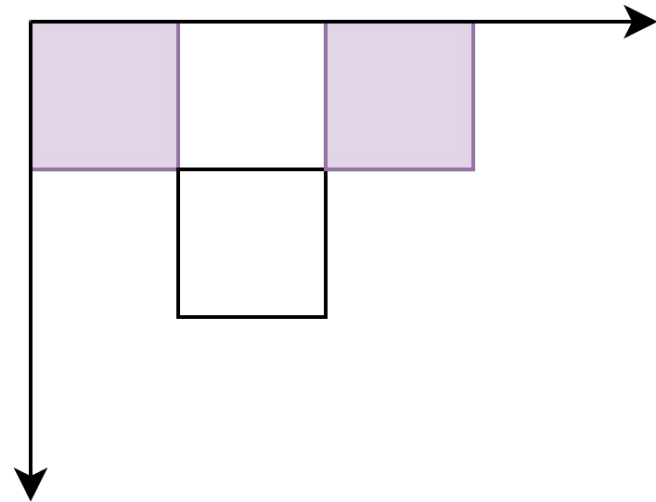
Signal :

- Concordance différentielle
- Distance Euclidienne

Symbolique :

- Égalité stricte
- Alignement (Needleman-Wunch)

- Seuil de similarité
- Possibilité d'ajouter des règles



Règles de segmentation

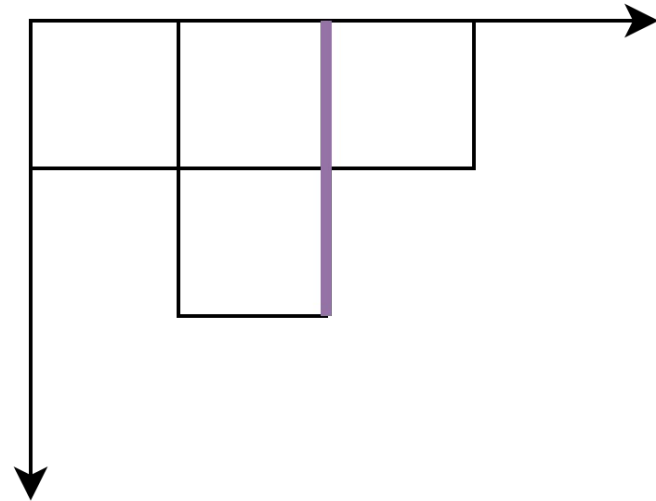
Signal :

- Transformée de Fourier différentielle
- Dissimilarité de la dynamique

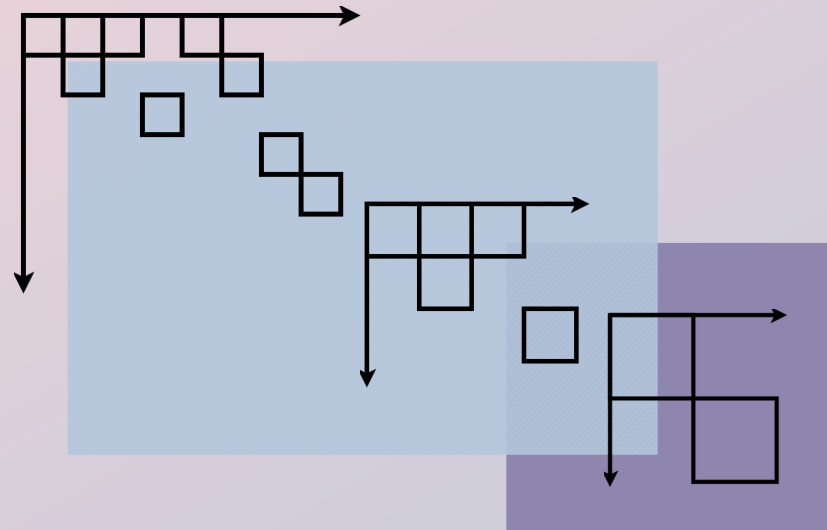
Symbolique :

- Mise en place de 5 règles personnalisables et paramétrables

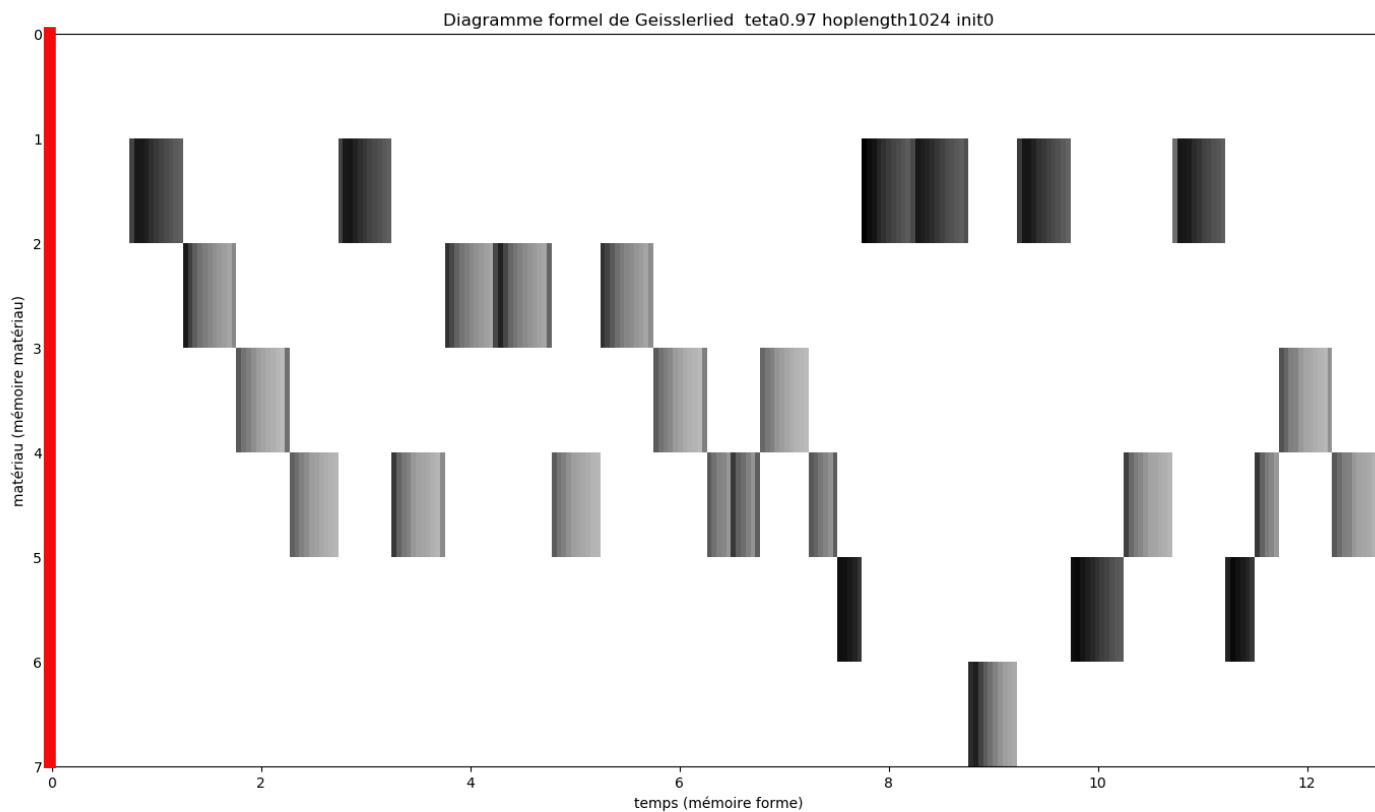
- Seuil de dissimilarité
- Possibilité d'ajouter des règles



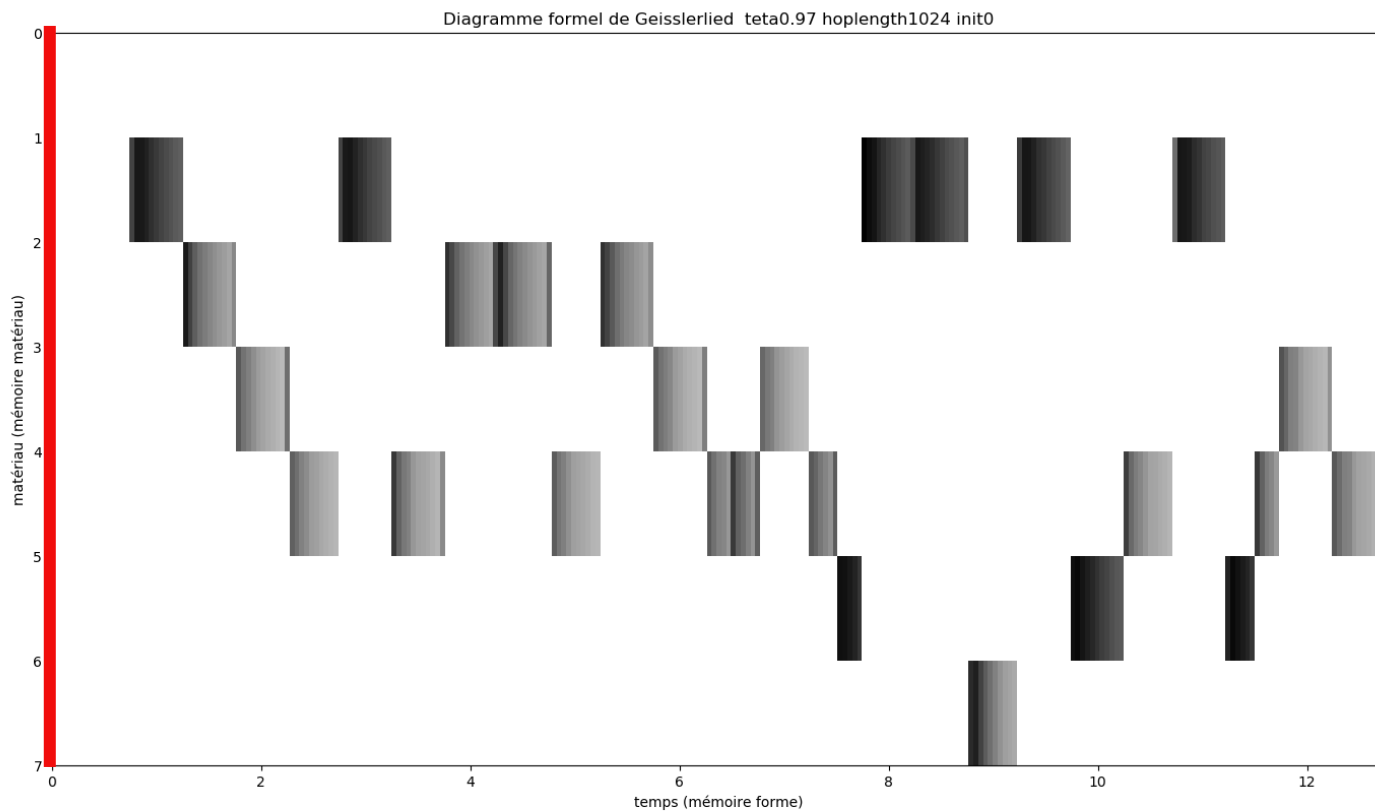
Résultats actuels



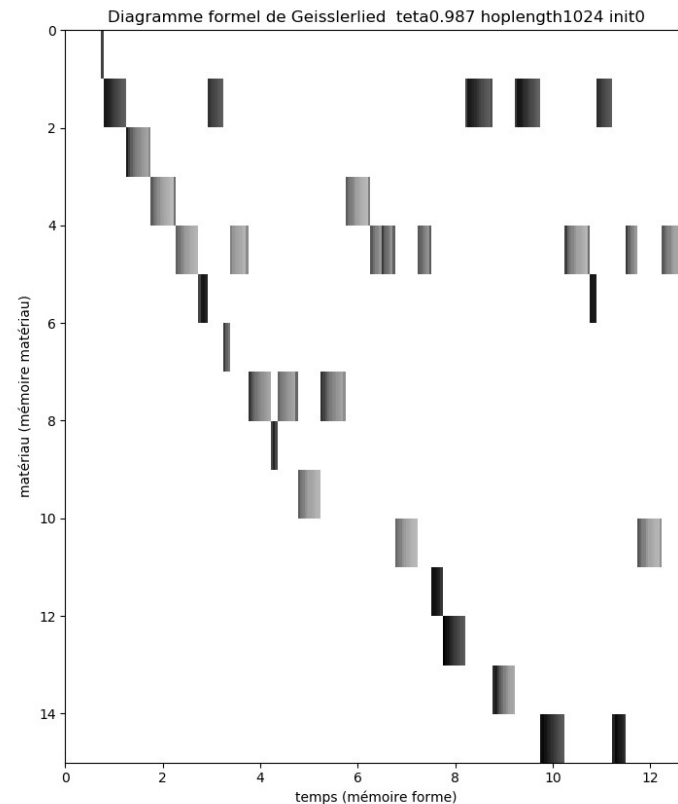
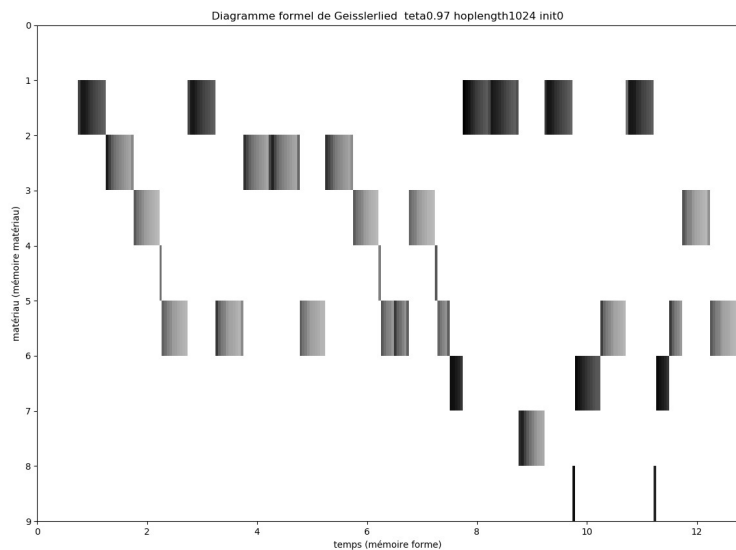
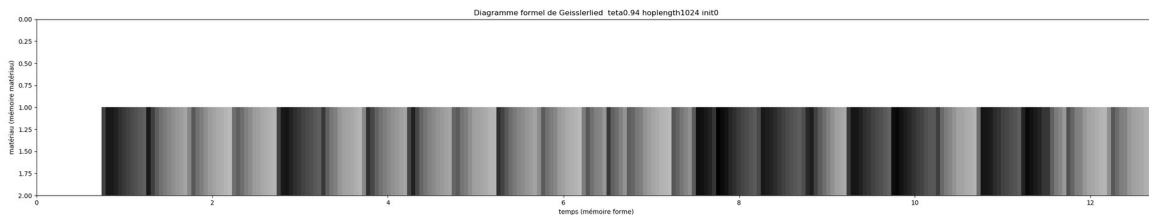
De l'audio au diagramme formel initial



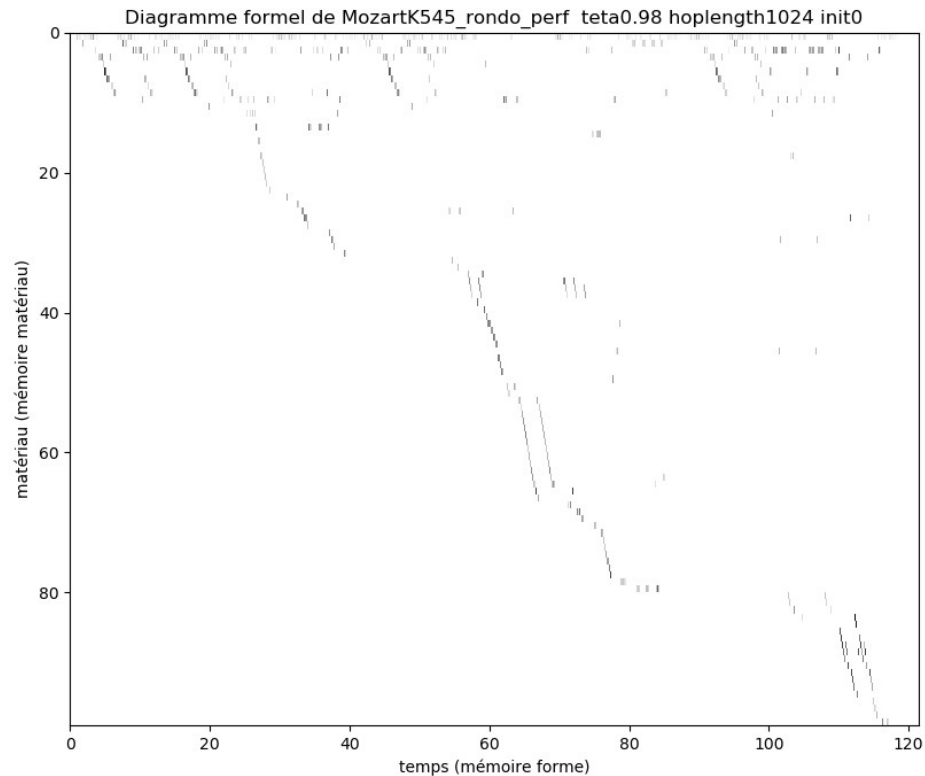
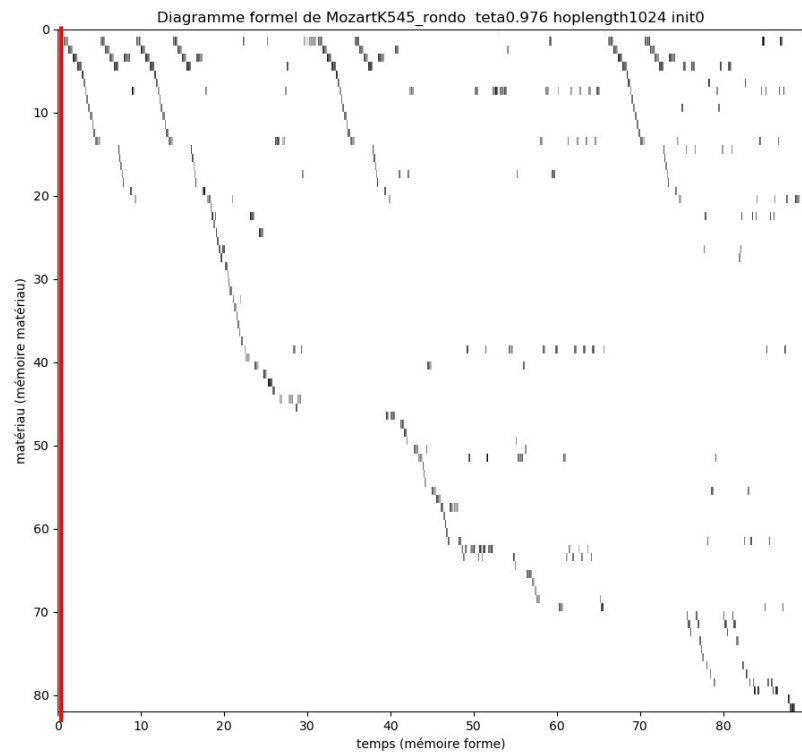
De l'audio au diagramme formel initial



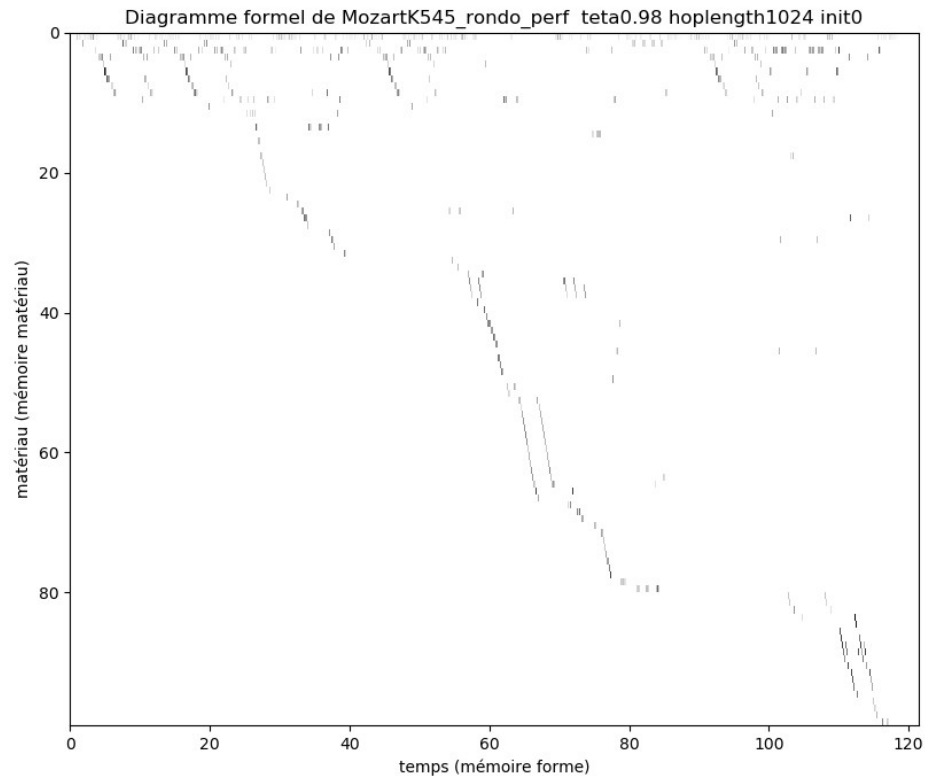
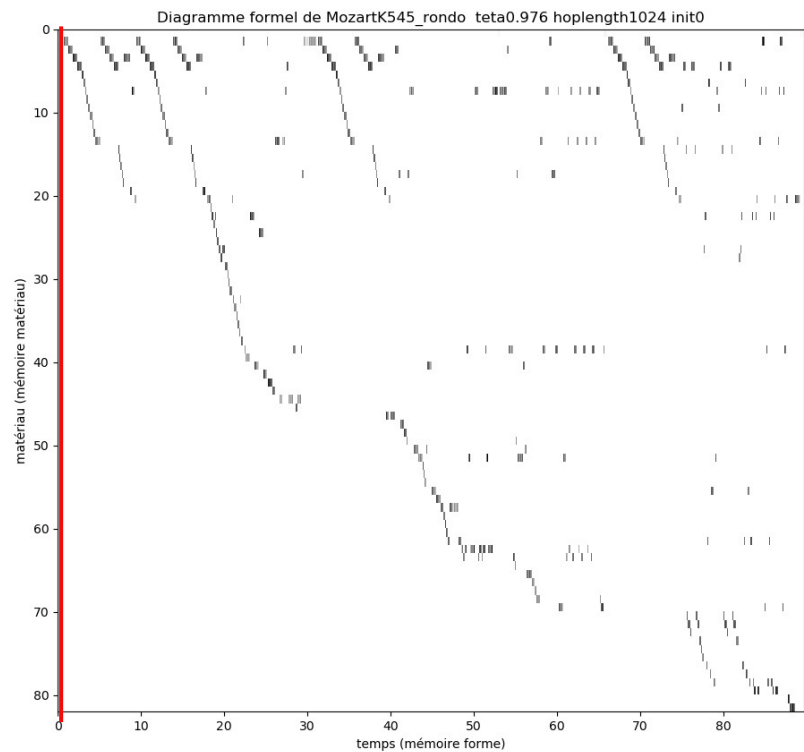
De l'audio au diagramme formel initial



De l'audio au diagramme formel initial



De l'audio au diagramme formel initial



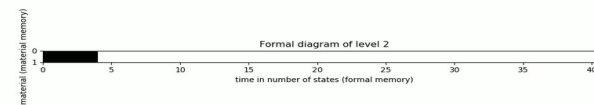
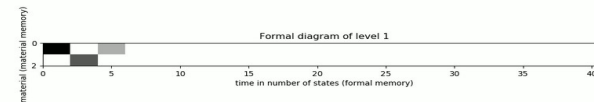
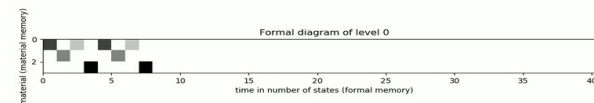
Des symboles aux diagrammes hiérarchisés

5 (H80) RONDO. Allegretto.

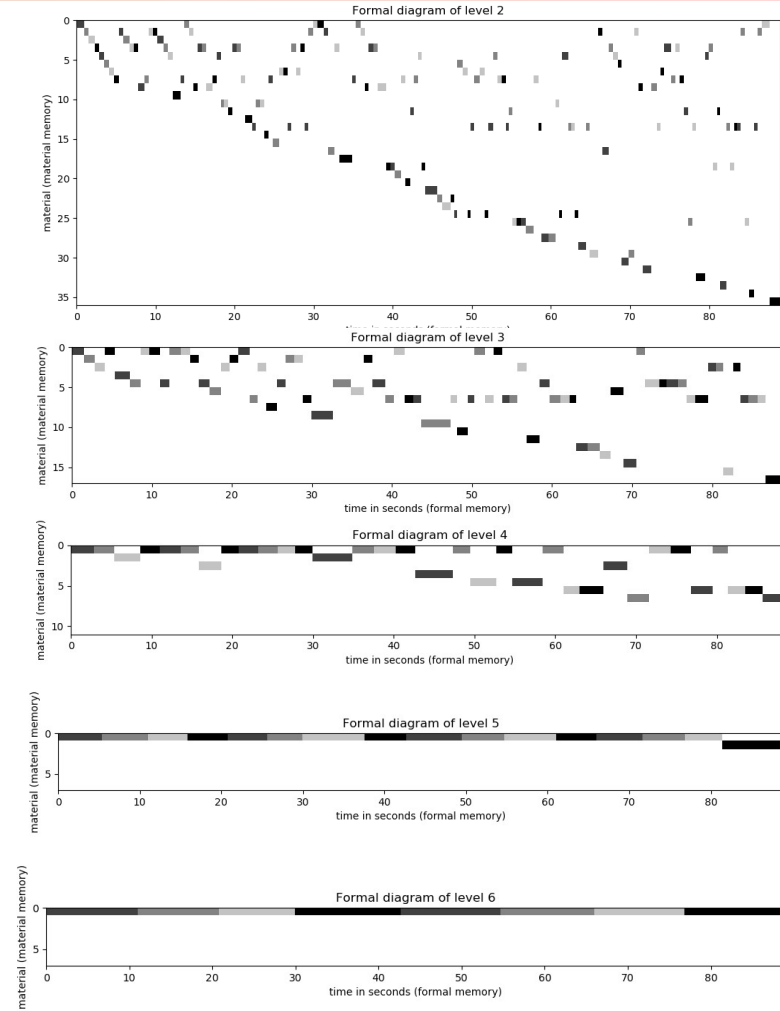
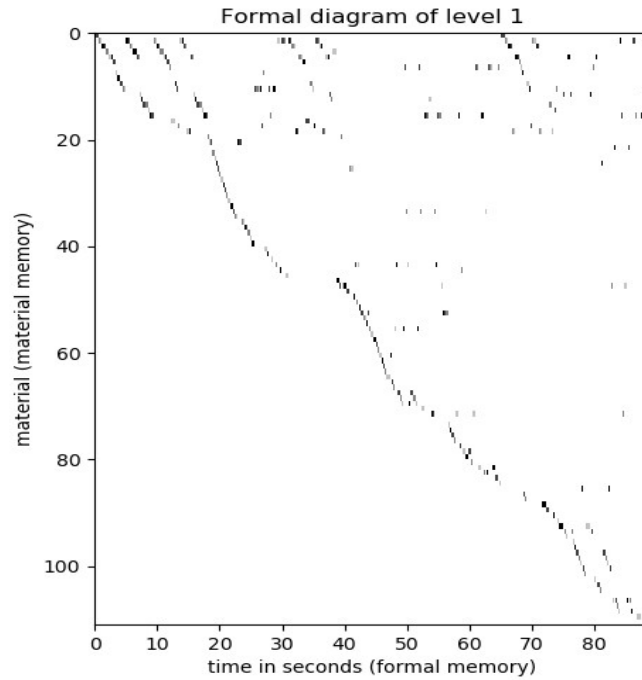
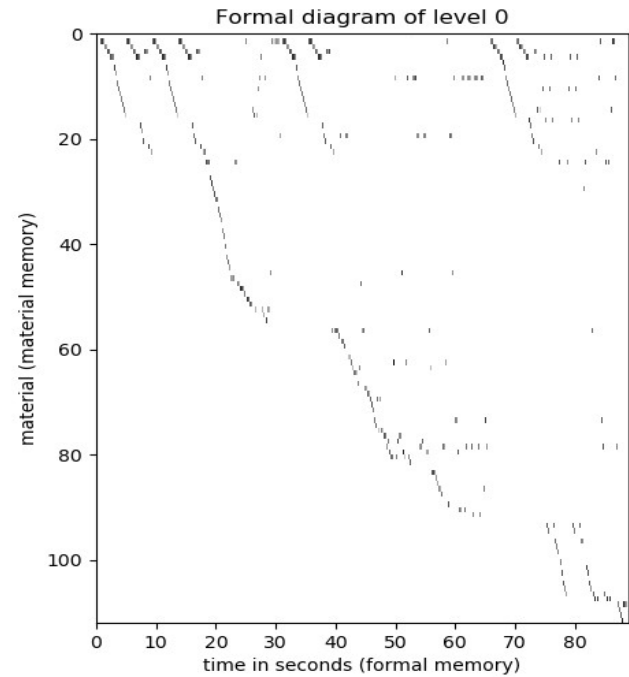
W. A. M. 545.

W. A. M. 545.

→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacrsrttu

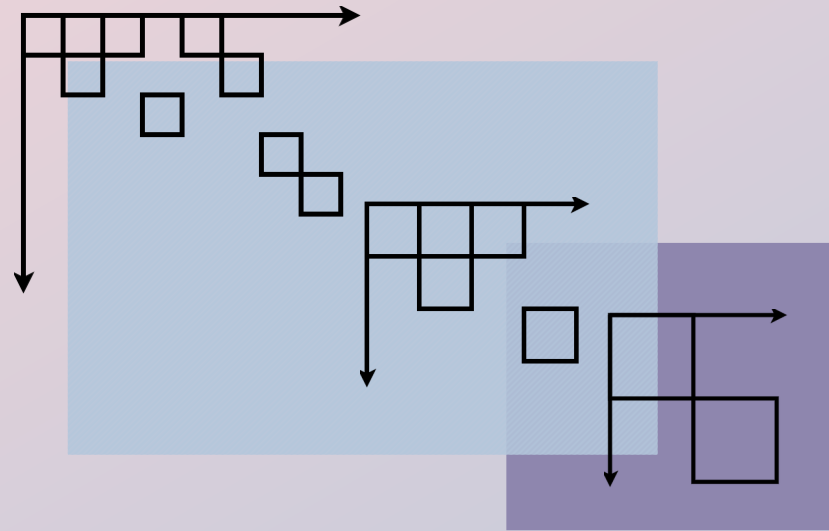


Du signal aux diagrammes formels hiérarchisés



W.A. Mozart, Rondo K545, rules 1,2,3,4 and 5

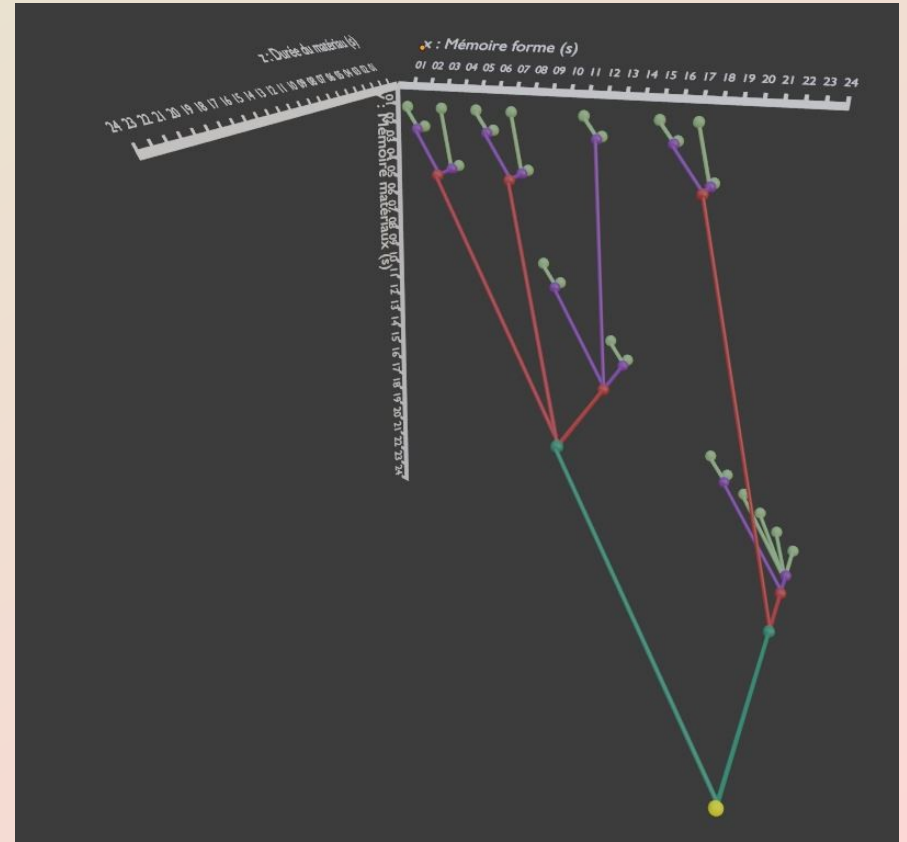
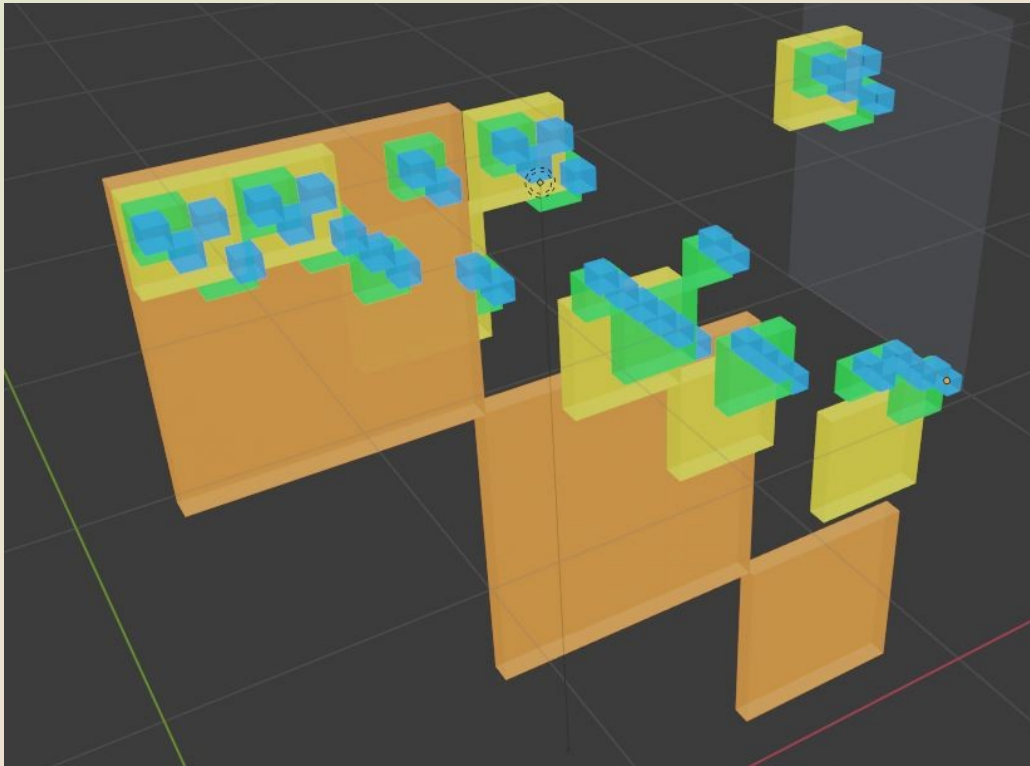
Représentation 3D



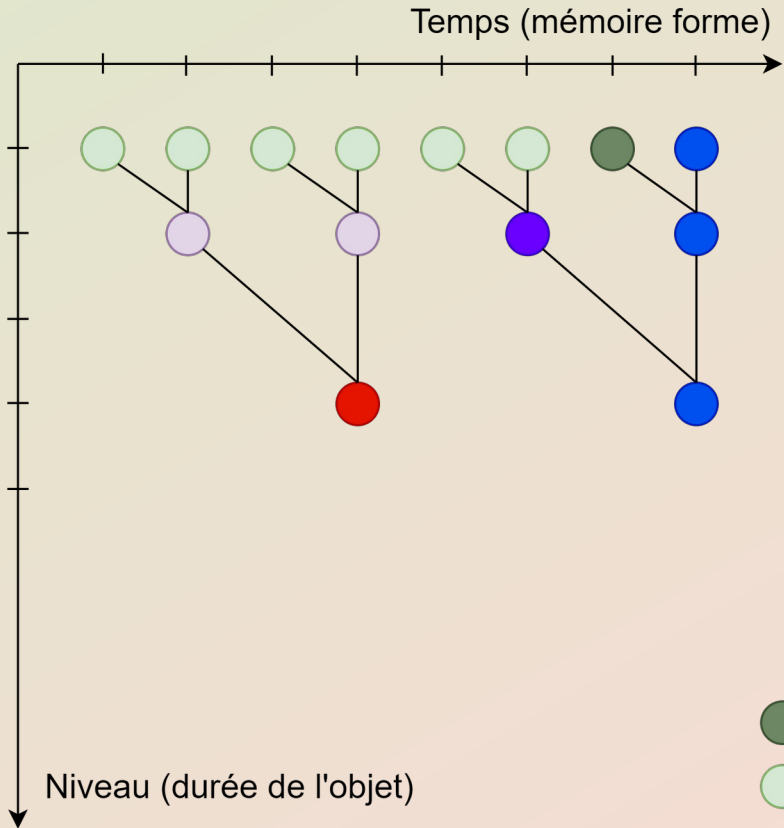
Représentation 3D

- Représentation plus lisible :
 - Compréhensible du Musicologue
 - Qui ait un sens selon les différentes vues de la représentation
 - Qui valorise les relations entre les éléments
 - Stage de Erwan Michel, étudiant M2 ergonomie cognitive, Université Toulouse Jean-Jaurès

Représentation 3D

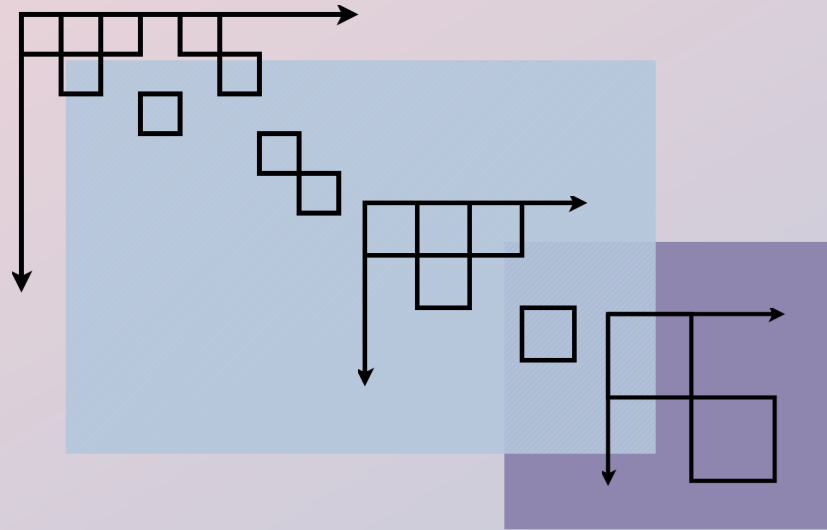


Représentation 3D

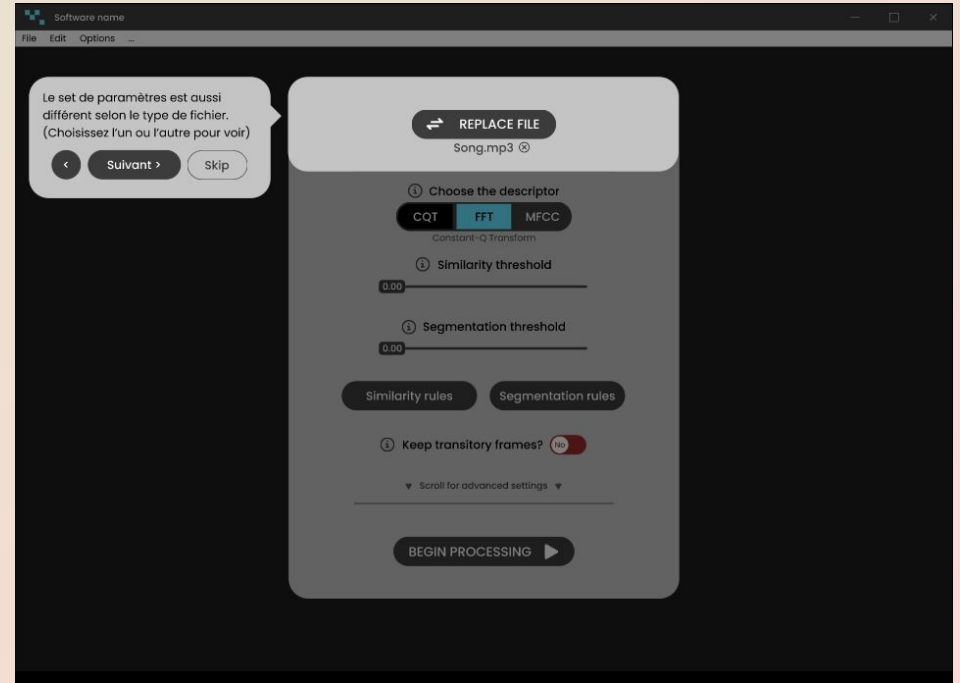
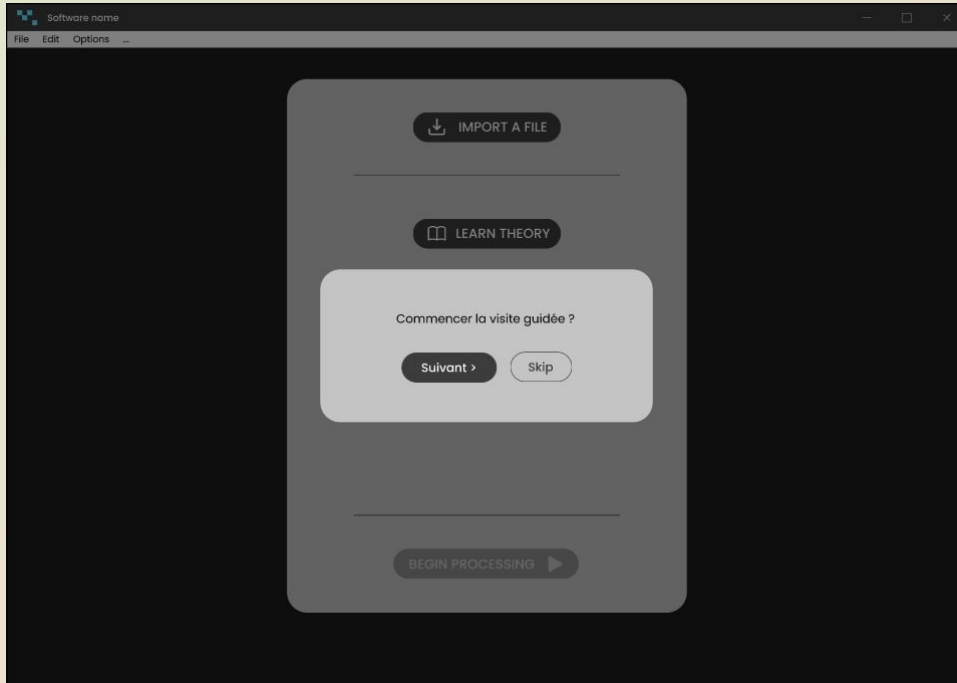


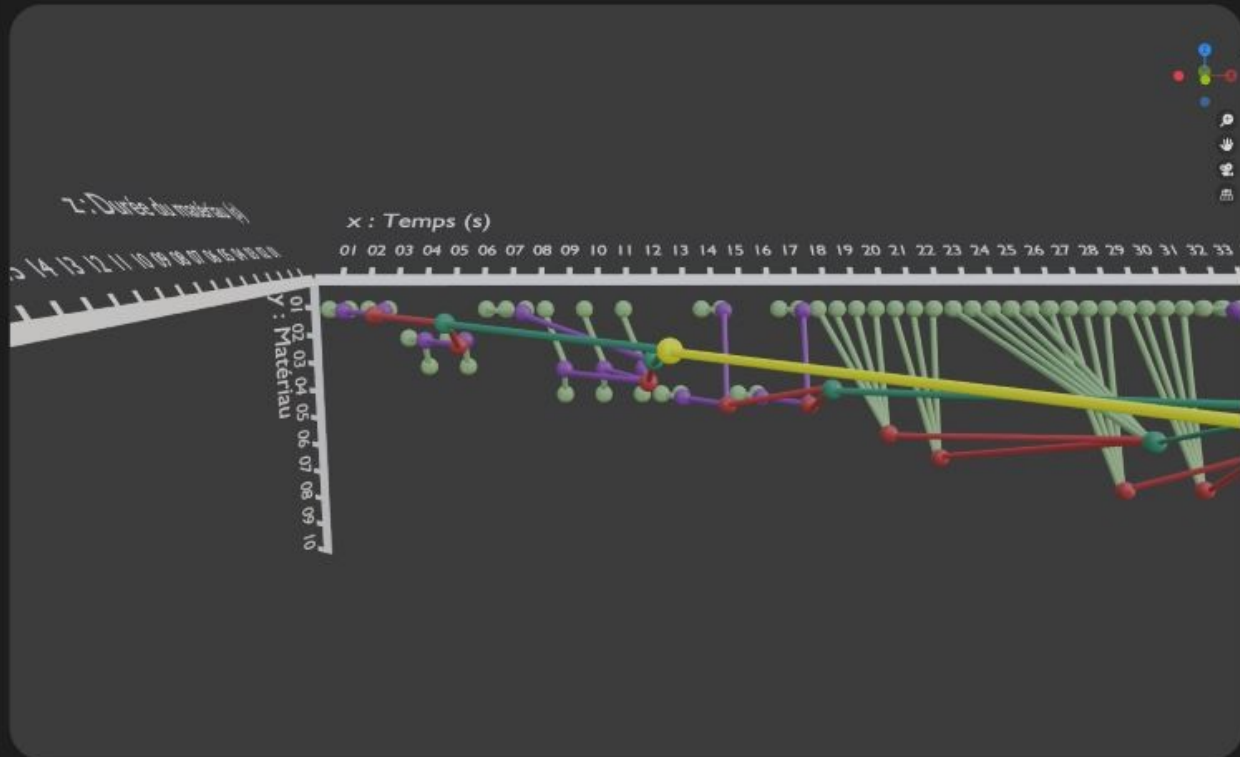
- Affichage possible :
 - des hypothèses cognitives
 - De la mémoire à long terme et de la mémoire de travail

Interface



Interface





Download, Print, Share, and Bookmarks icons.

GENERAL

Summary

x rejected assumptions
 x total assumptions
 -
 -
 -

2D Views

xy view, xz view, yz view buttons with view icons.

Selection

1 material(s)
 0 link(s)
 -
 -
 -

Select a single object to display its details here.

show section with three toggle switches: "active" materials (assumptions), rejected assumptions, "to be nested" materials.

Timeline and display controls including a slider, play/pause buttons, a 0:00:00 timer, and 'display' (Levels, Links) and 'highlight' (Level, Link) sections with min/max dropdowns.

Interface

- En attendant le développement de l'interface dans un logiciel d'analyse, proposition d'une interface web pour les premiers tests :

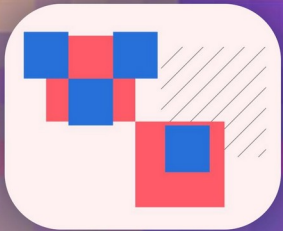


The screenshot shows a web interface with a dark header containing the text "L'algorithme cognitif - Interface web". The main content area has a colorful, pixelated background. On the left, the title "L'algorithme cognitif" is displayed in a large white font, followed by a welcome message and a description of the algorithm. On the right, there is a white rounded square icon containing a stylized graphic of blue and red squares and a hatched pattern. At the bottom, there are two columns of text: "Qu'est-ce que l'algorithme cognitif ?" and "Contact".

L'algorithme cognitif - Interface web

L'algorithme cognitif

Bienvenue sur l'interface web de l'algorithme cognitif !
L'algorithme cognitif est une modélisation de l'écoute musicale selon les contraintes temporelles de l'audio. Nous proposons un logiciel d'analyse musicale qui fournit une représentation formelle de fichiers audio à partir de l'analyse paradigmatique de l'œuvre.
Venez tester le logiciel !



Qu'est-ce que l'algorithme cognitif ?

L'algorithme cognitif est un un modèle qui permet de structurer et d'effectuer une analyse

Contact

LaBRI
Bordeaux-Mérignac

Démo !

Pour me contacter :

josephine.calandra@u-bordeaux.fr

site personnel :

<https://www.labri.fr/perso/jcalandra001/>