

Oracle multi-échelle et représentation automatisée de diagrammes formels basés sur l'algorithme cognitif

28 mai 2021
Joséphine Calandra

Séminaire : Sémiologie générale et musicologie



Objectifs de la recherche

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

Objectifs de la recherche

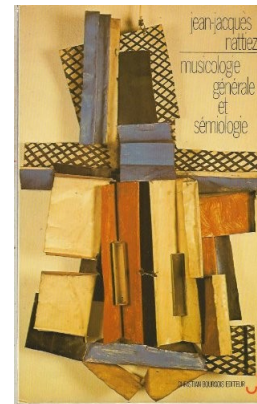
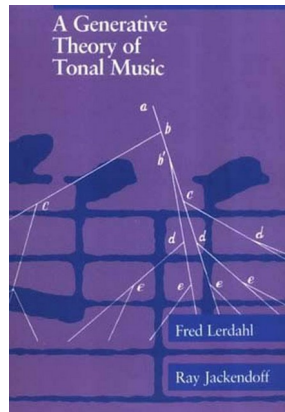
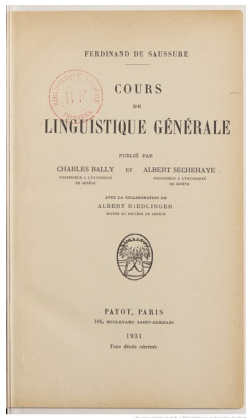
- Modéliser la structure et l'analyse paradigmatique et automatiser cette modélisation
 - Proposer un modèle qui se soumet aux contraintes de l'écoute
 - Paramétrisation du système
- Représenter de la modélisation
 - Problématique de la hiérarchisation des diagrammes

Objectifs de la recherche

- Modéliser la structure et l'analyse paradigmatique et automatiser cette modélisation
 - Proposer un modèle qui se soumet aux contraintes de l'écoute
 - Paramétrisation du système
- Représenter de la modélisation
 - Problématique de la hiérarchisation des diagrammes
- Monitorer l'algorithme
 - Comprendre la charge computationnelle de l'algorithme

Contexte

- De Saussure, *F. Cours de linguistique générale*. Payot, Paris, 1906.
- F. Lerdhal and R. Jackendoff, *A generative theory of tonal music*. Cambridge, Mass. : MIT Press, 1983.
- Nattiez, J.-J. *Musicologie générale et sémiologie*. Christian Bourgois, 1987.

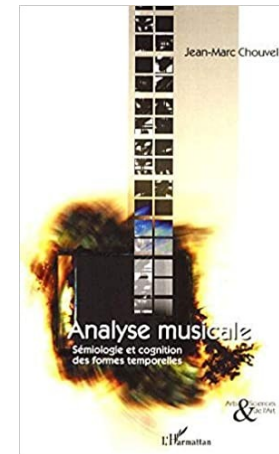
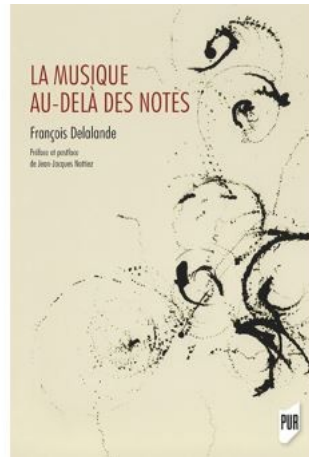


Contexte

- Laske, O.E. *Music, Memory and Thought, explorations in Cognitive Musicology*. University Microfilms, International, Ann Arbor (MI), 1977.
- Delalande, F. *La musique au-delà des notes*. Presse Universitaires de Rennes, 2019.
- Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

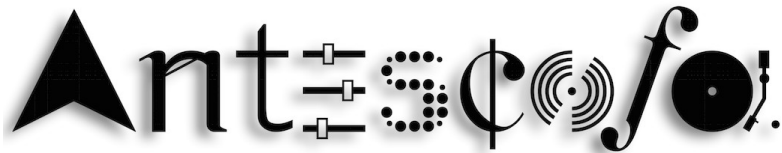


Ottolaske.com

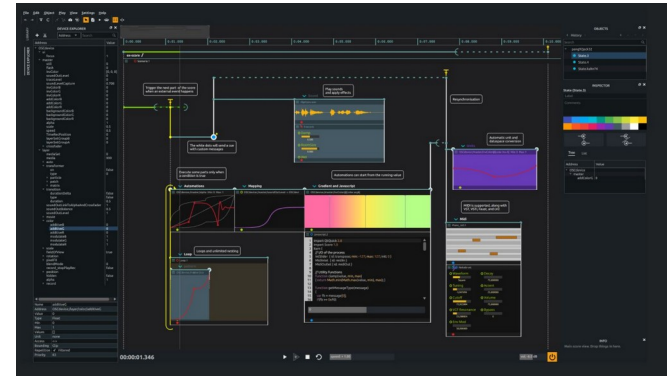


Contexte

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

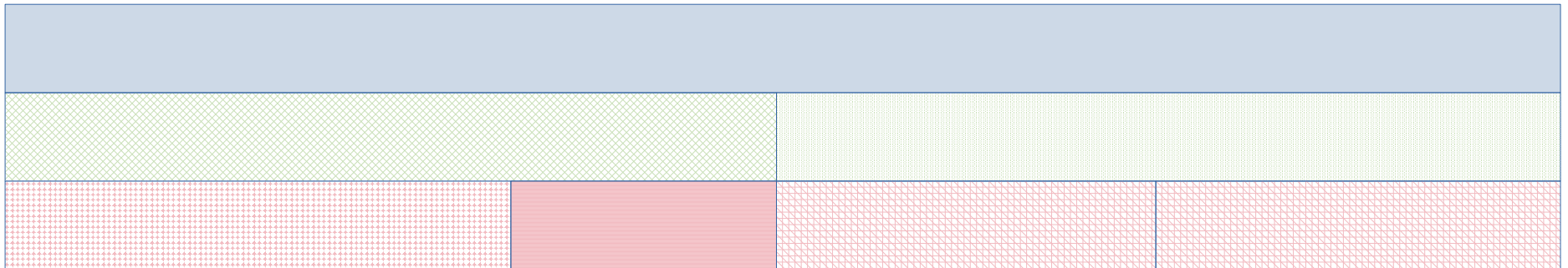


ossia.io



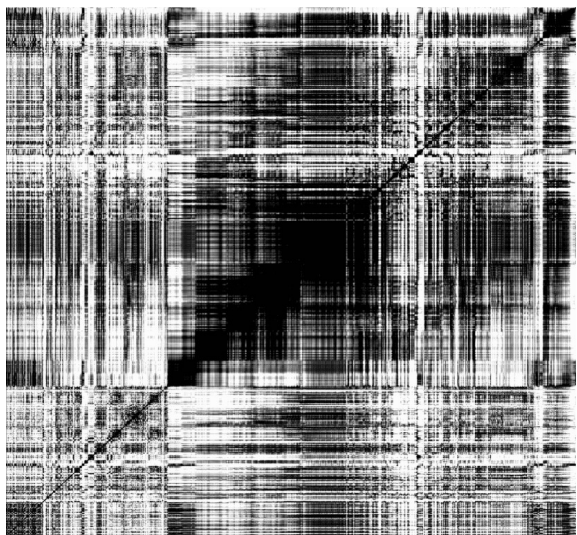
Contexte

- G. Sargent, *Estimation de la structure de morceaux de musique par analyse multicritère et contrainte de régularité*, Université de Rennes, 2013.
- B. Martin, *Analyse de structures répétitives dans les séquences musicales*, Université Sciences et Technologies Bordeaux I, 2012.



Contexte

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

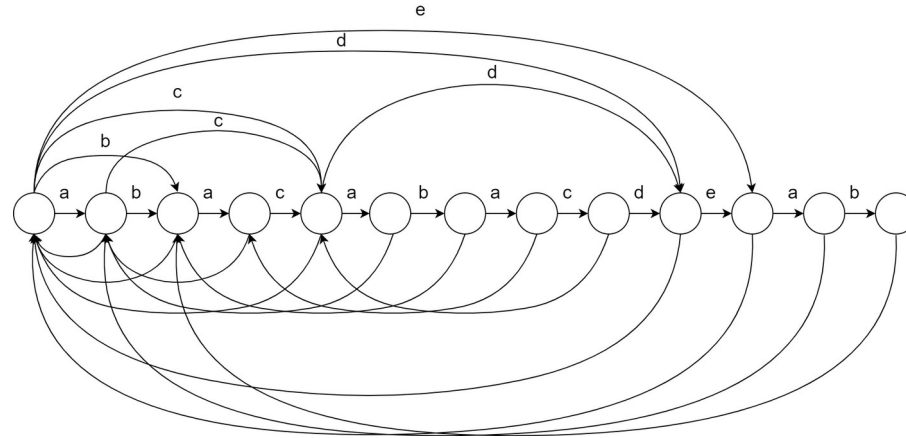


Fogg, Lorenzo Bianchi Hoesch (2012)

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

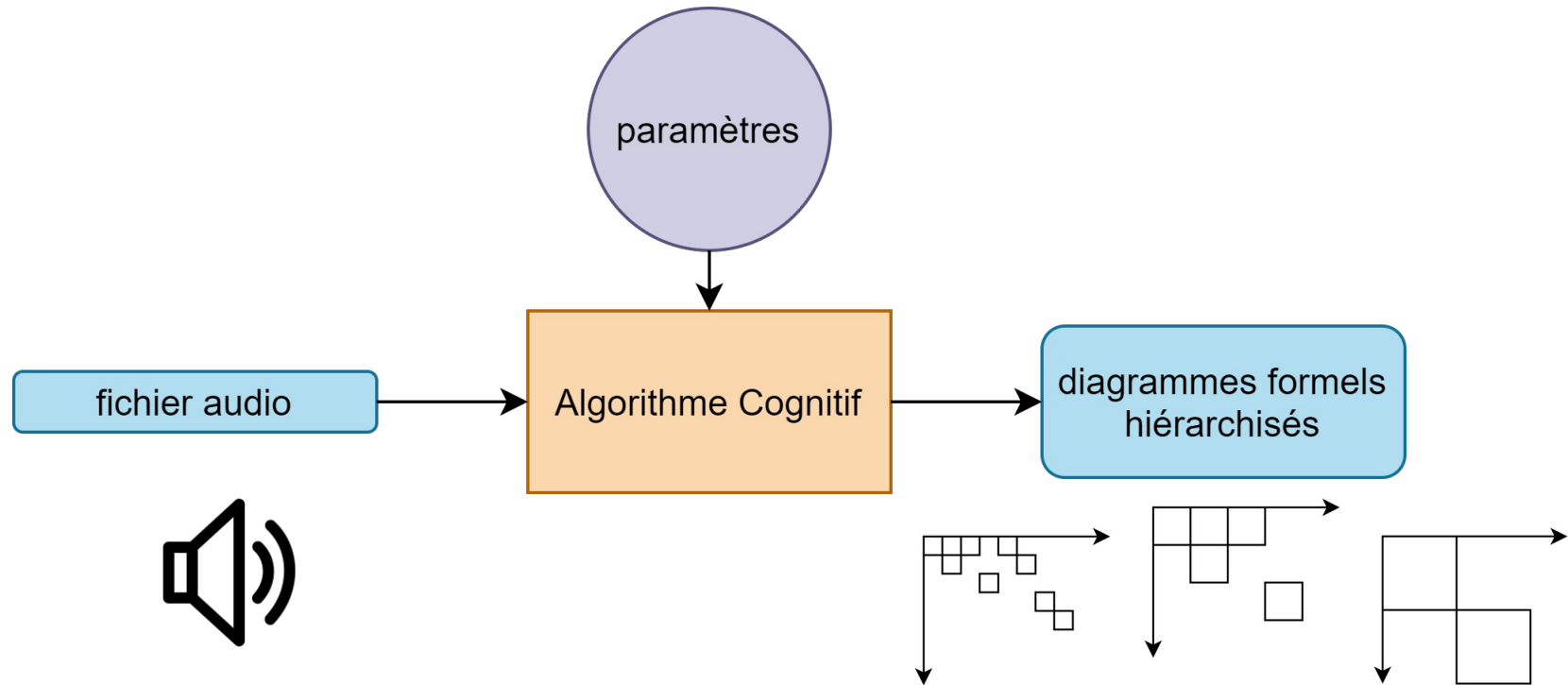
Contexte

- 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.

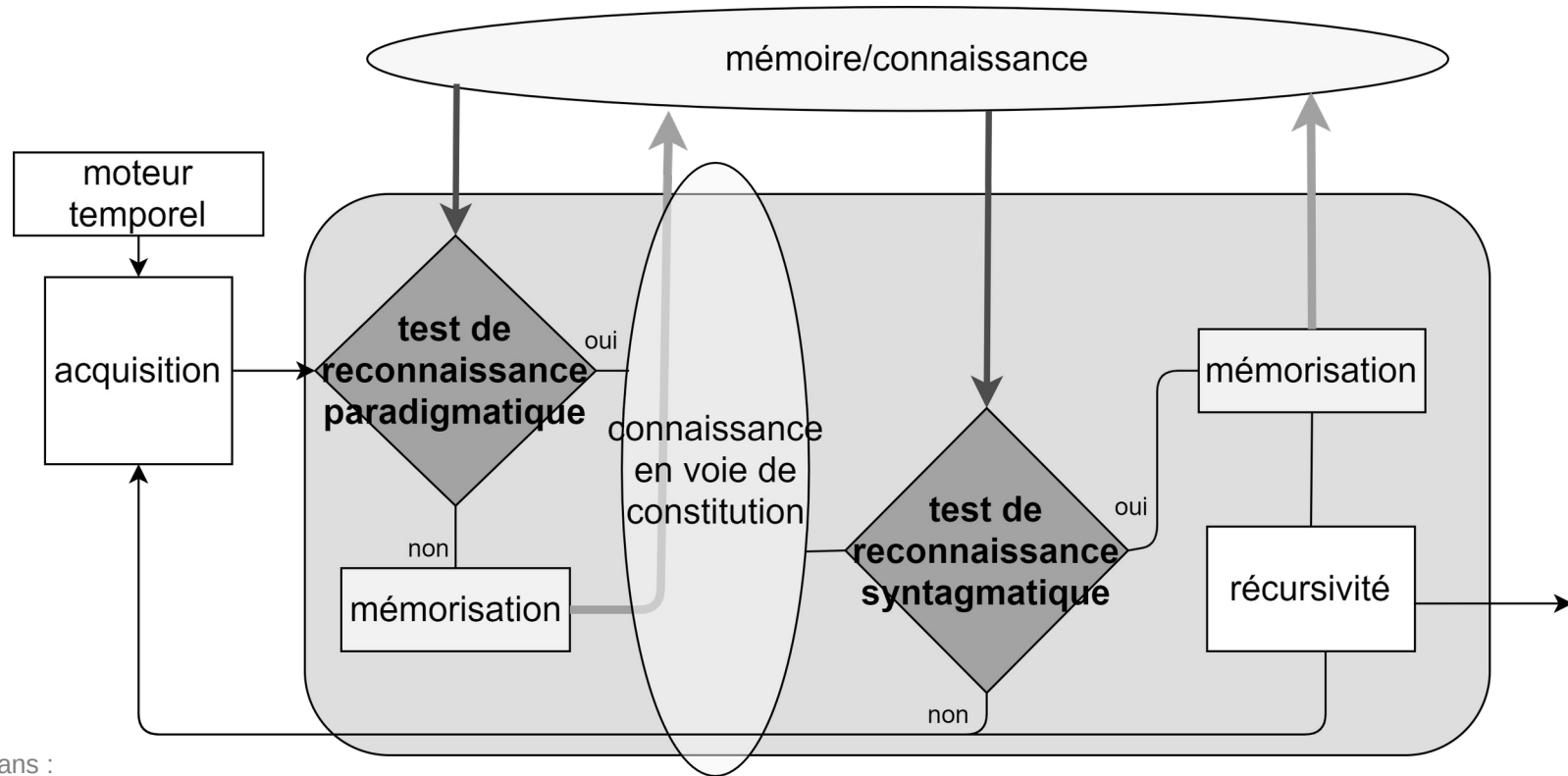


Présentation de l'algorithme

Algorithme Cognitif : principe général

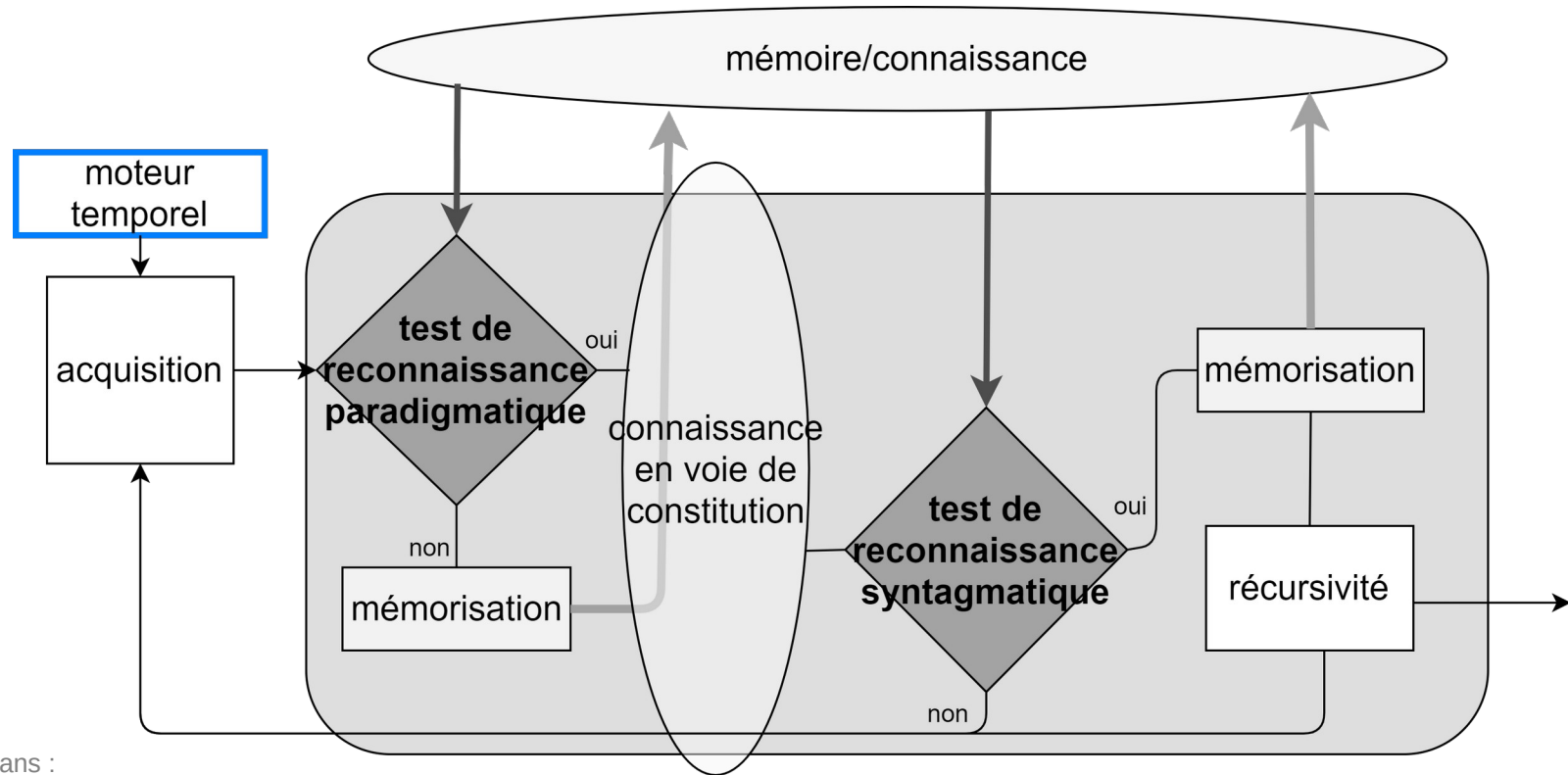


Algorithme Cognitif : principe général



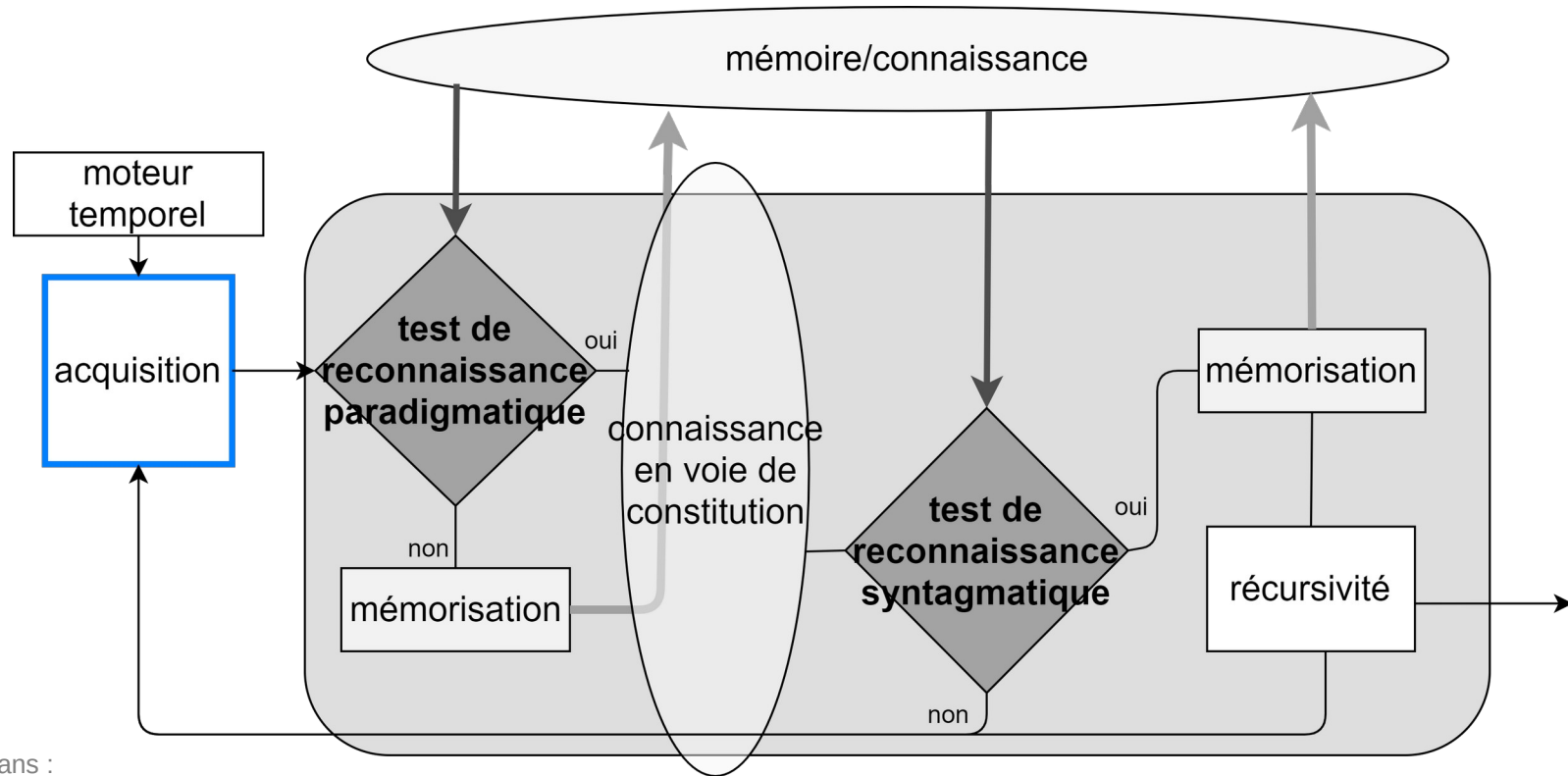
Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



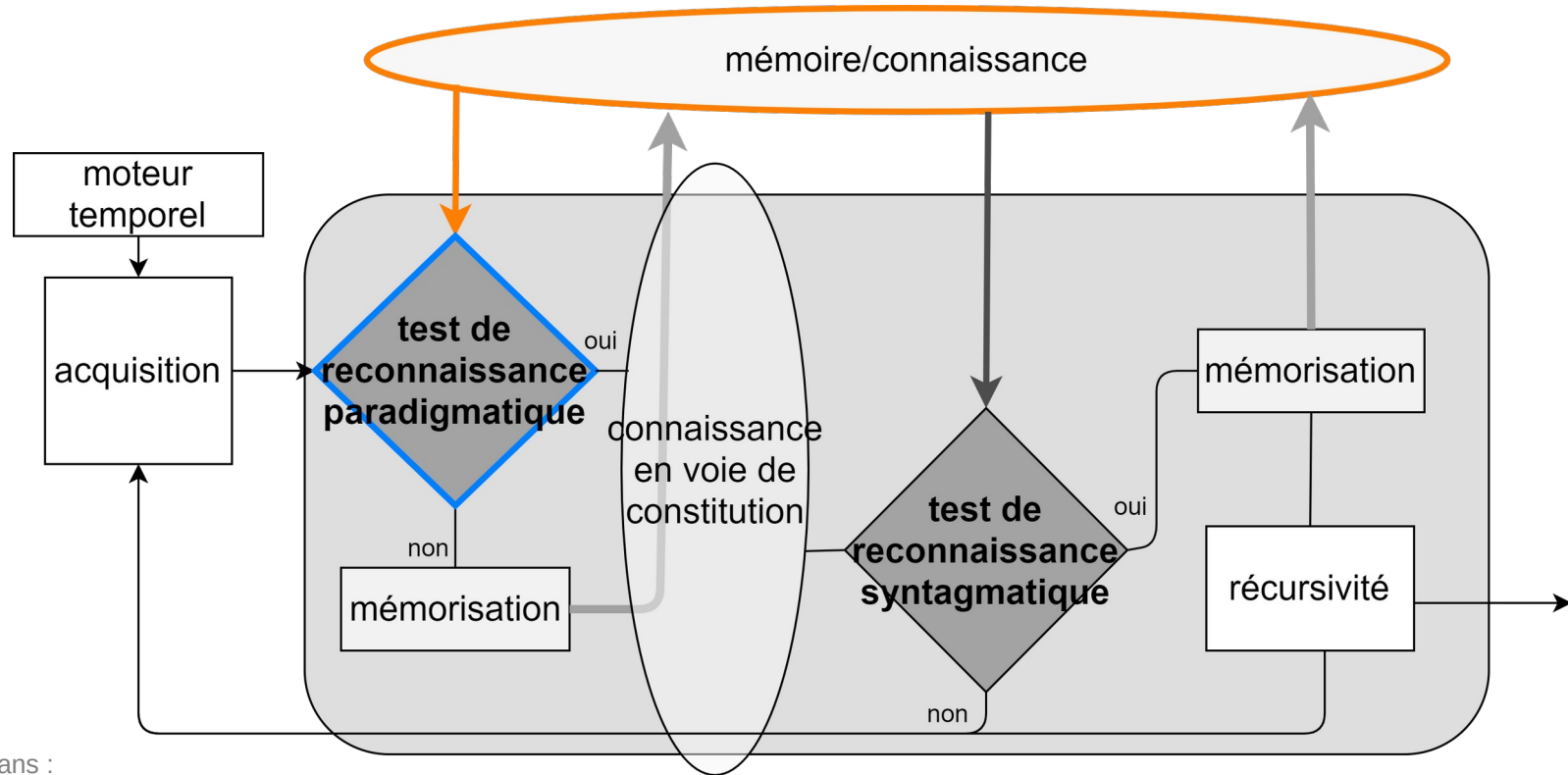
Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

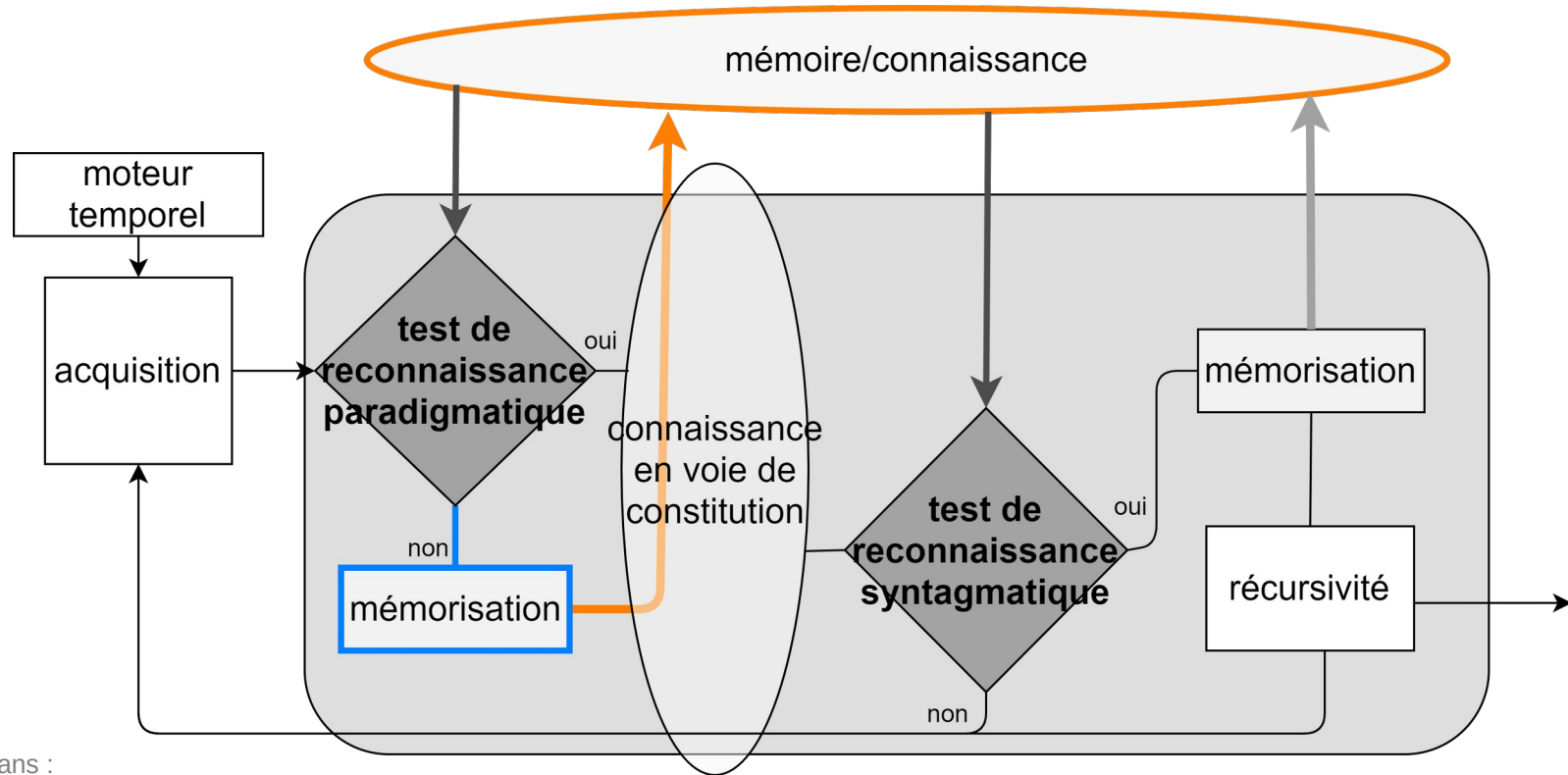
Algorithme Cognitif : principe général



Version complète dans :

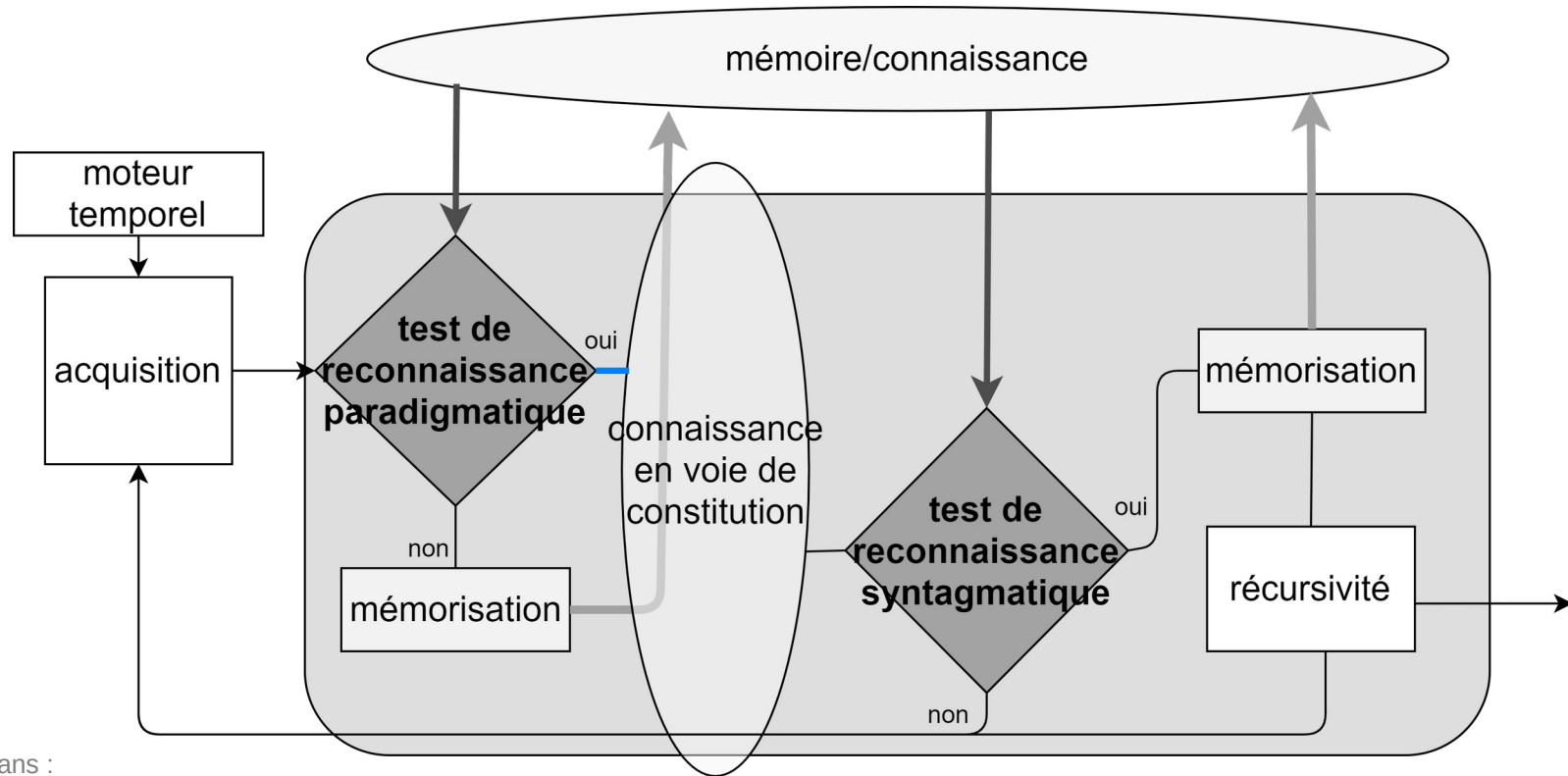
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



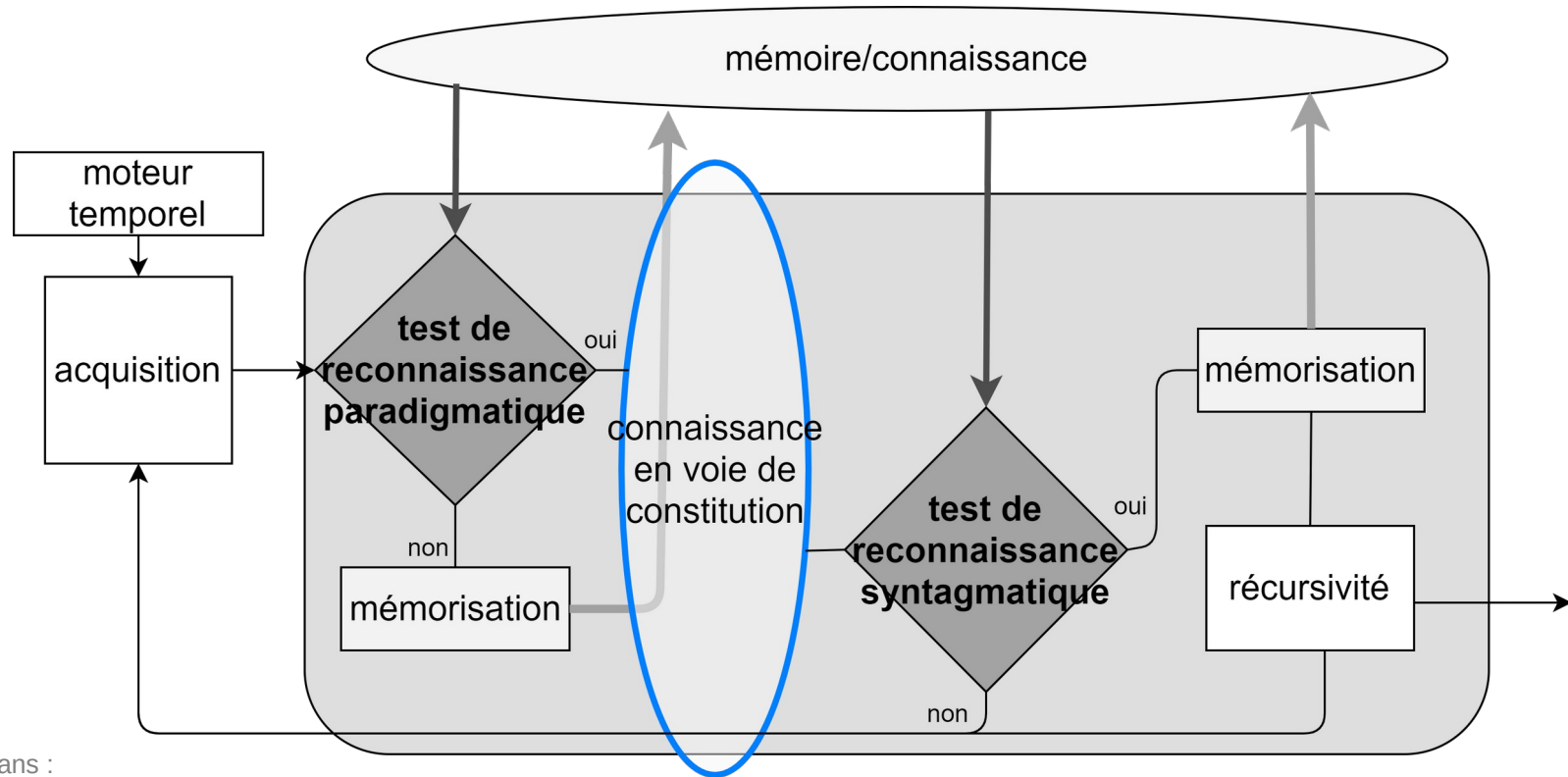
Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



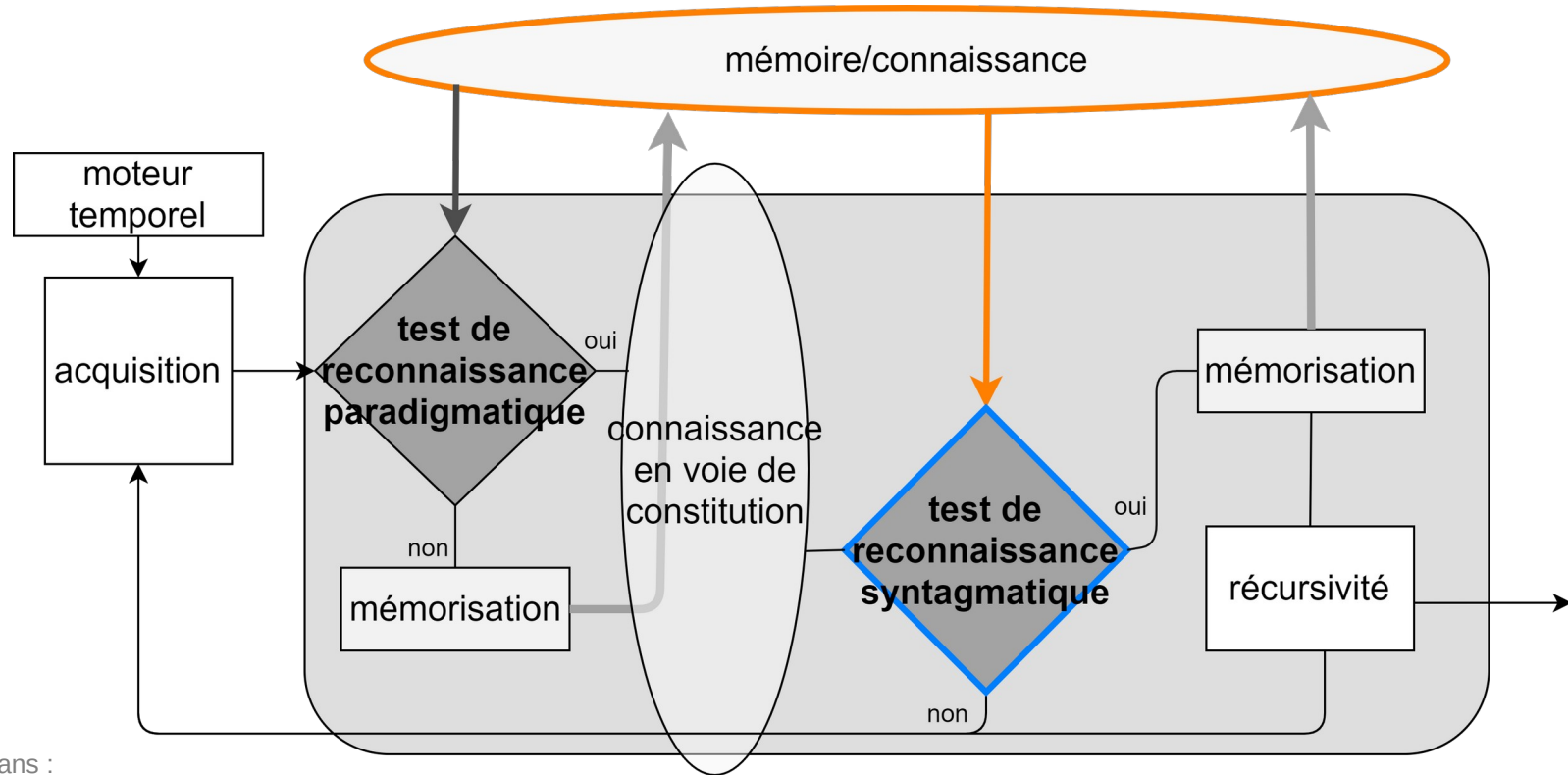
Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



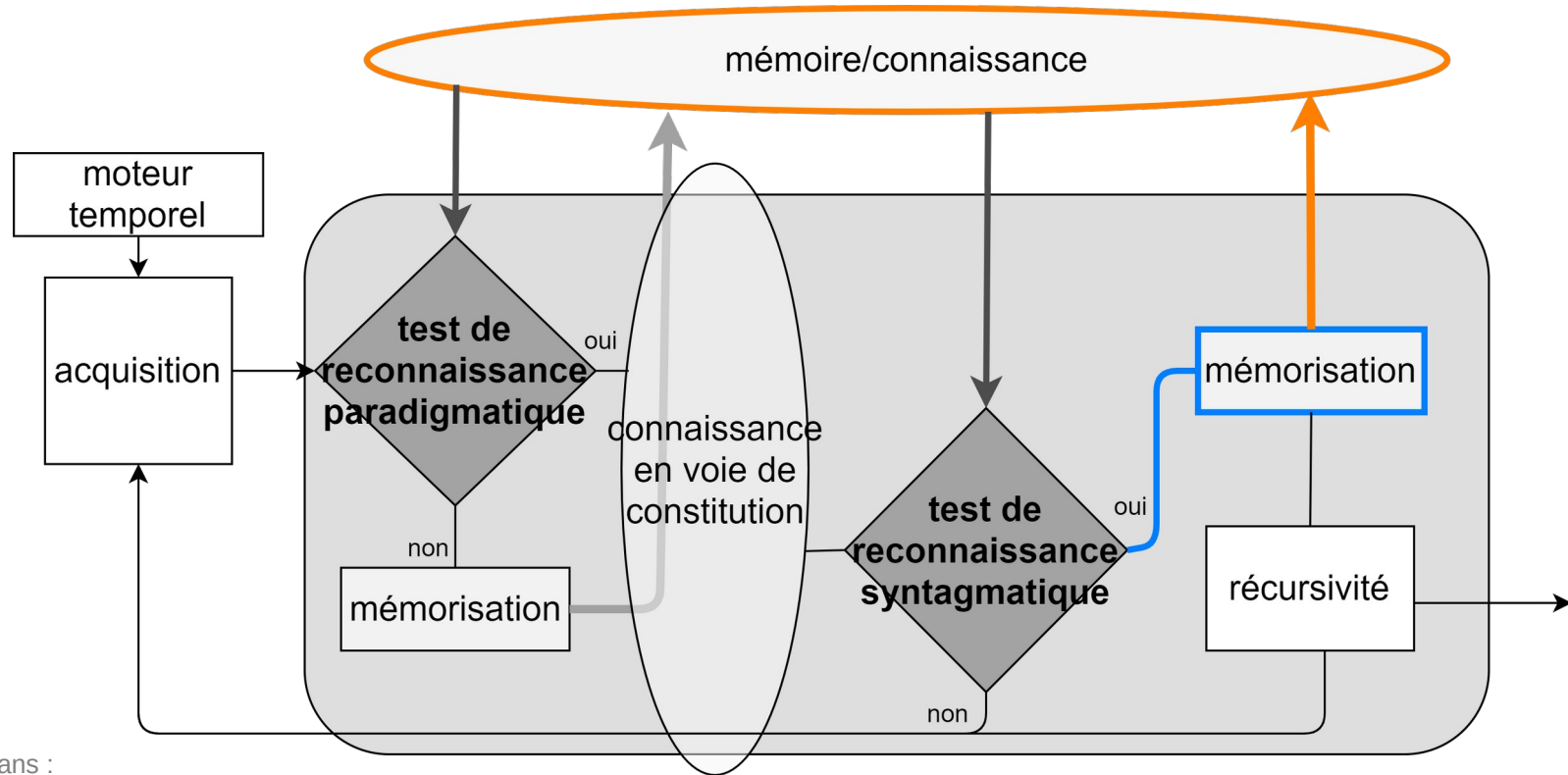
Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



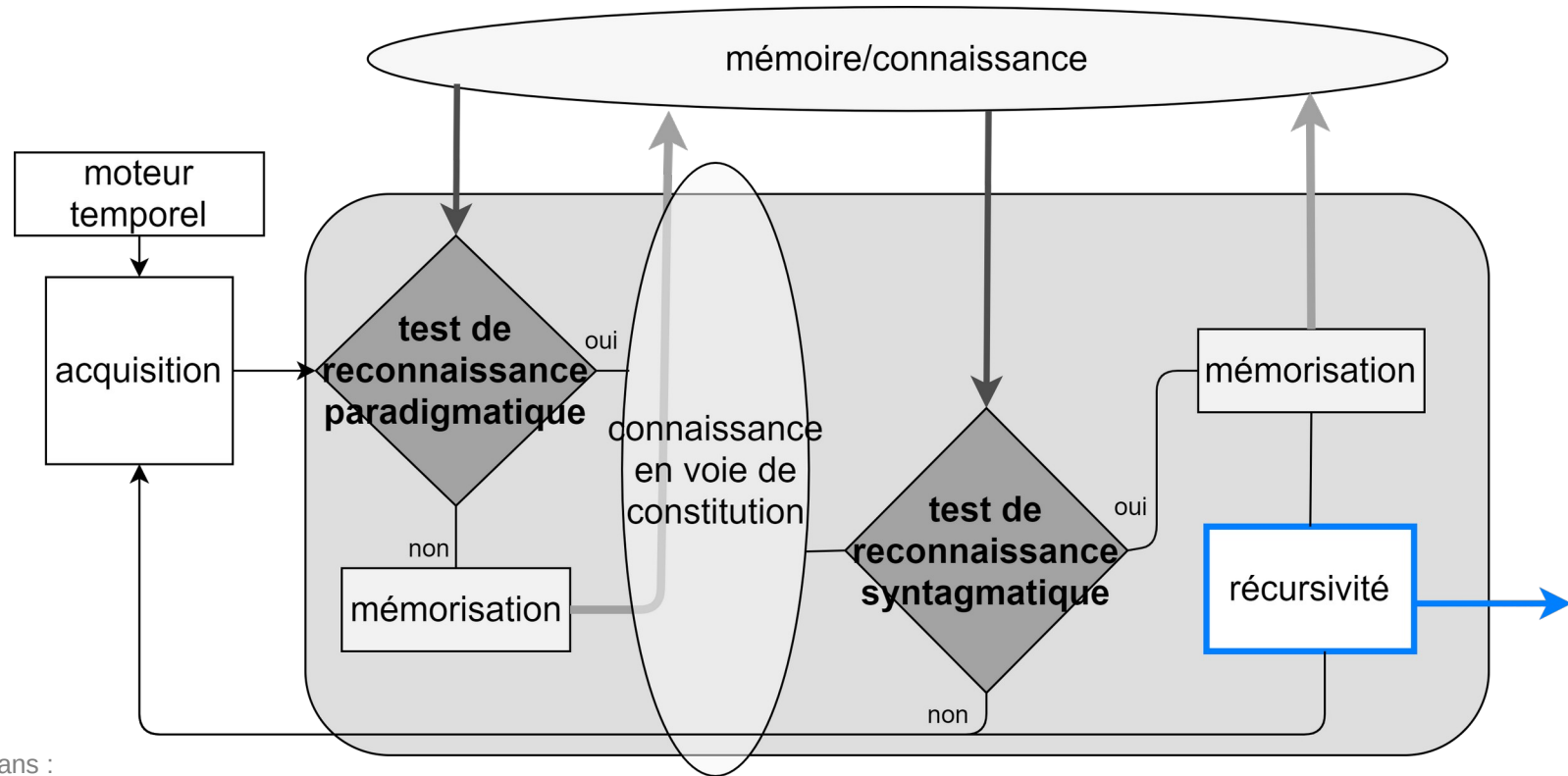
Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



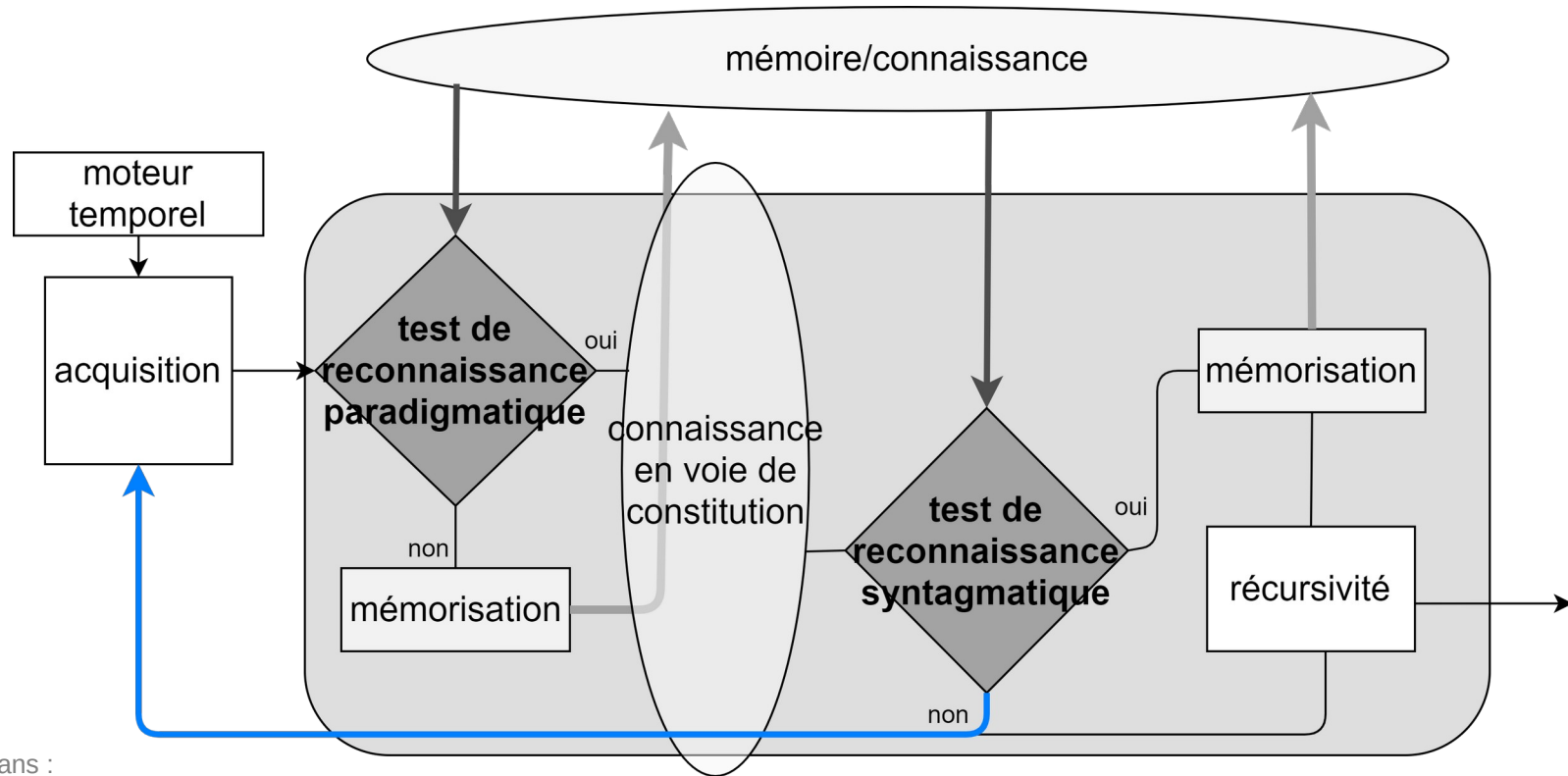
Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



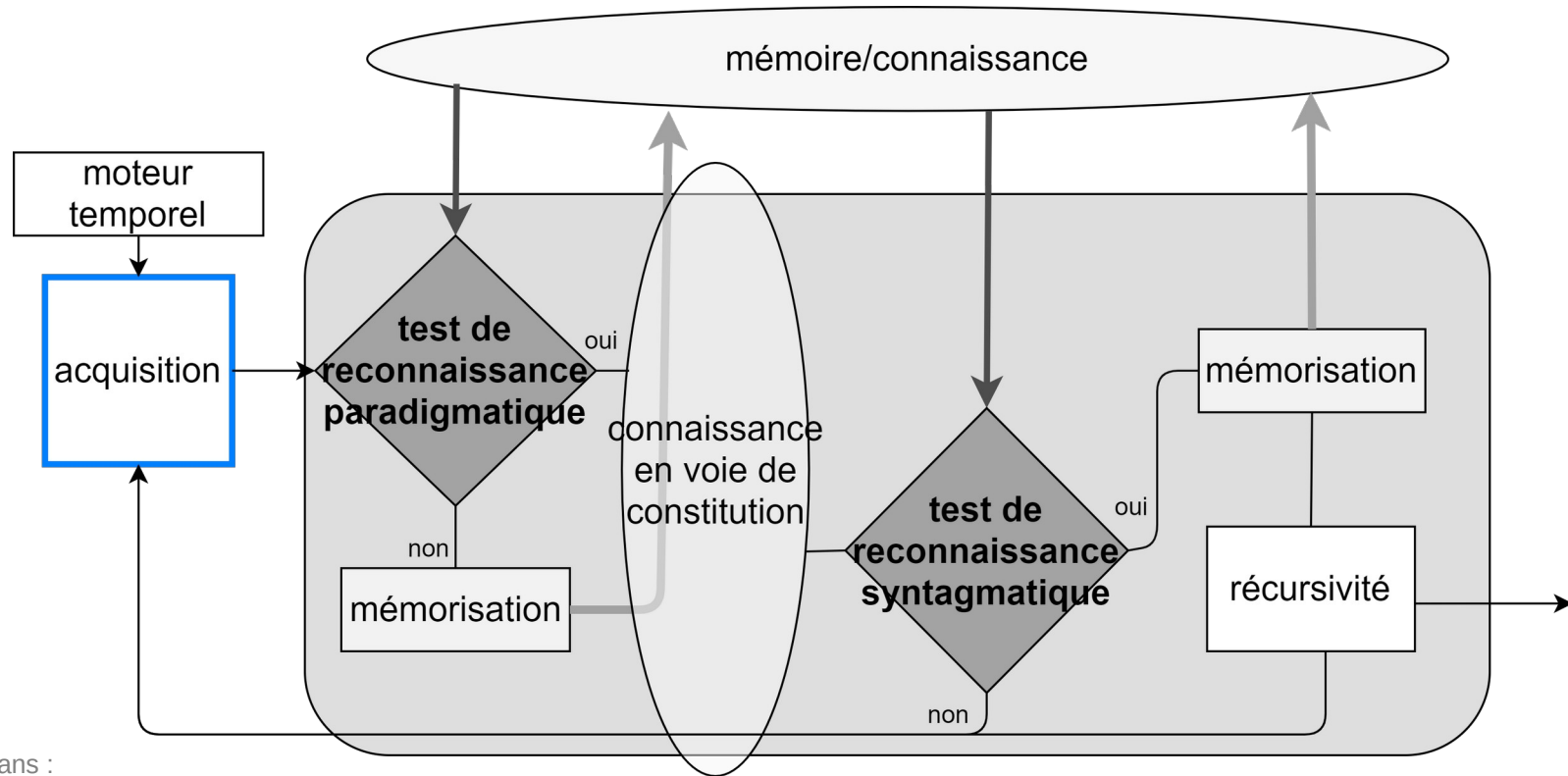
Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Algorithme Cognitif : principe général



Version complète dans :
Chouvel, J.-M. *Analyse Musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, L'Harmattan, Paris, 2006.

Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

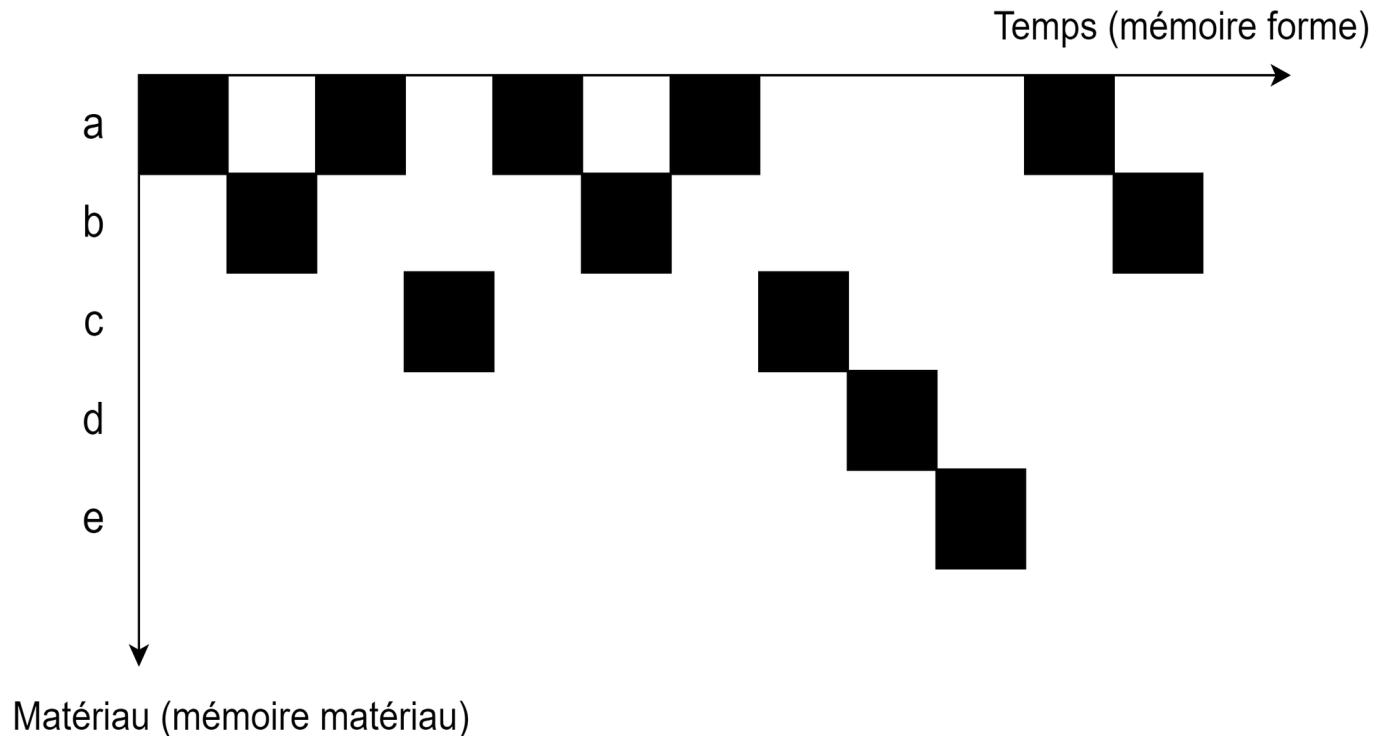
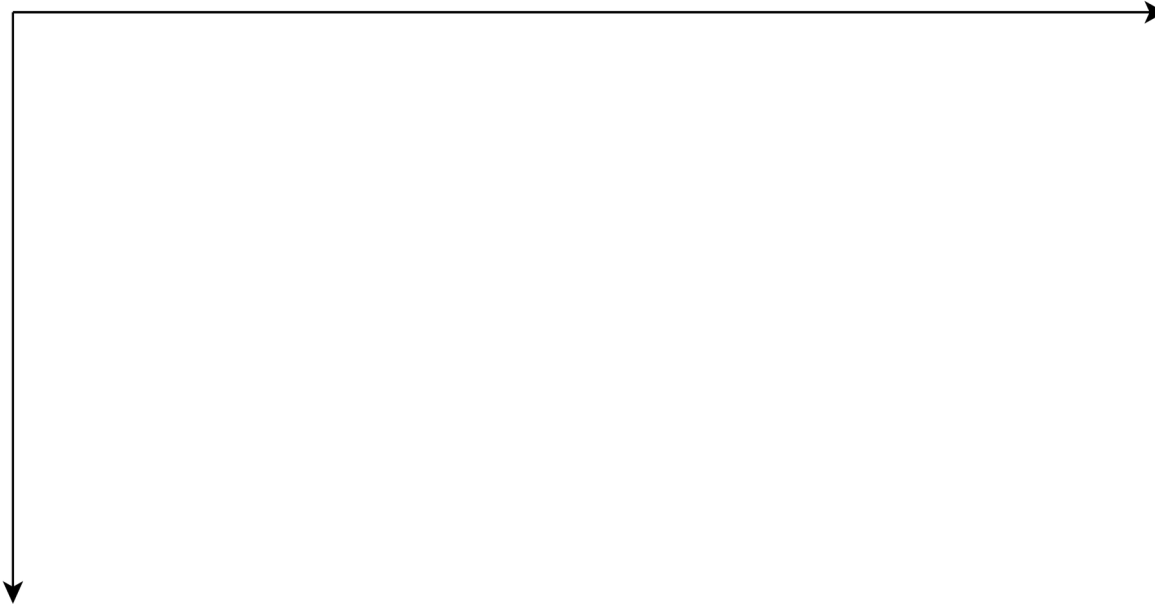


Diagramme Formel : principe général

**Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »**

Temps (mémoire forme)



Matériau (mémoire matériau)

Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

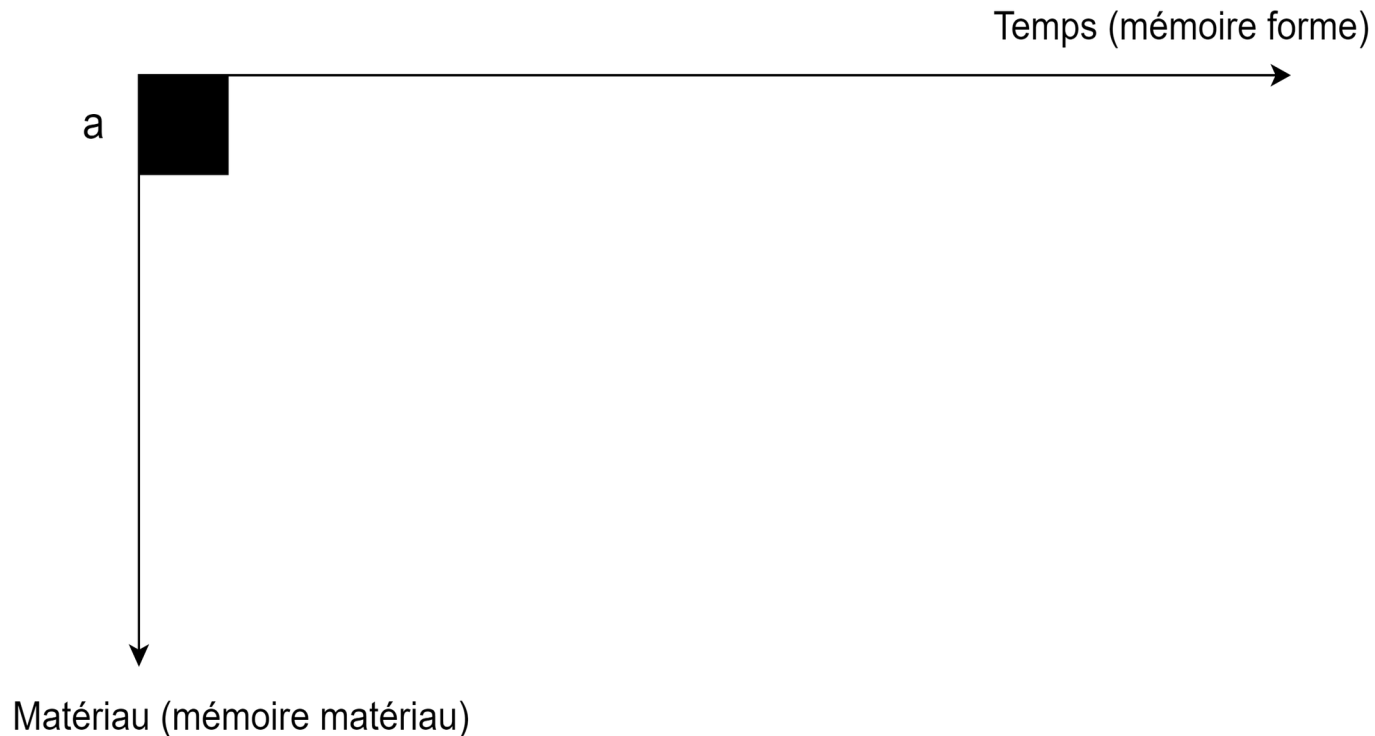


Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

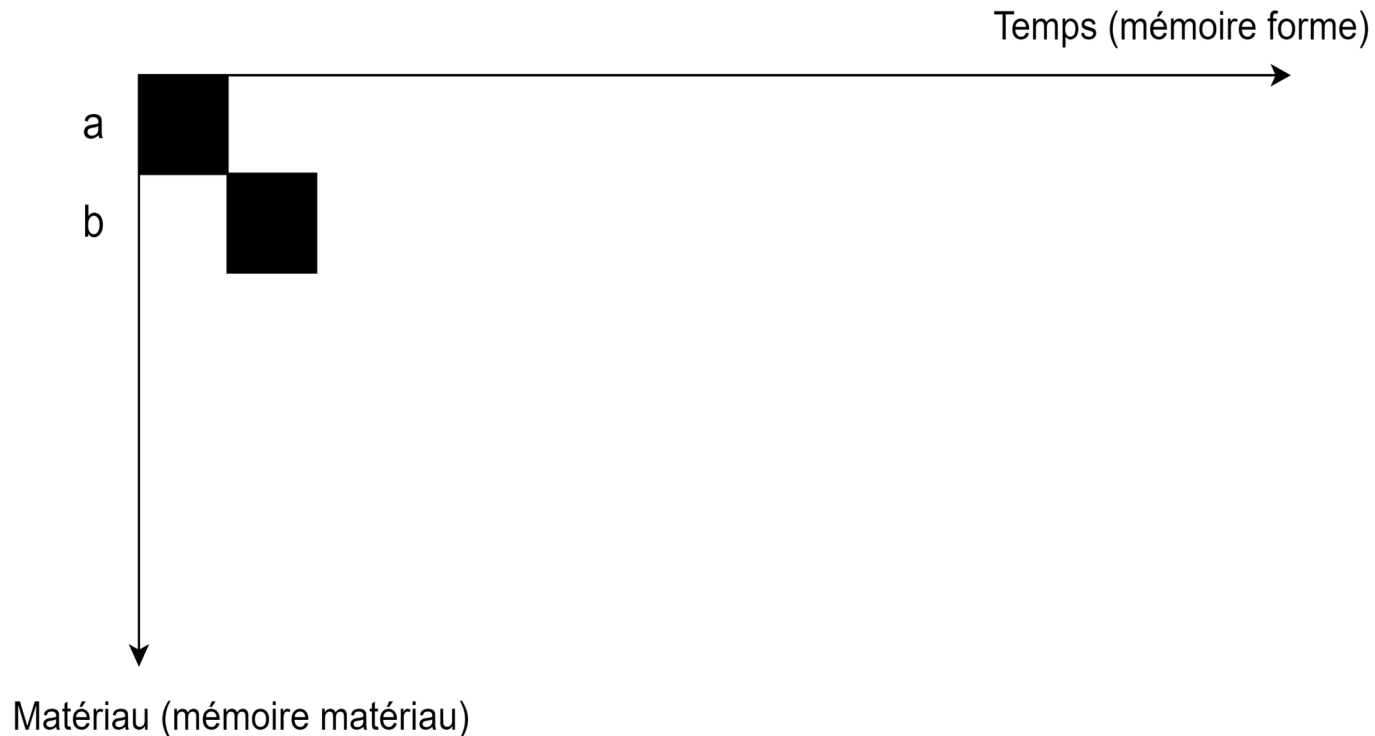


Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »



Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

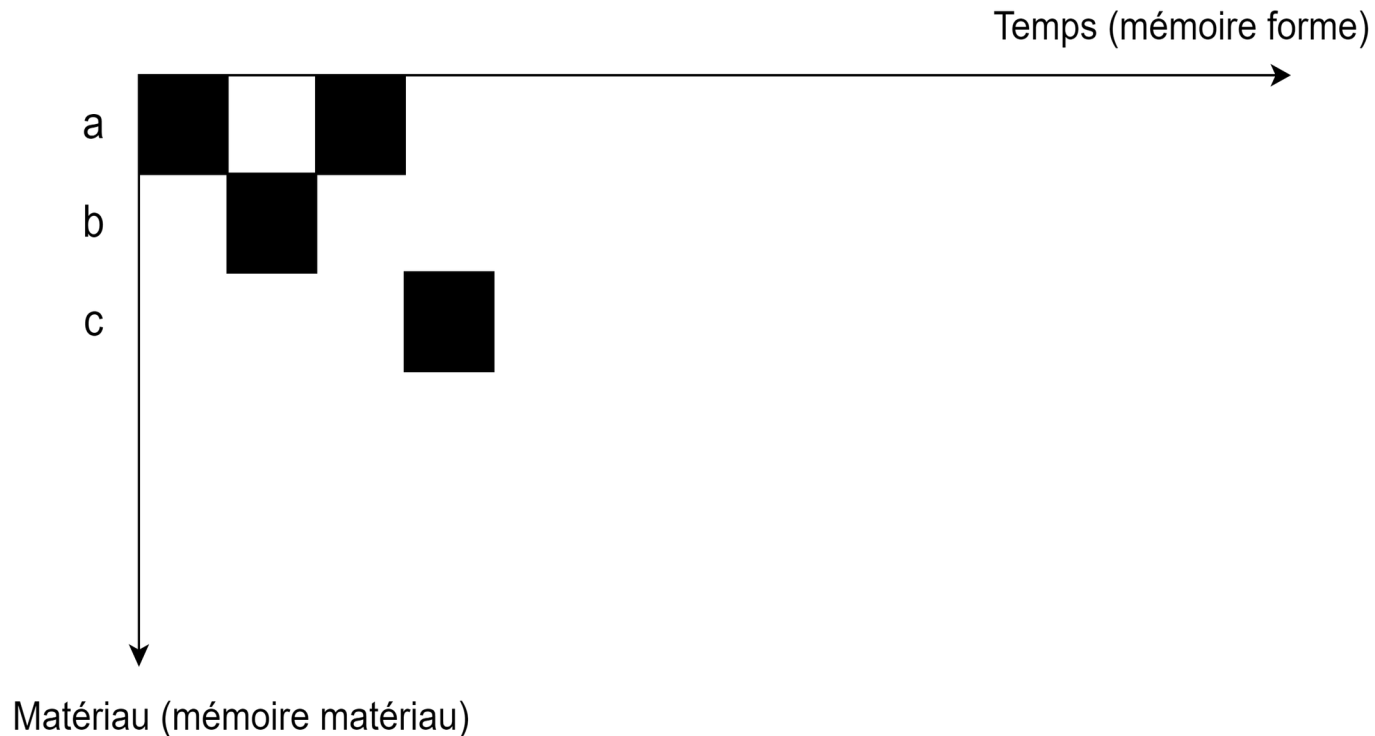


Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

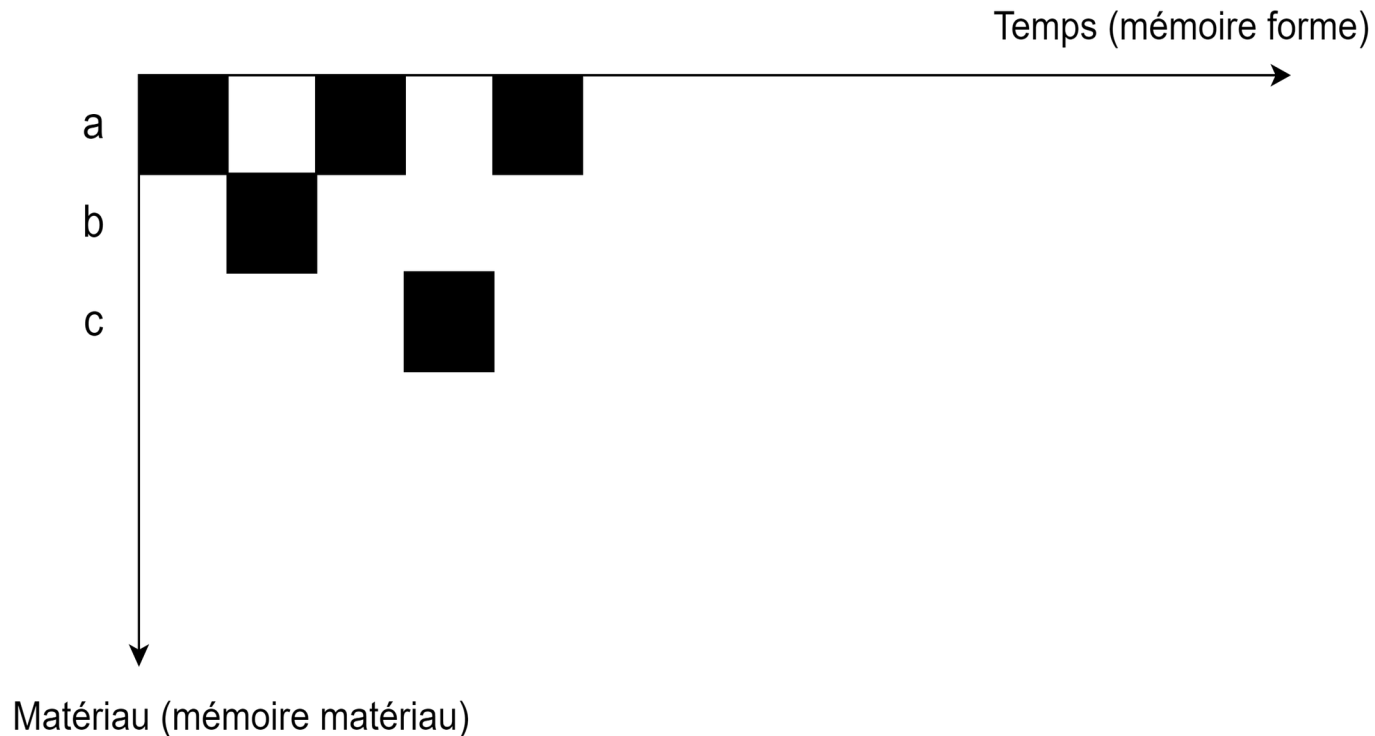


Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

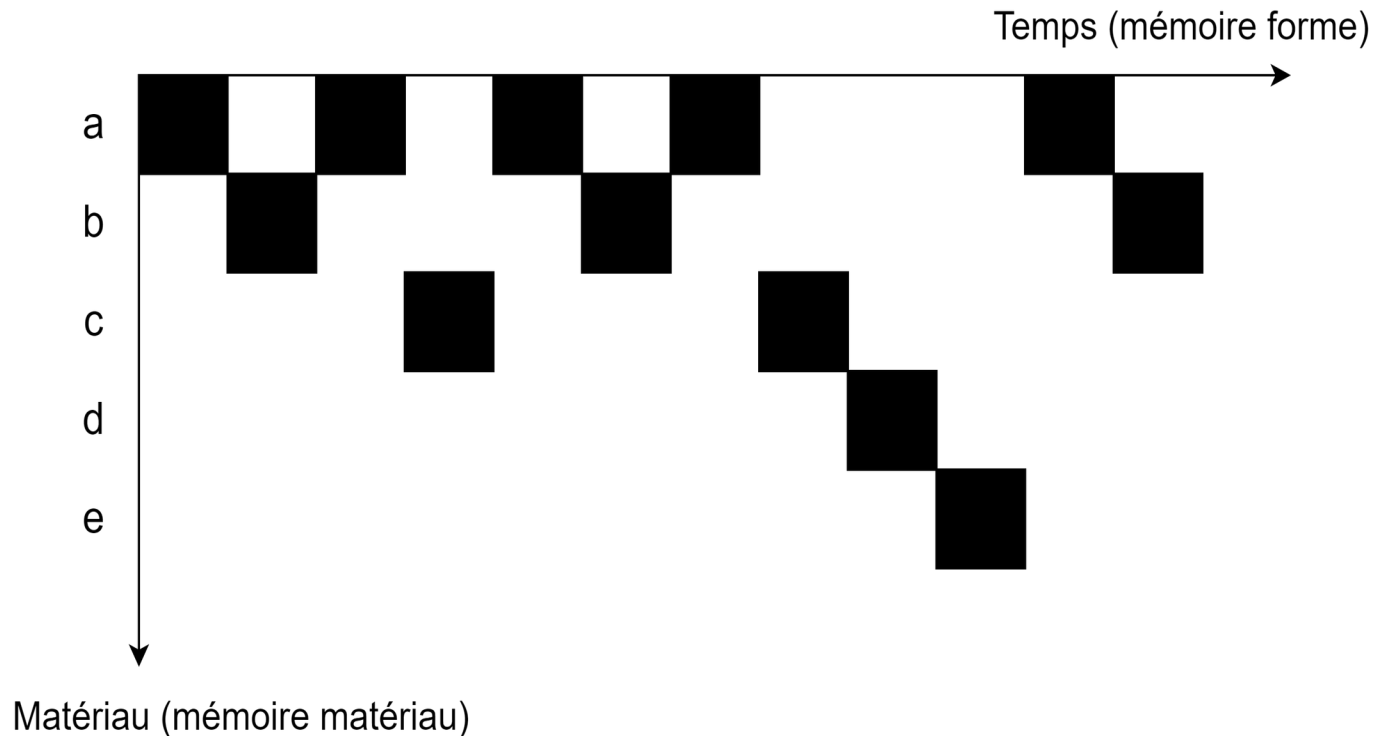


Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

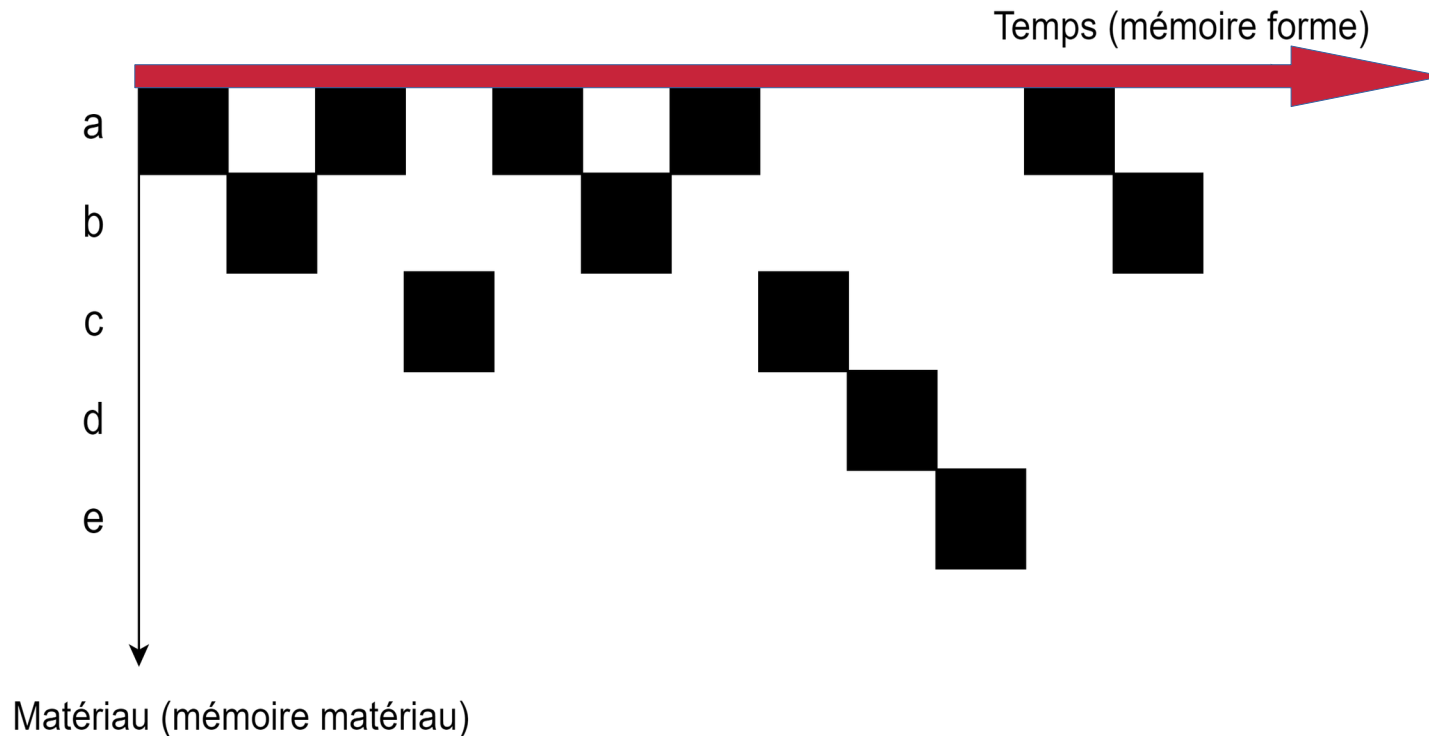


Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

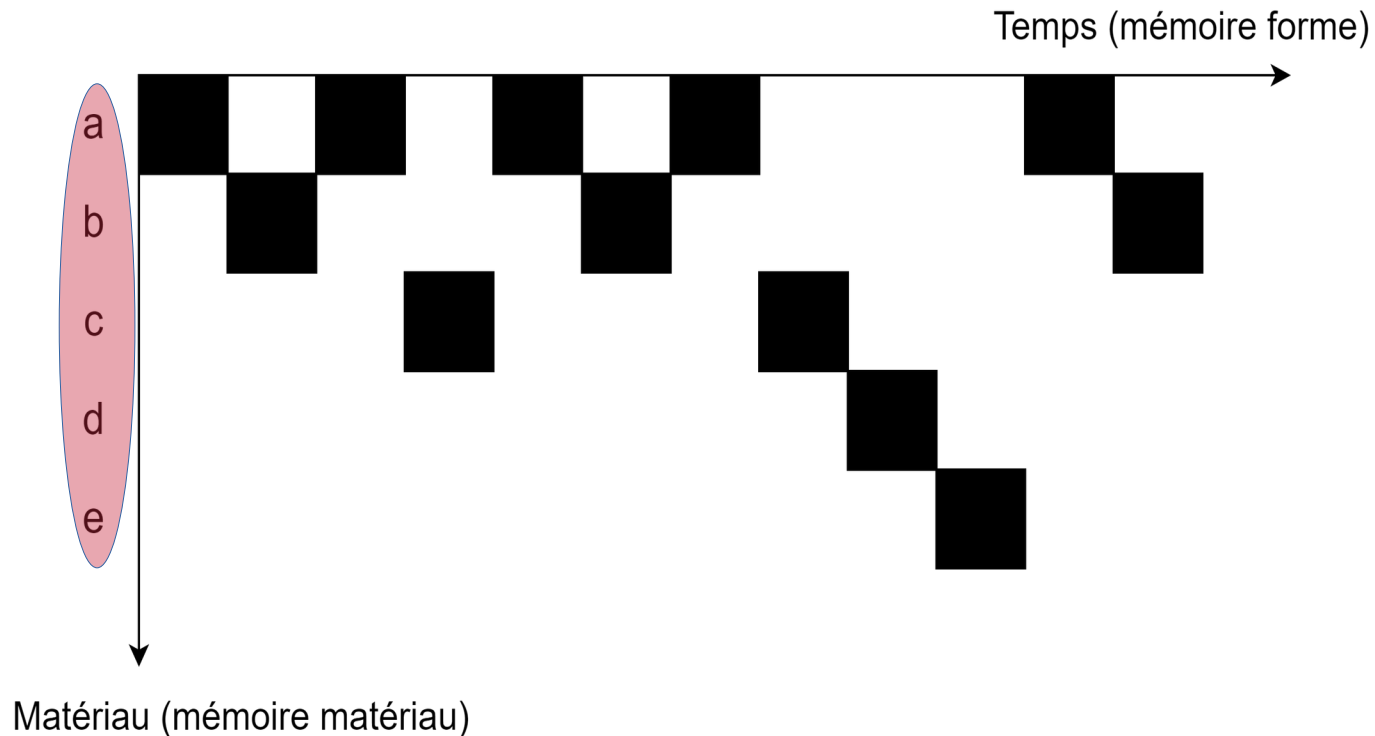


Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

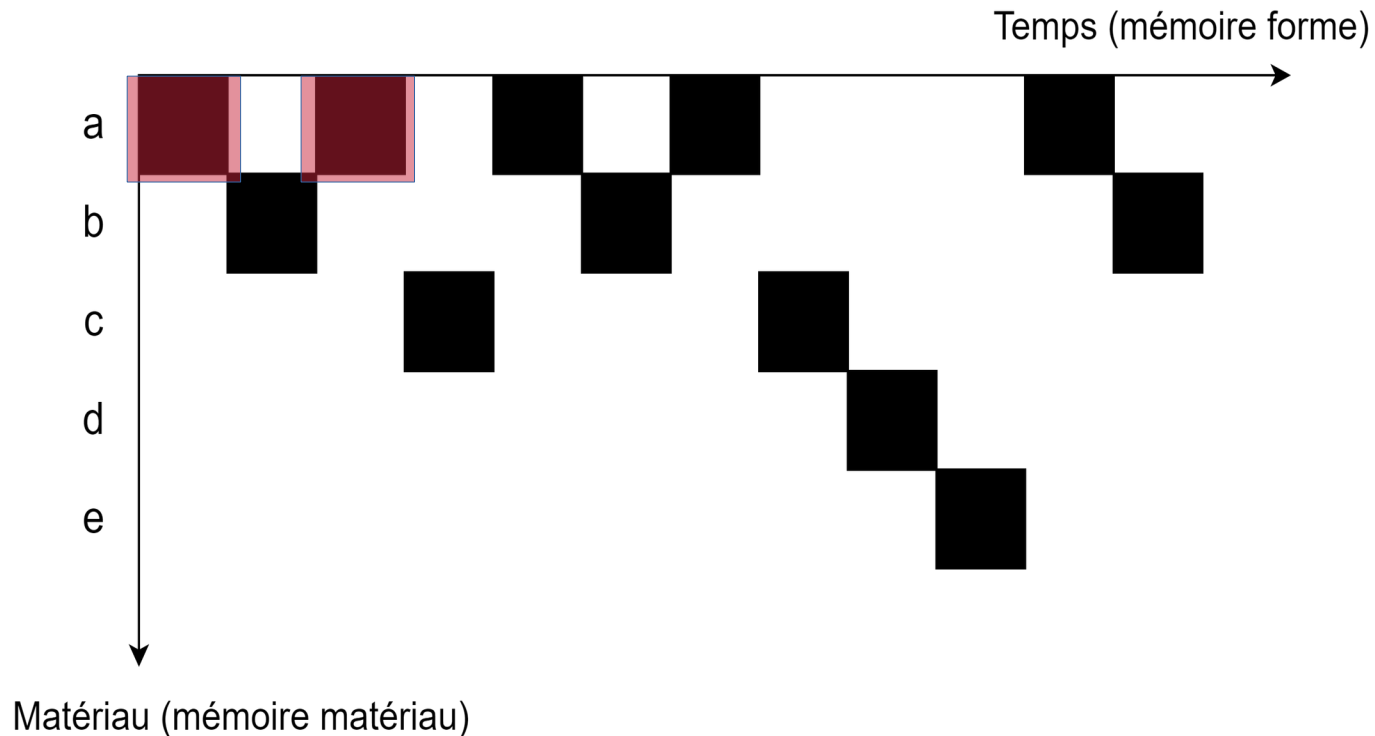


Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

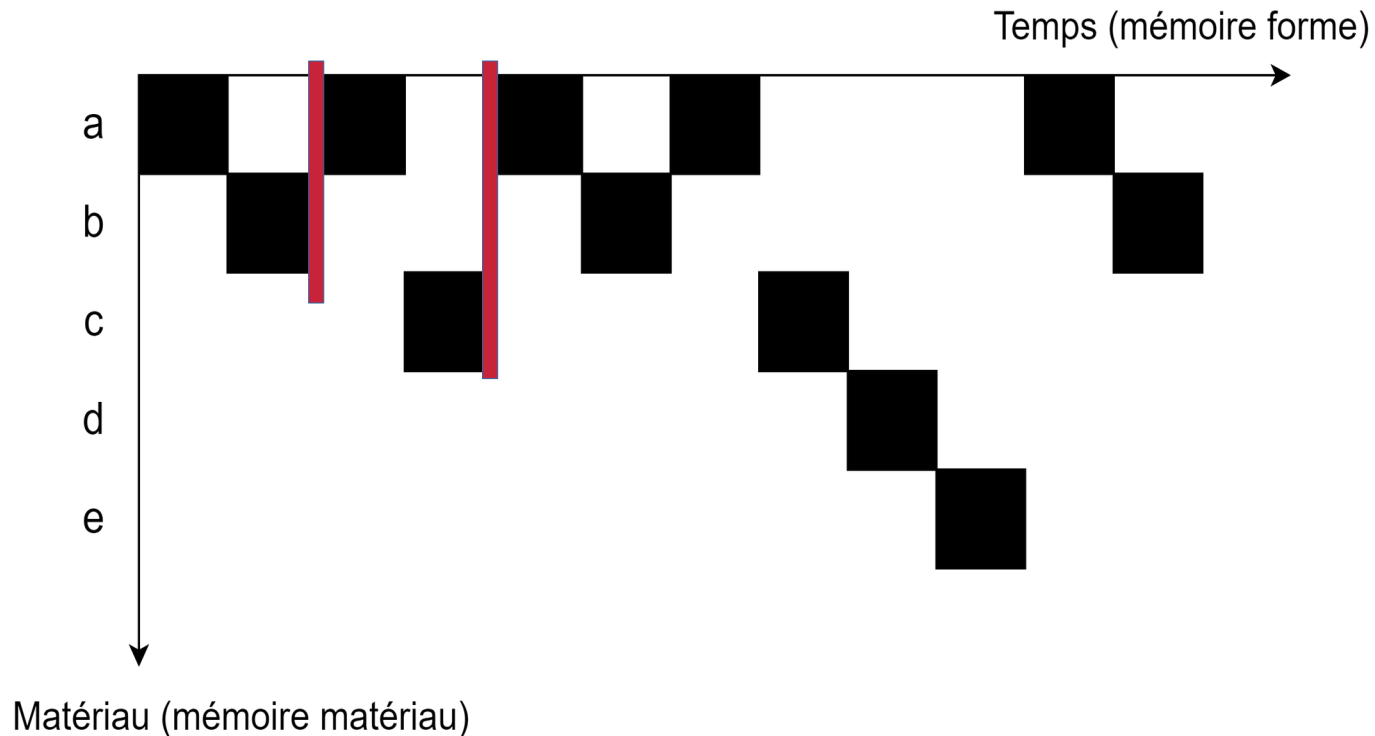
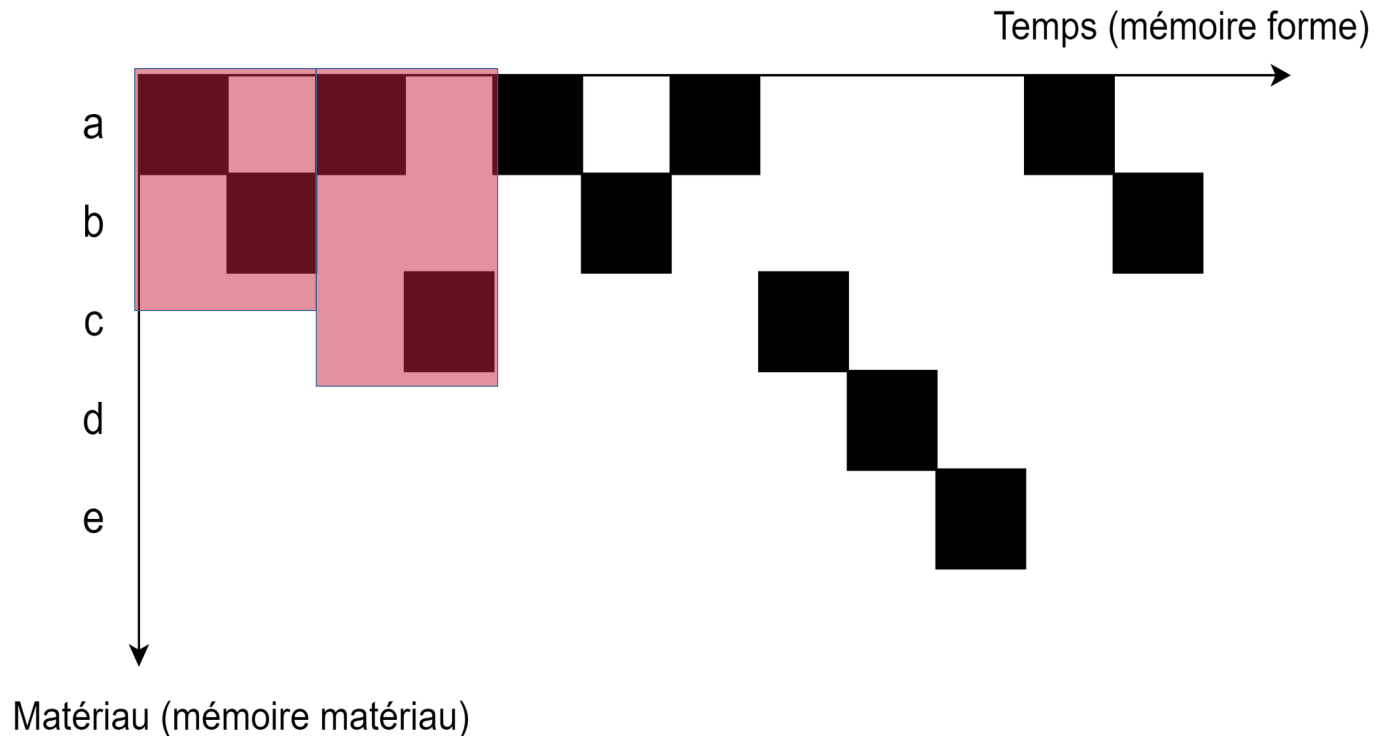


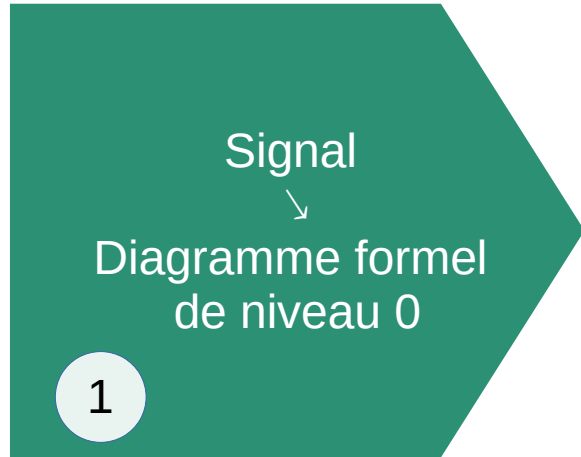
Diagramme Formel : principe général

Diagramme Formel de la musique associée à la
séquence de matériaux encodés « abacabacdeab »

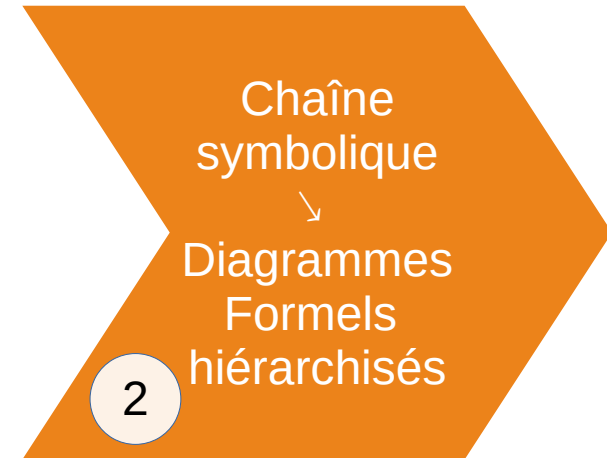
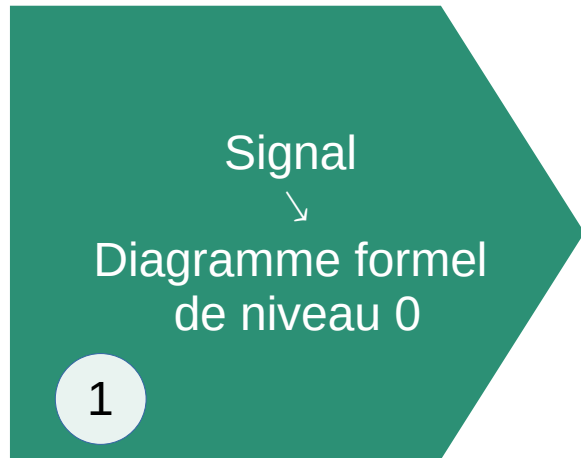


Implémentation de l'Algorithme Cognitif

Implémentation de l'Algorithme Cognitif



Implémentation de l'Algorithme Cognitif

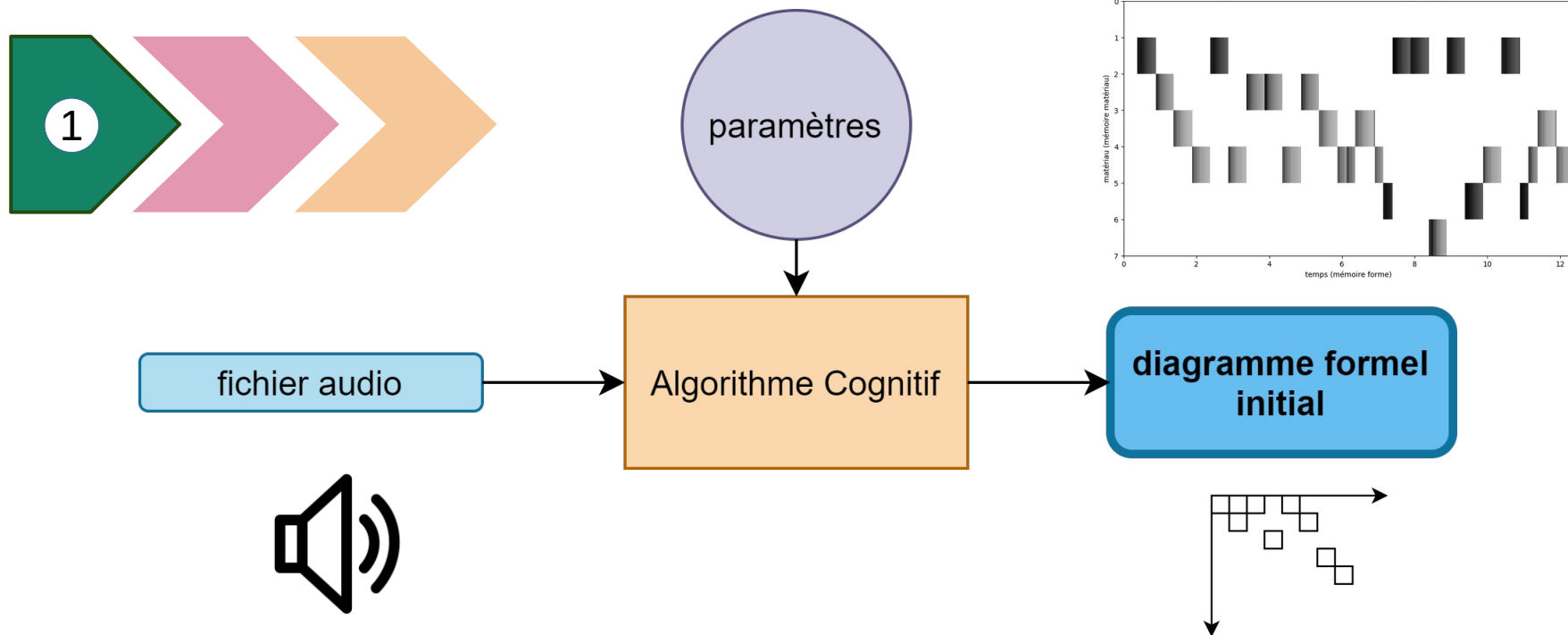


Implémentation de l'Algorithme Cognitif



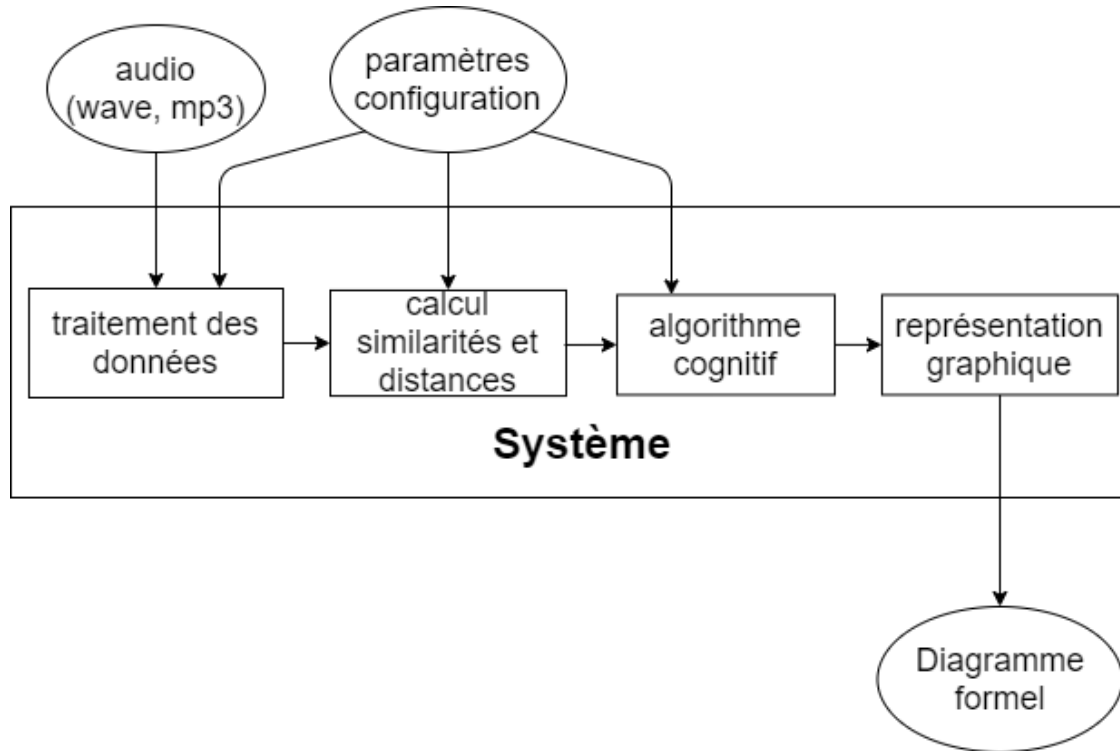
Du signal au diagram formel initial

Du signal au diagramme formel initial

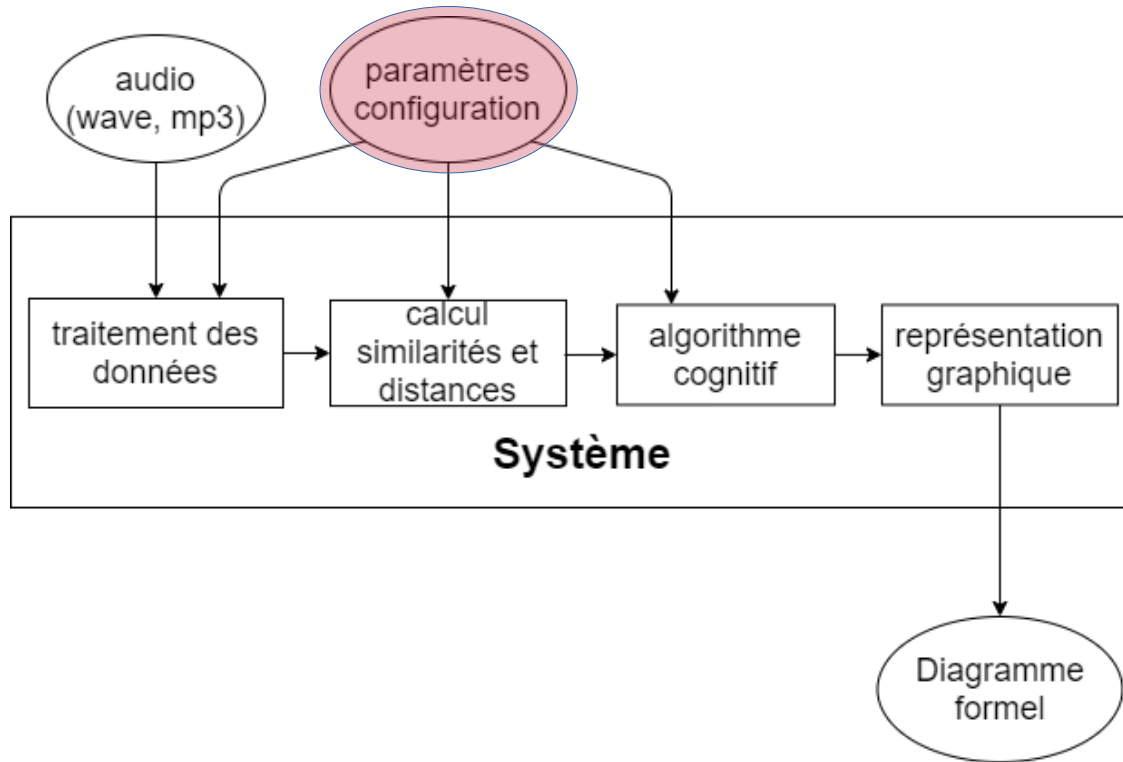


J. Calandra, J.-M. Chouvel, M. Desainte-Catherine, and al., *Génération automatique de diagrammes formels par un algorithme cognitif modulaire: étude préliminaire*, in Journées d'Informatique Musicales(JIM), Strasbourg, France, 2020.

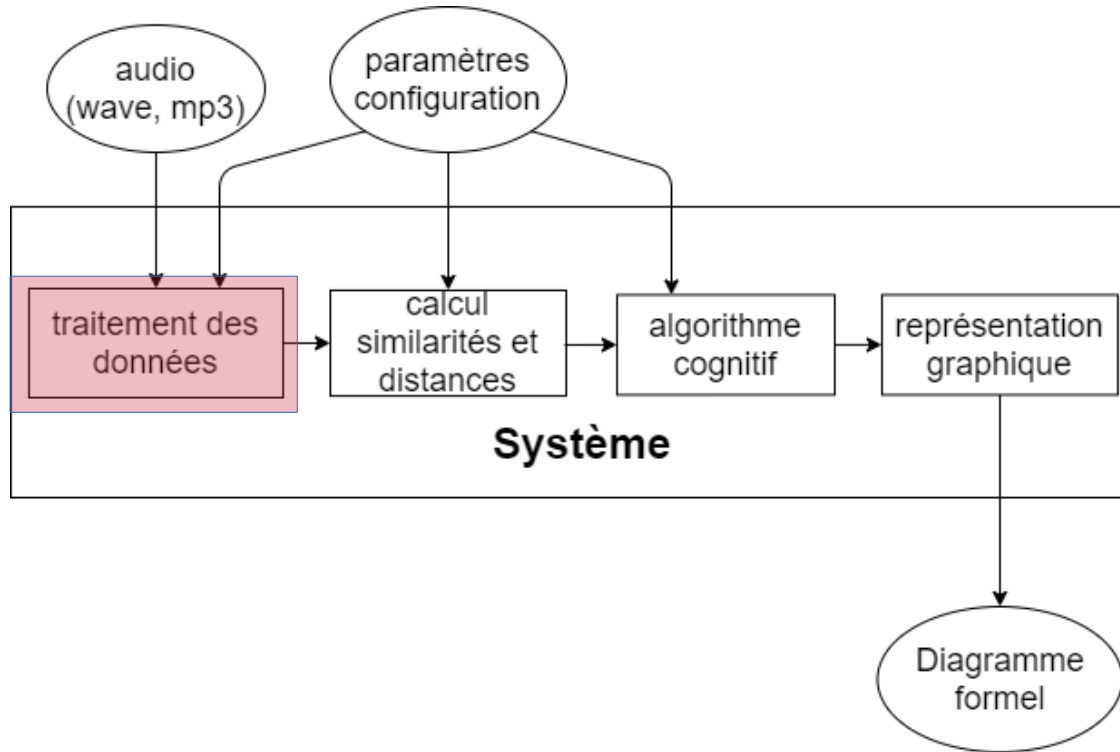
Du signal au diagramme formel initial



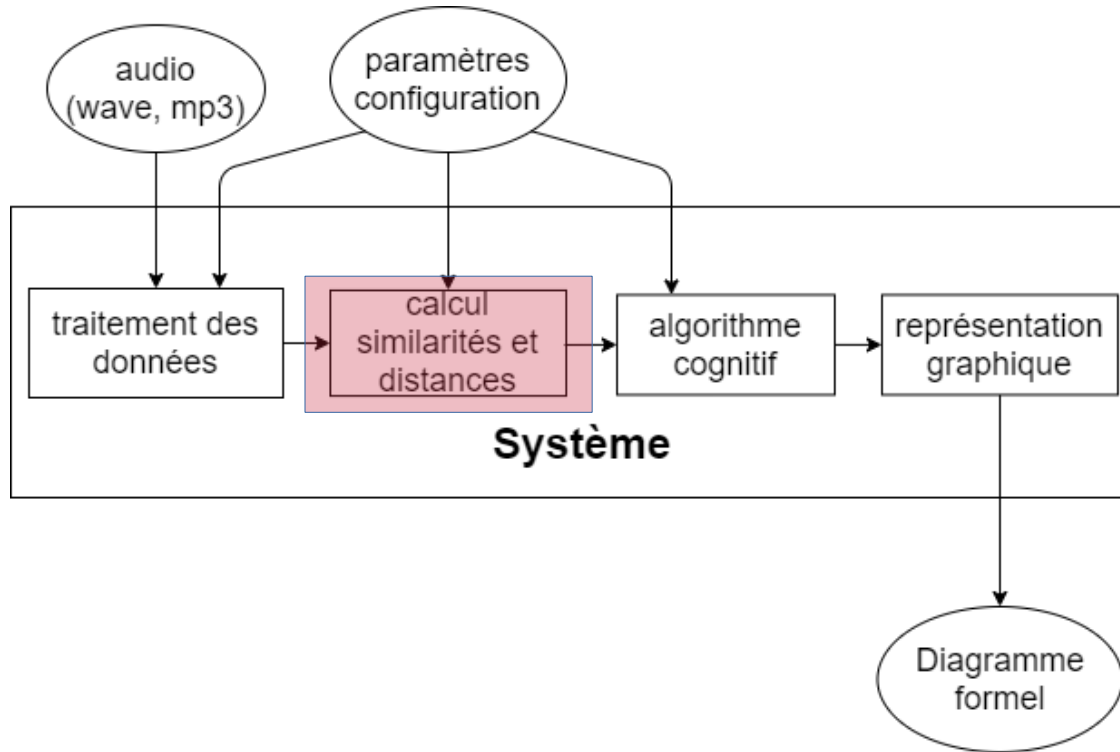
Du signal au diagramme formel initial



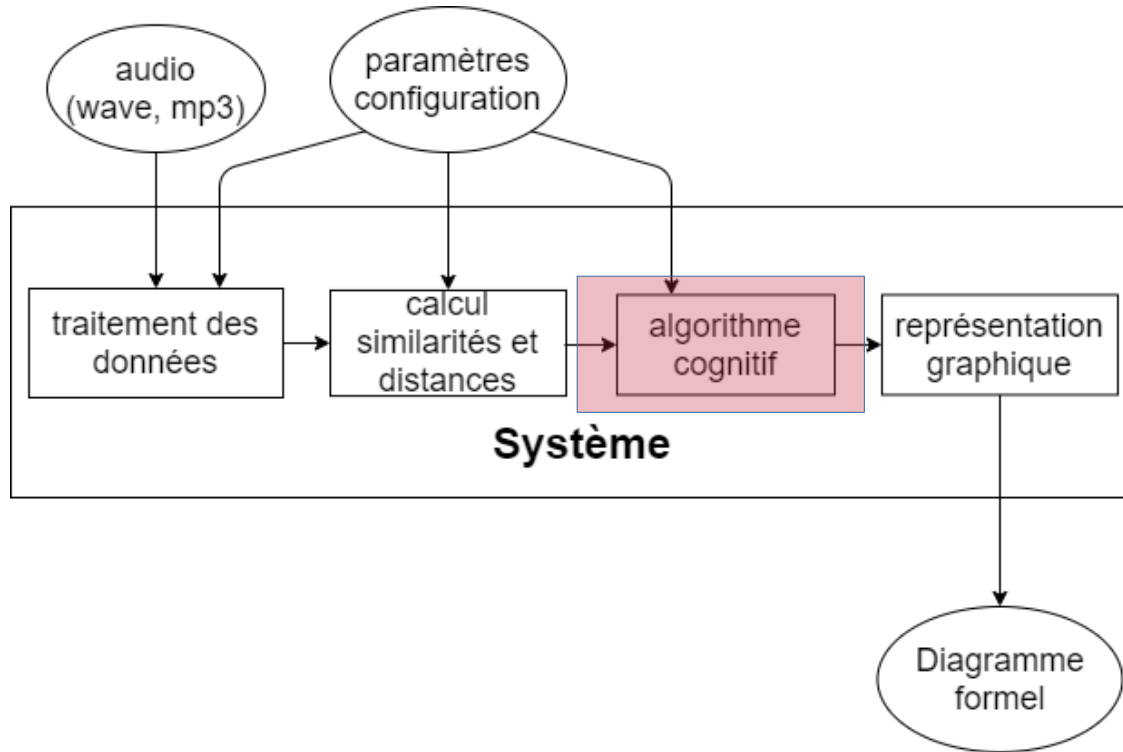
Du signal au diagramme formel initial



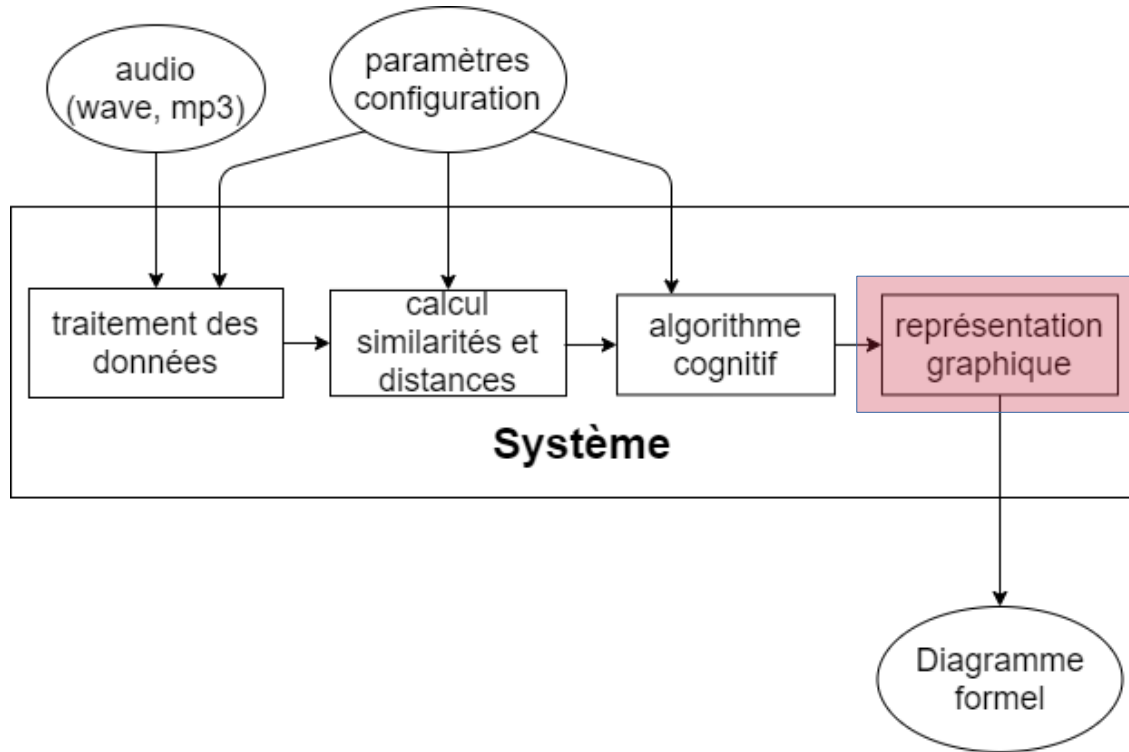
Du signal au diagramme formel initial



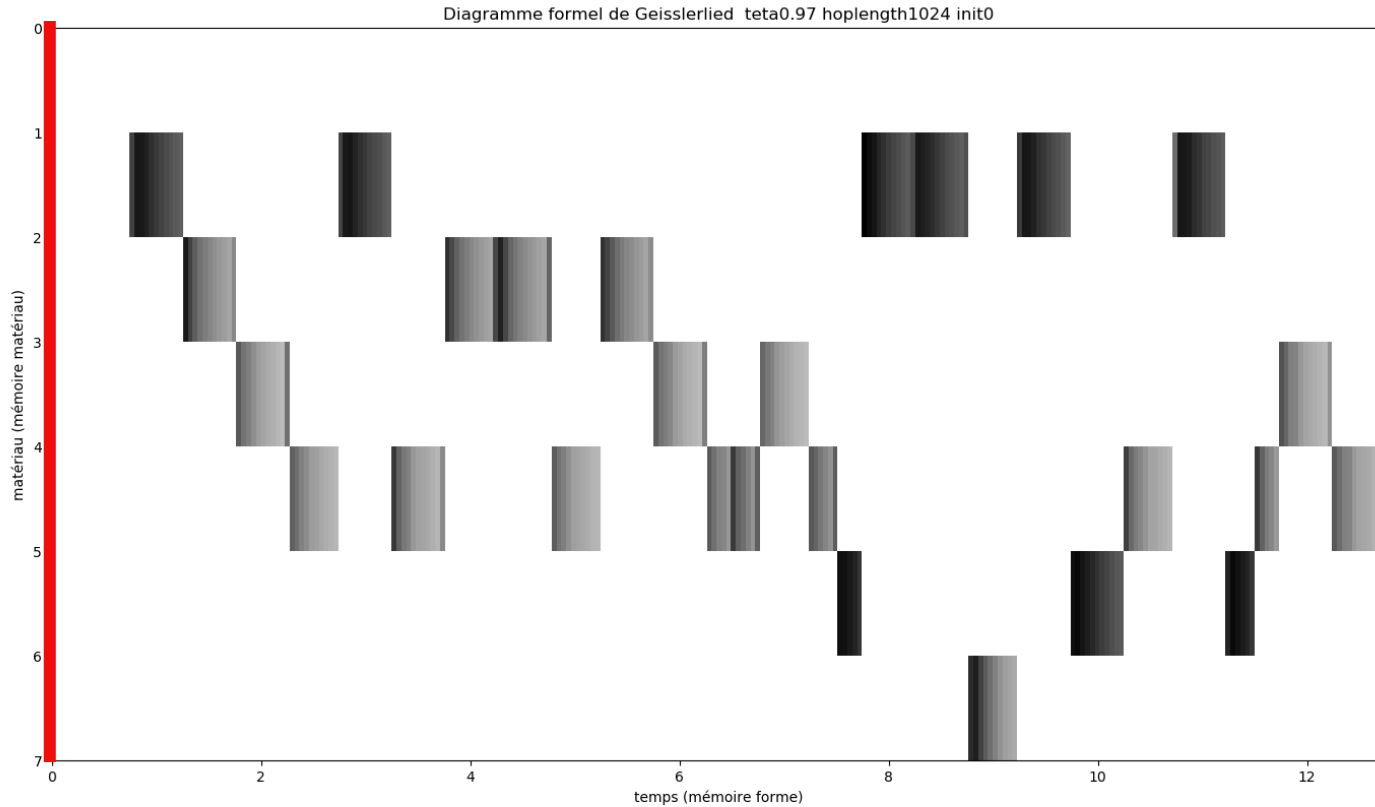
Du signal au diagramme formel initial



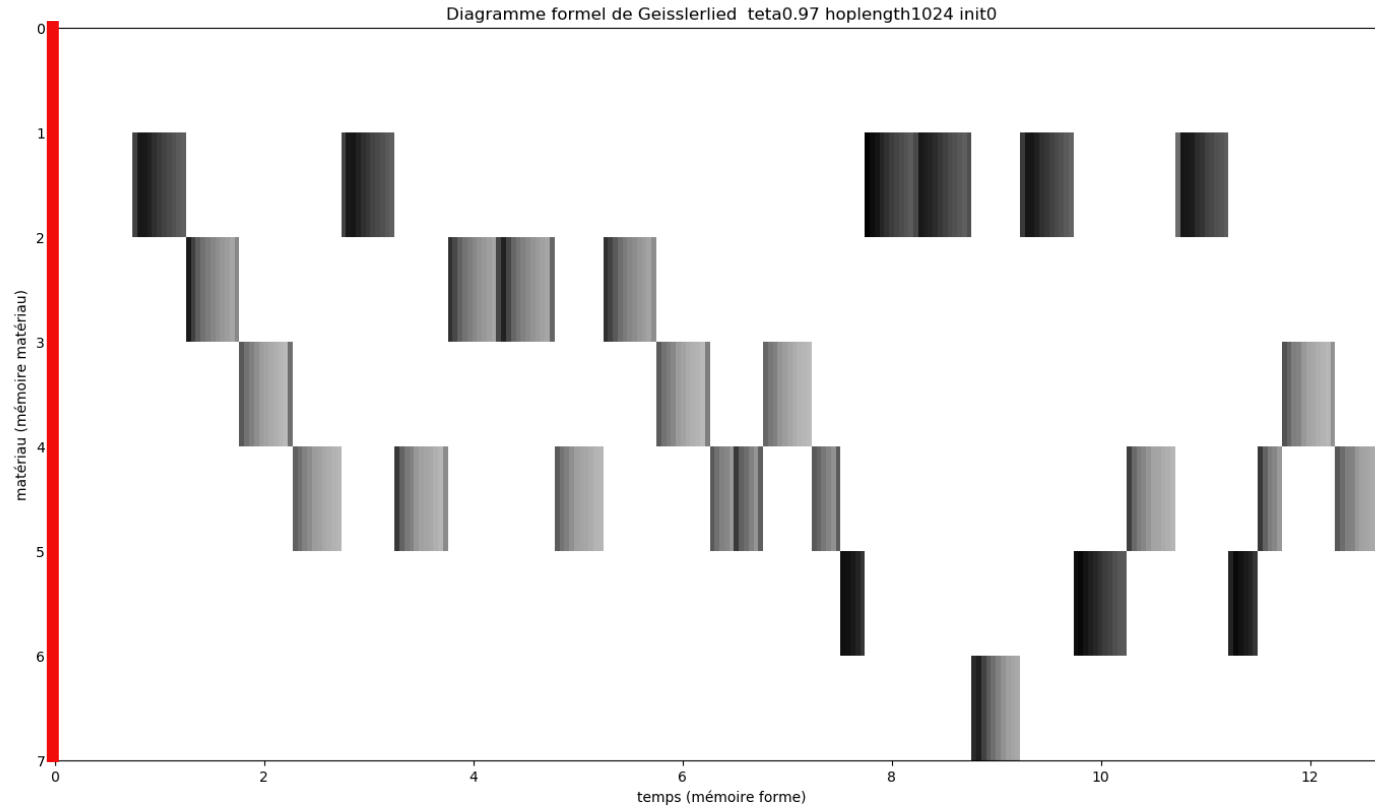
Du signal au diagramme formel initial



Du signal au diagramme formel initial

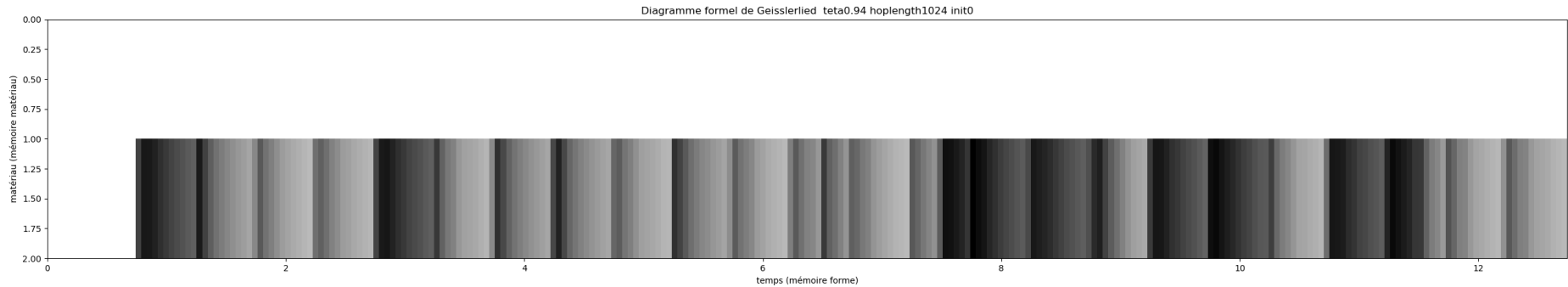


Du signal au diagramme formel initial



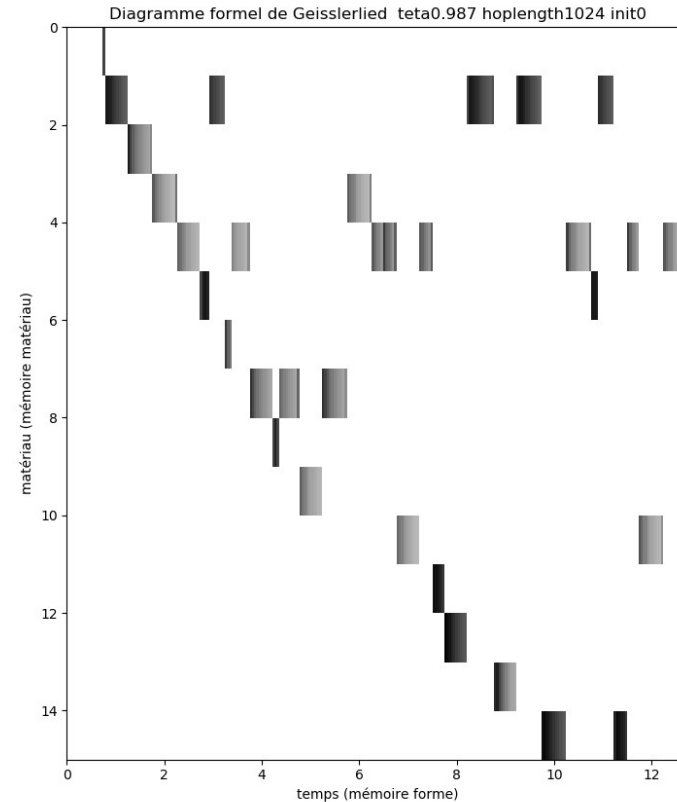
Du signal au diagramme formel initial

- Proposition en faisant varier le seuil :

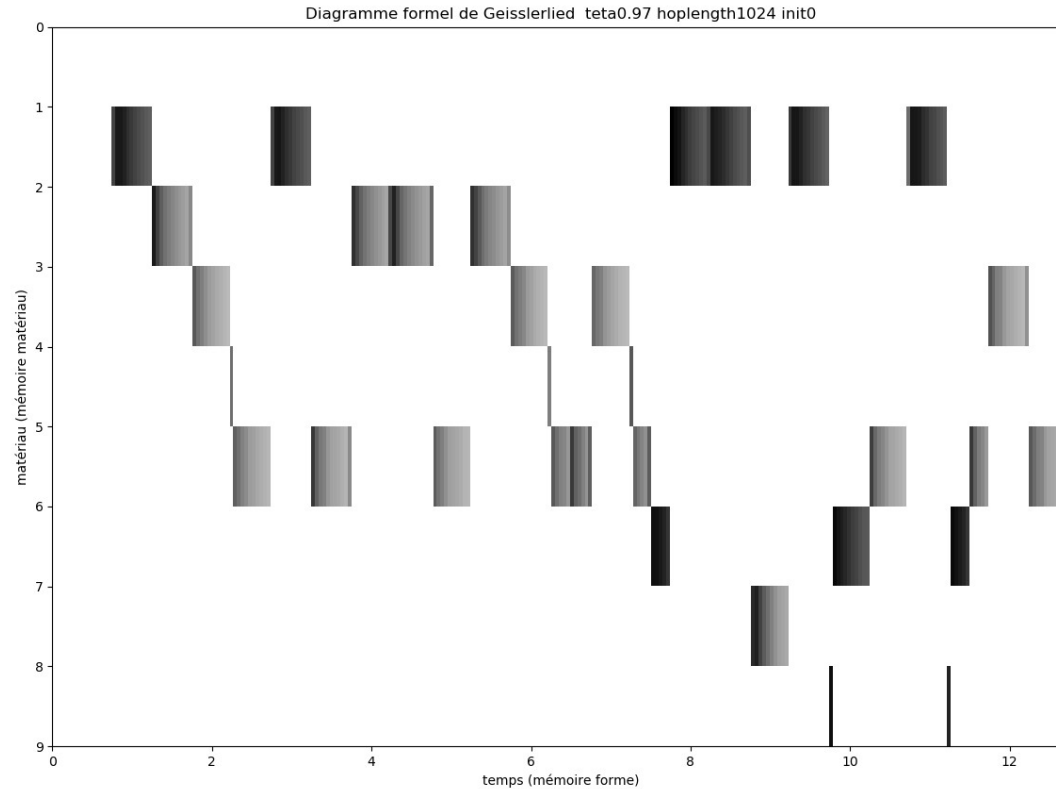


Du signal au diagramme formel initial

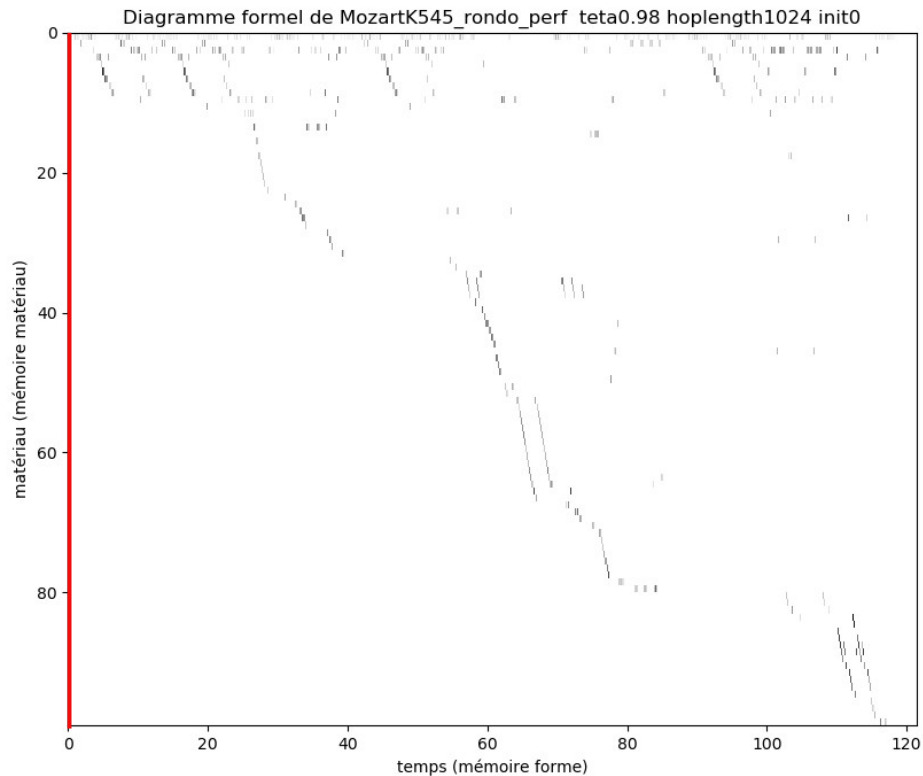
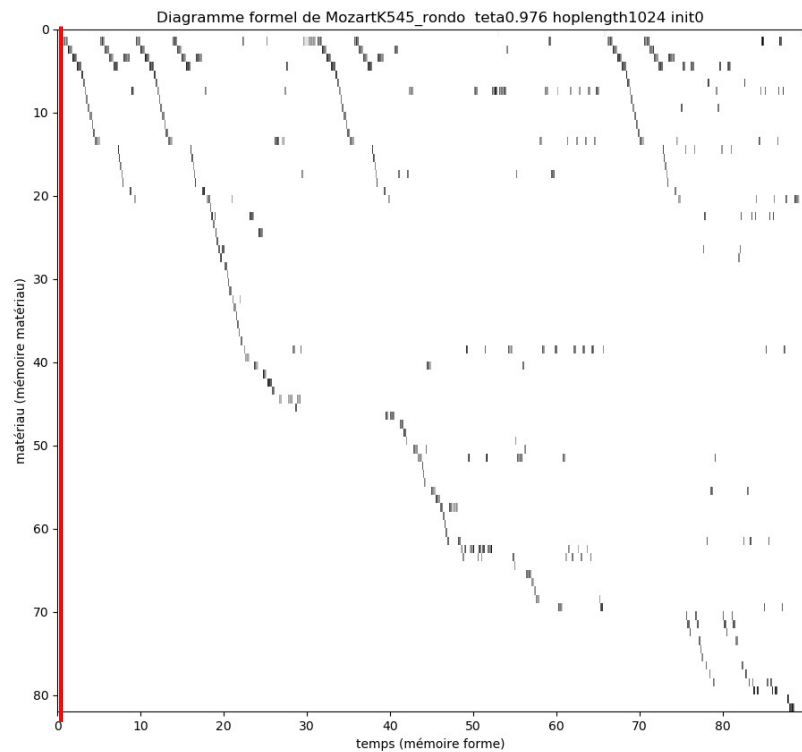
- Proposition en faisant varier le seuil :



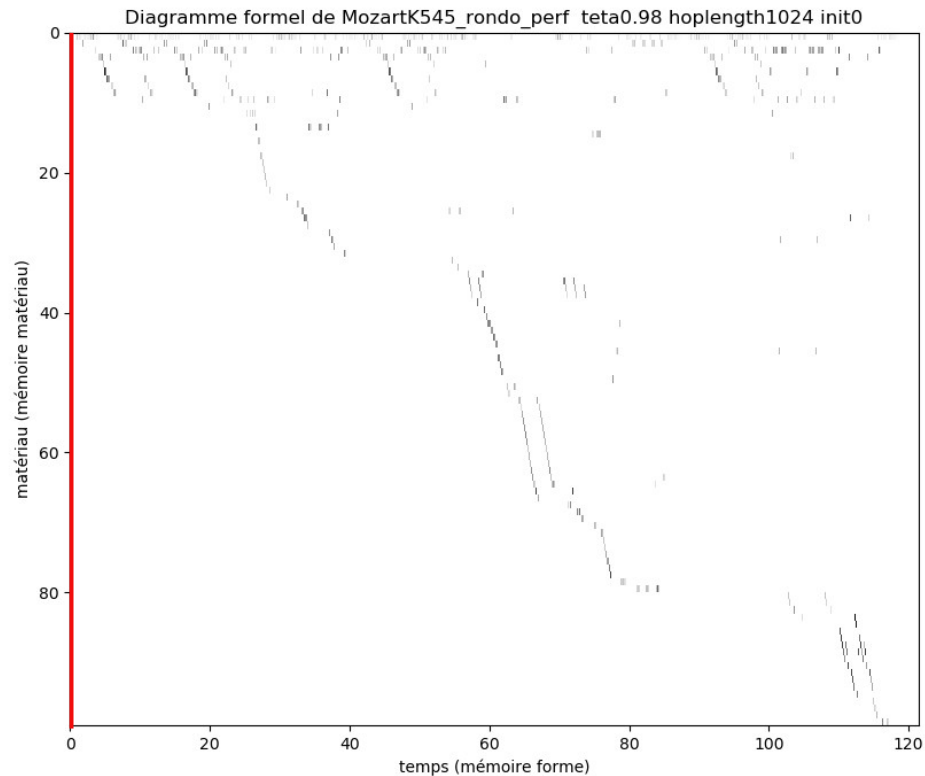
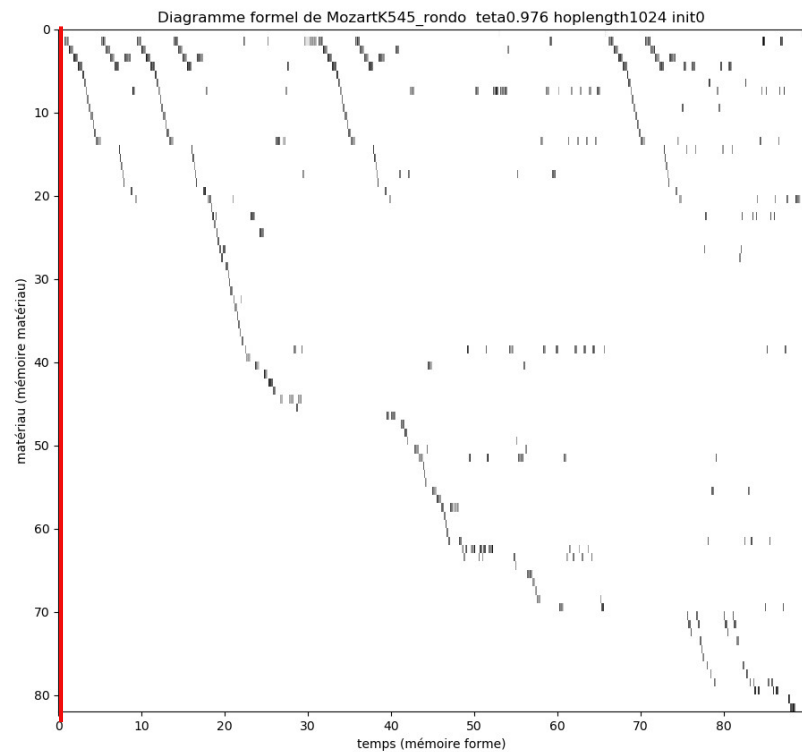
Du signal au diagramme formel initial



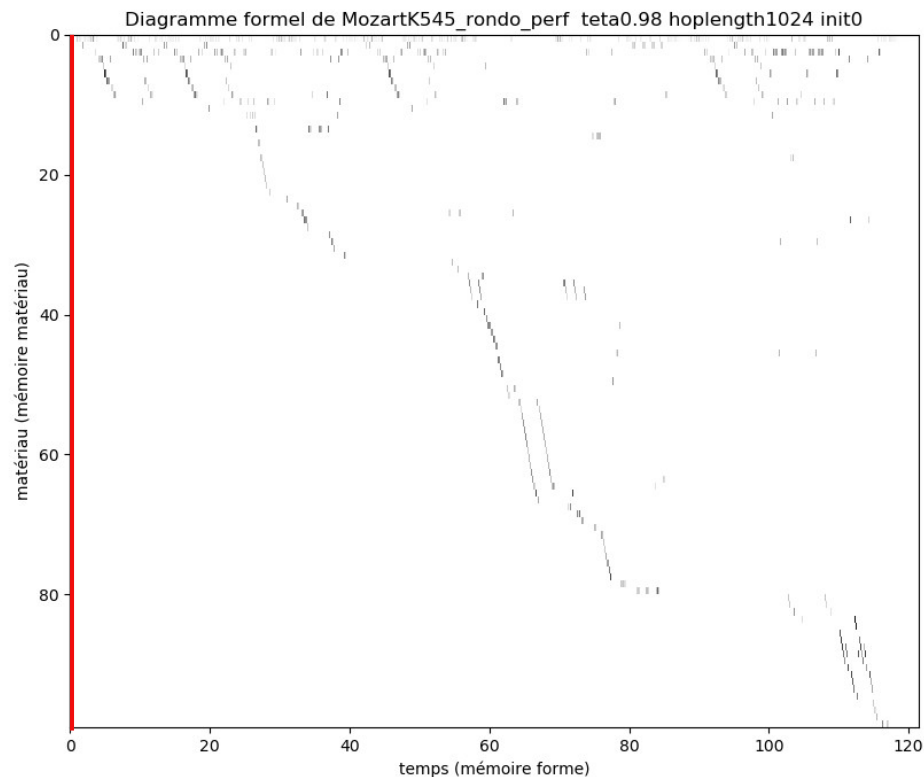
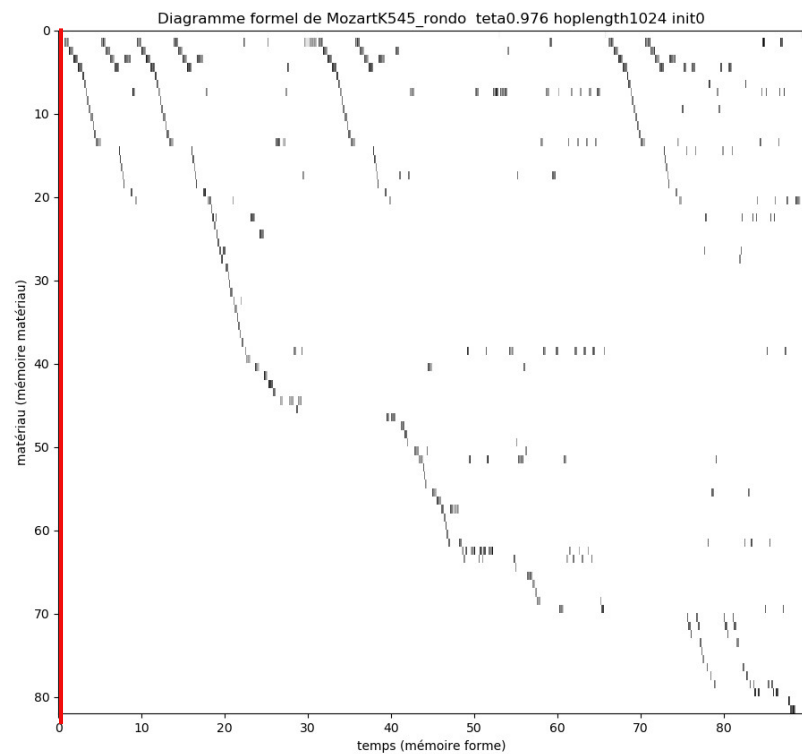
Du signal au diagramme formel initial



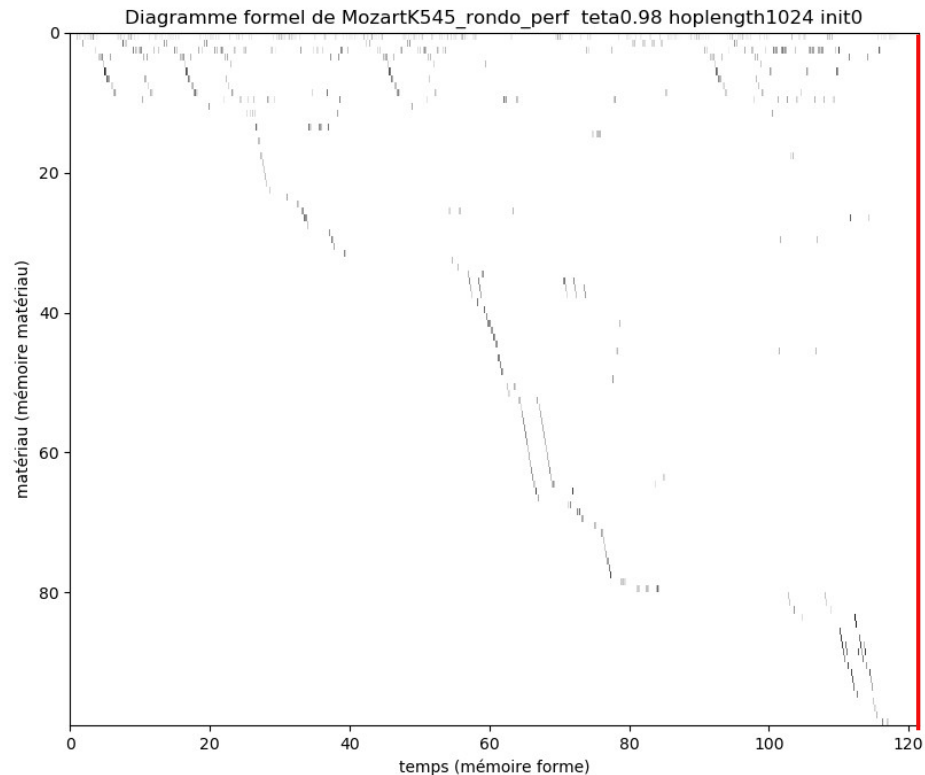
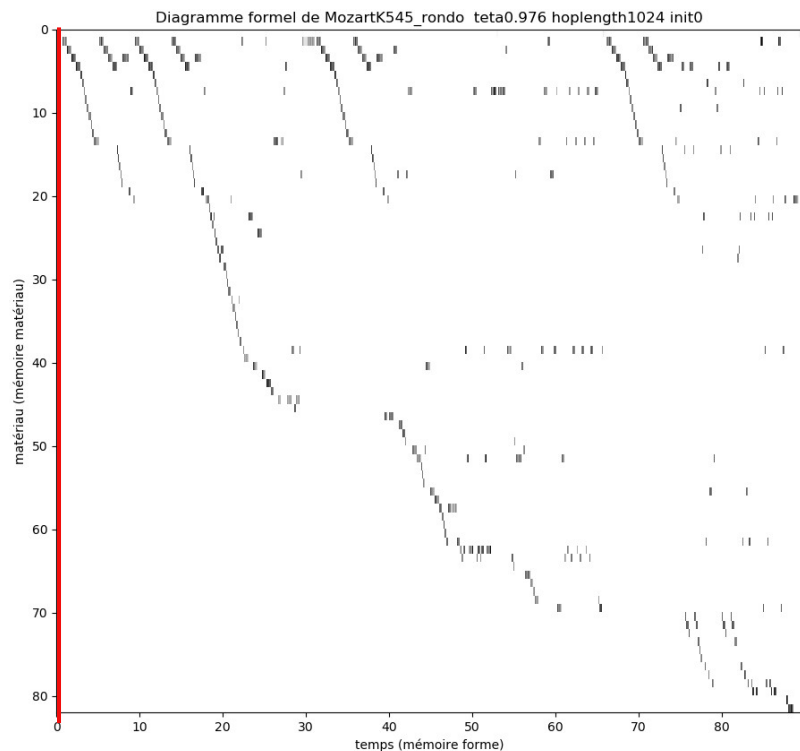
Du signal au diagramme formel initial



Du signal au diagramme formel initial

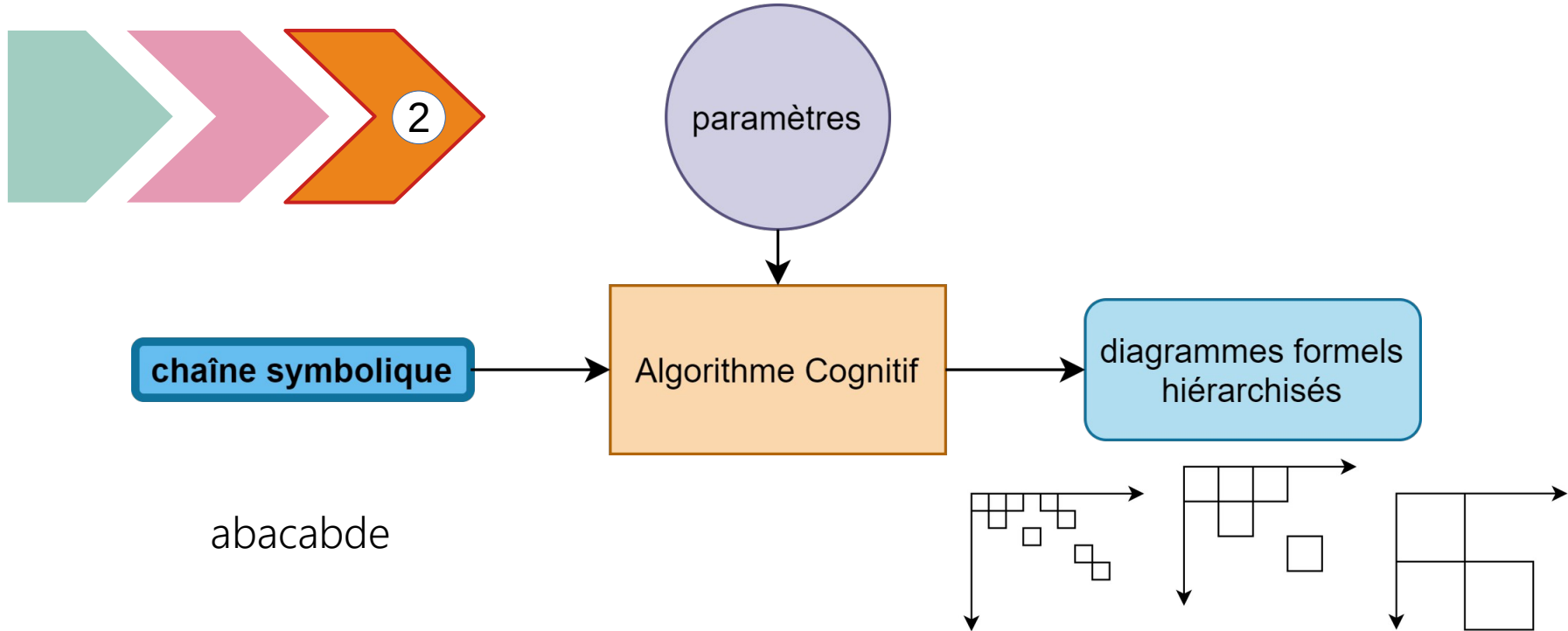


Du signal au diagramme formel initial



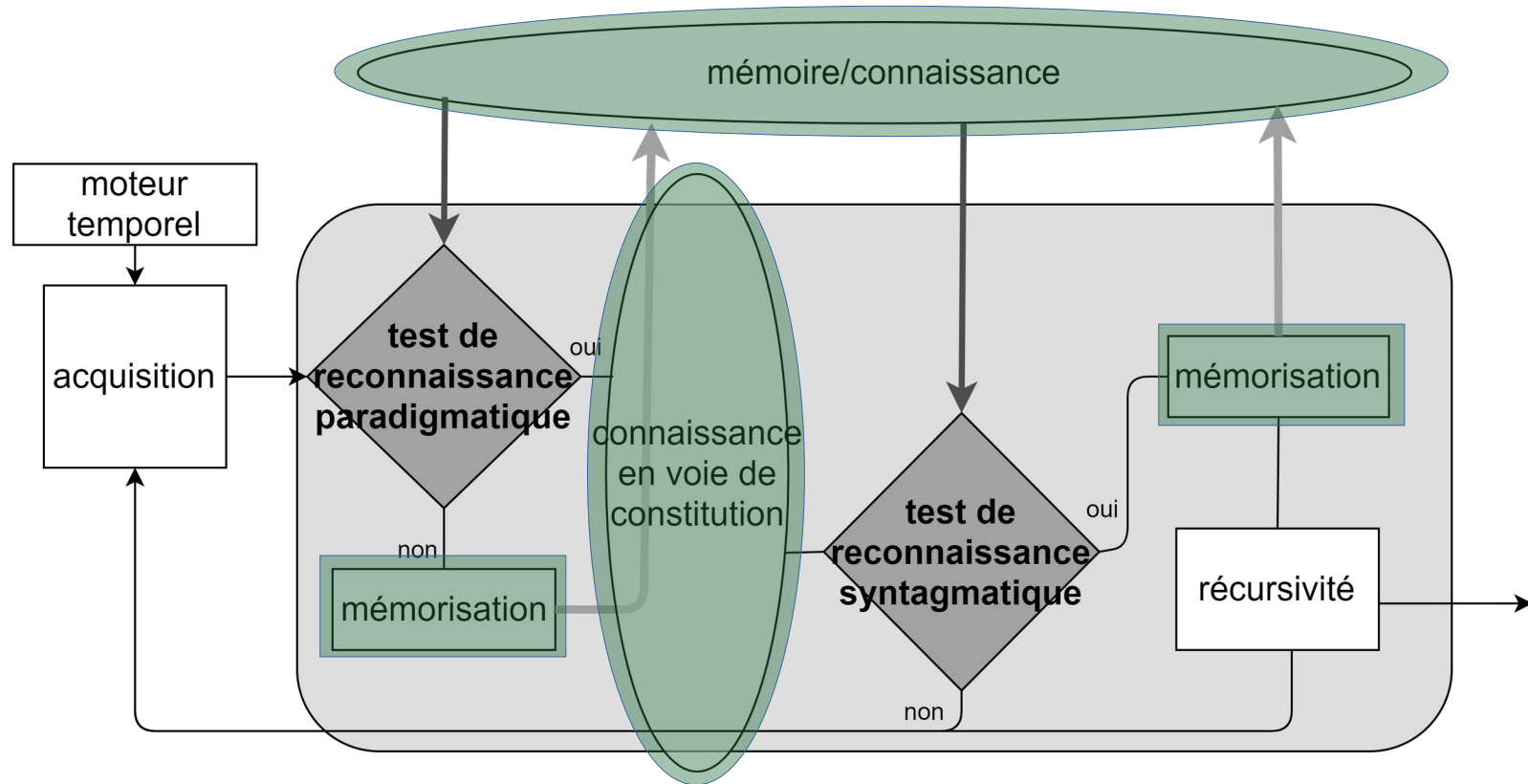
Des symboles aux diagrammes formels hiérarchisés

Des symboles aux diagrammes formels hiérarchisés



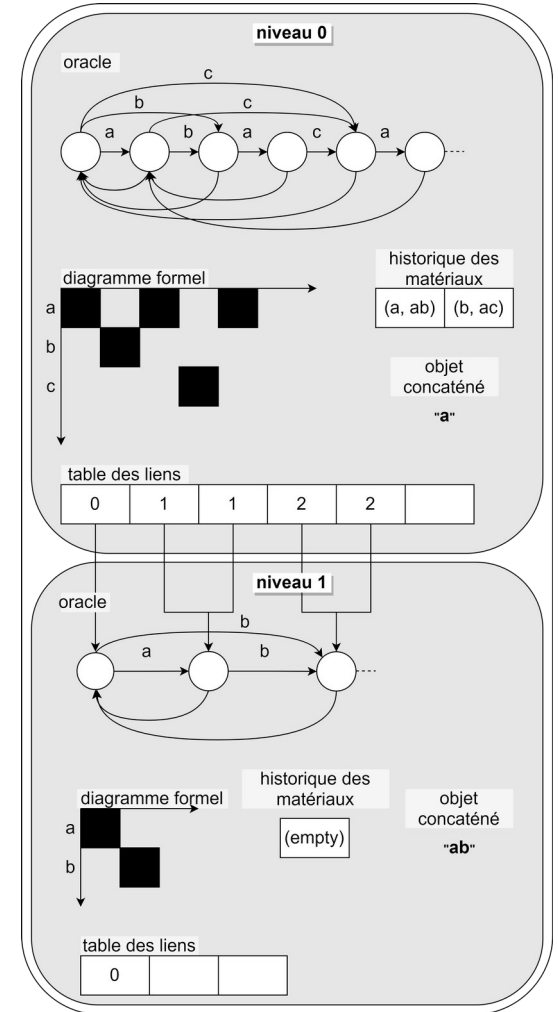
J. Calandra, J.-M. Chouvel, M. Desainte-Catherine, *Génération automatique de diagrammes formels par un algorithme cognitif modulaire: étude préliminaire*, in Journées d'Informatique Musicales(JIM), Strasbourg, France, 2020.

L'Oracle multi-échelle



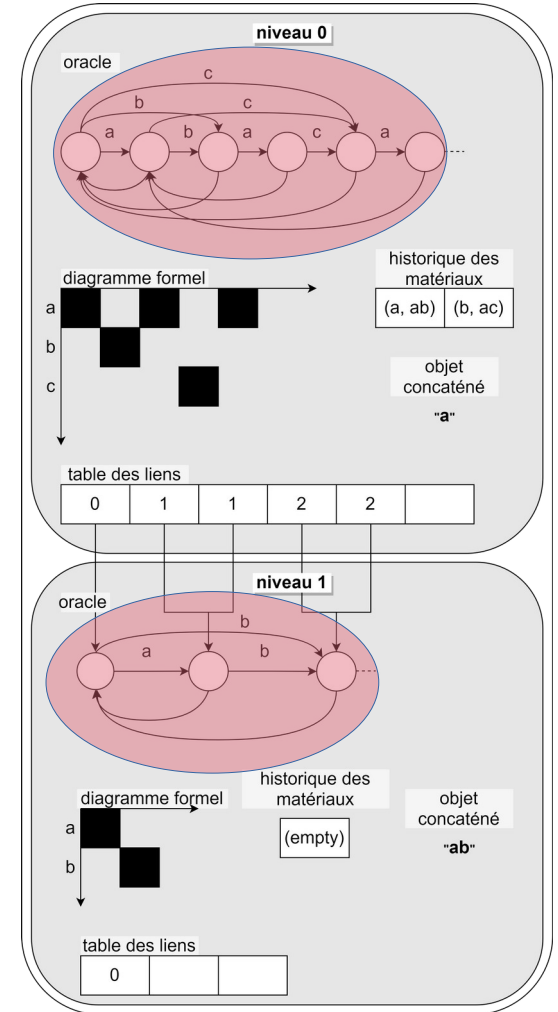
L'Oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 5 structures de données :
 - Factor Oracle
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - Table des liens



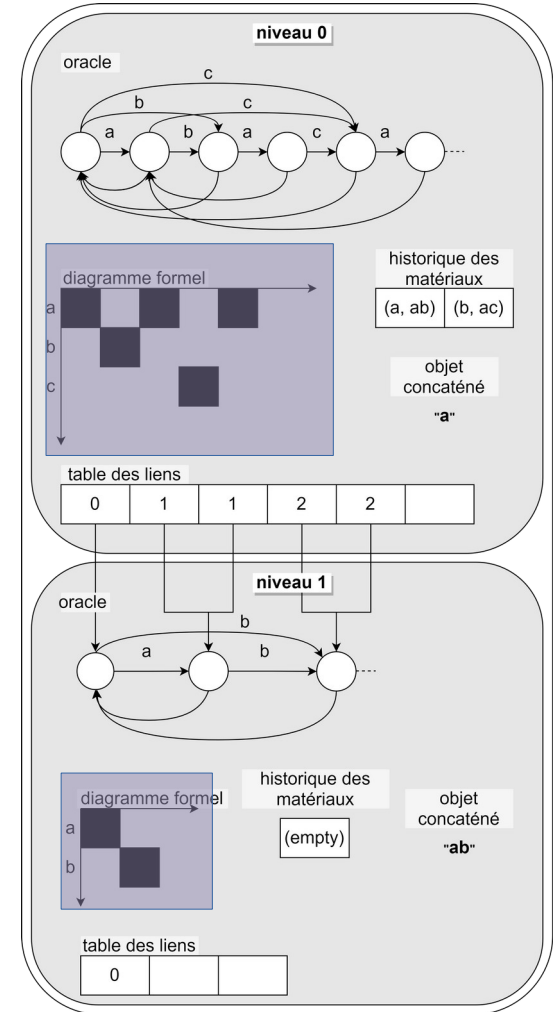
L'Oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 5 structures de données :
 - **Factor Oracle**
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - Table des liens



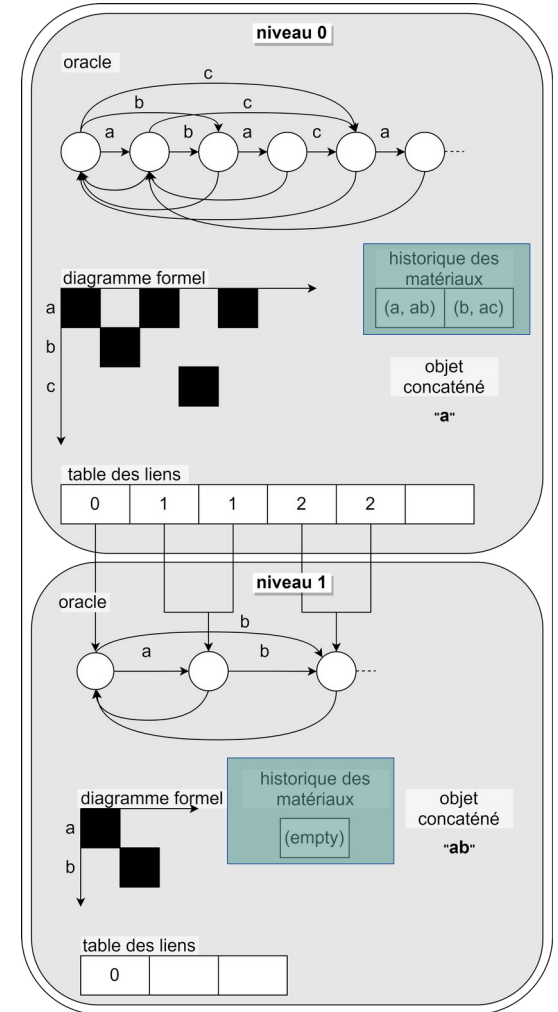
L'Oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 5 structures de données :
 - Factor Oracle
 - **Diagramme Formel**
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - Table des liens



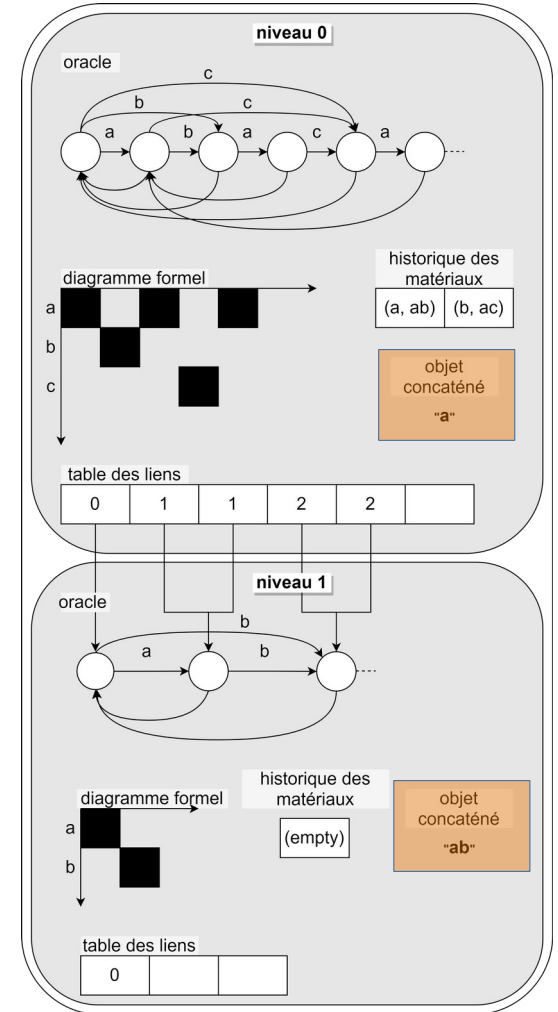
L'Oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 5 structures de données :
 - Factor Oracle
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - Table des liens



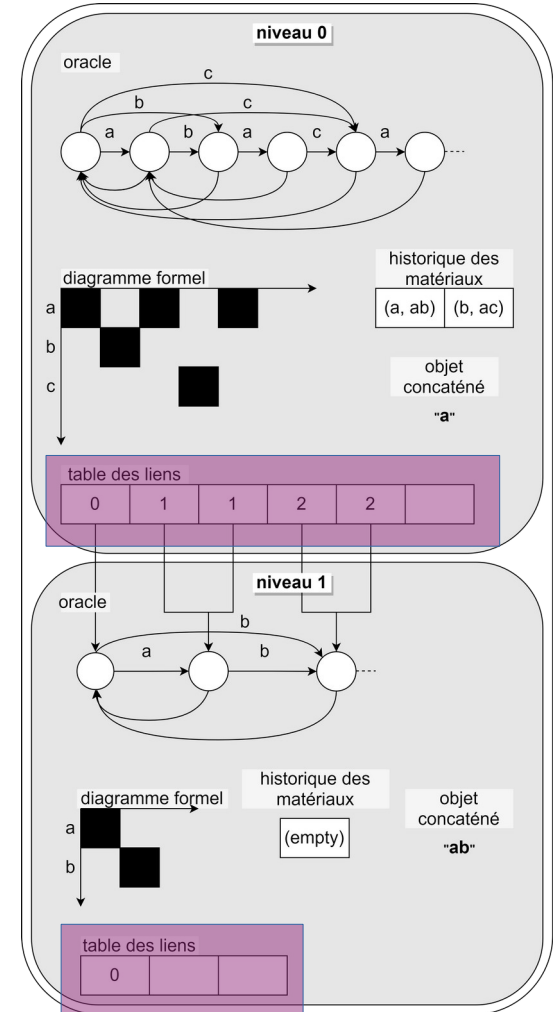
L'Oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 5 structures de données :
 - Factor Oracle
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - **Objet concaténé**
 - Table des liens

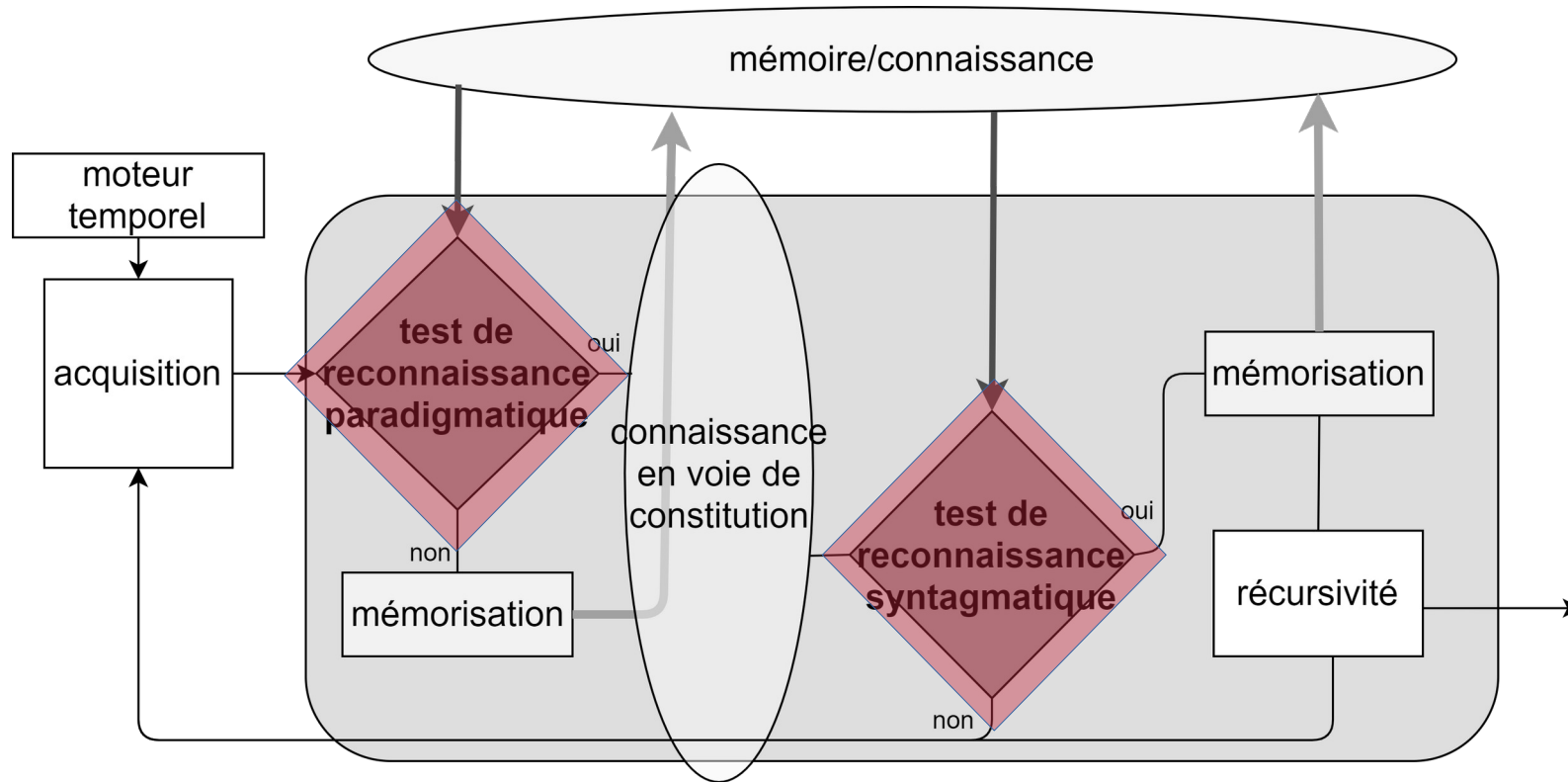


L'Oracle multi-échelle

- Pour chaque niveau, 5 structures de données :
 - Factor Oracle
 - Diagramme Formel
 - Historique des matériaux
 - Objet concaténé
 - **Table des liens**

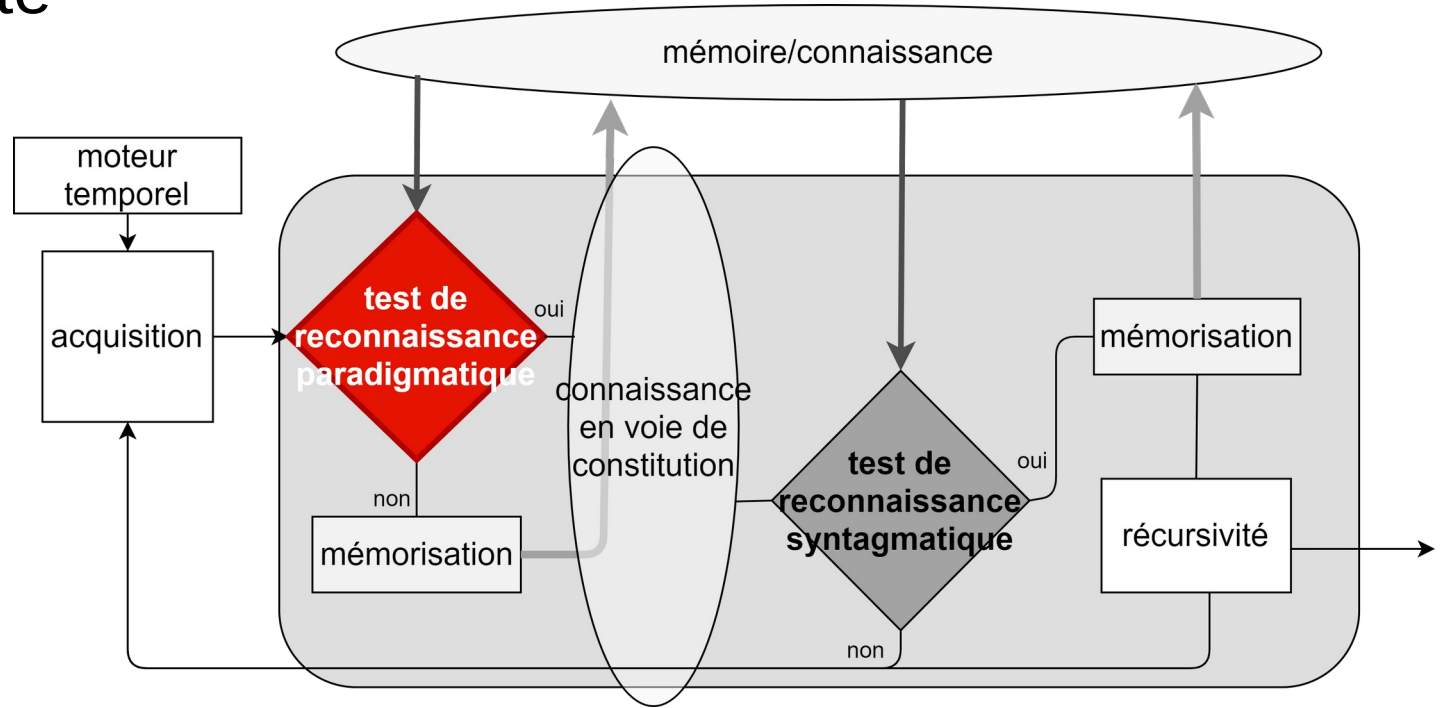


Critères de segmentation et de similarité



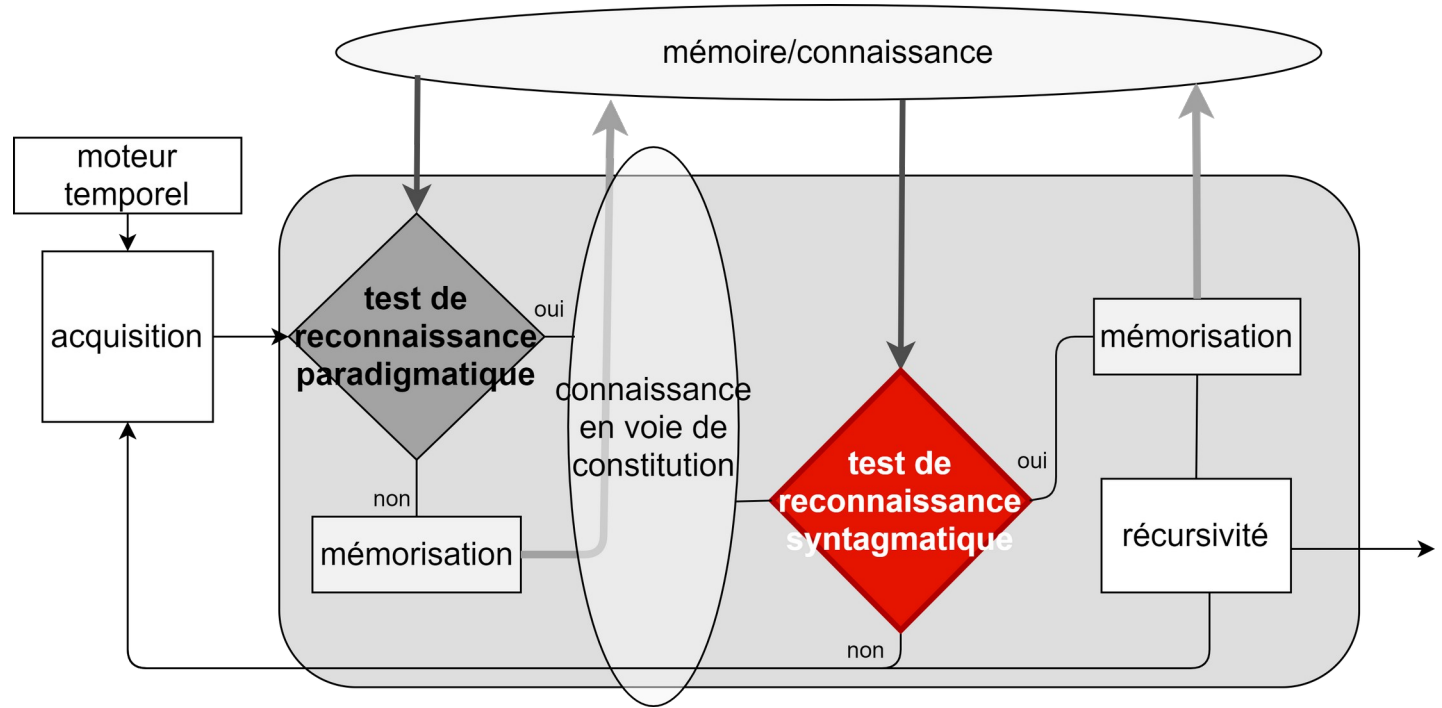
Critères de similarité

- Égalité stricte



Critères de segmentation

- 5 règles



Critères de segmentation

- 5 règles :

(ab + a => (ab)(a

moteur

(ab)(a + b => (ab)(ab

(ab)(ab + c => (ab)(ab)(c

ui

(abcd)(ab + e => (ab)(cd)(ab)(e

paradigmatique connaissance

(a + a => (aa

non

mémorisation

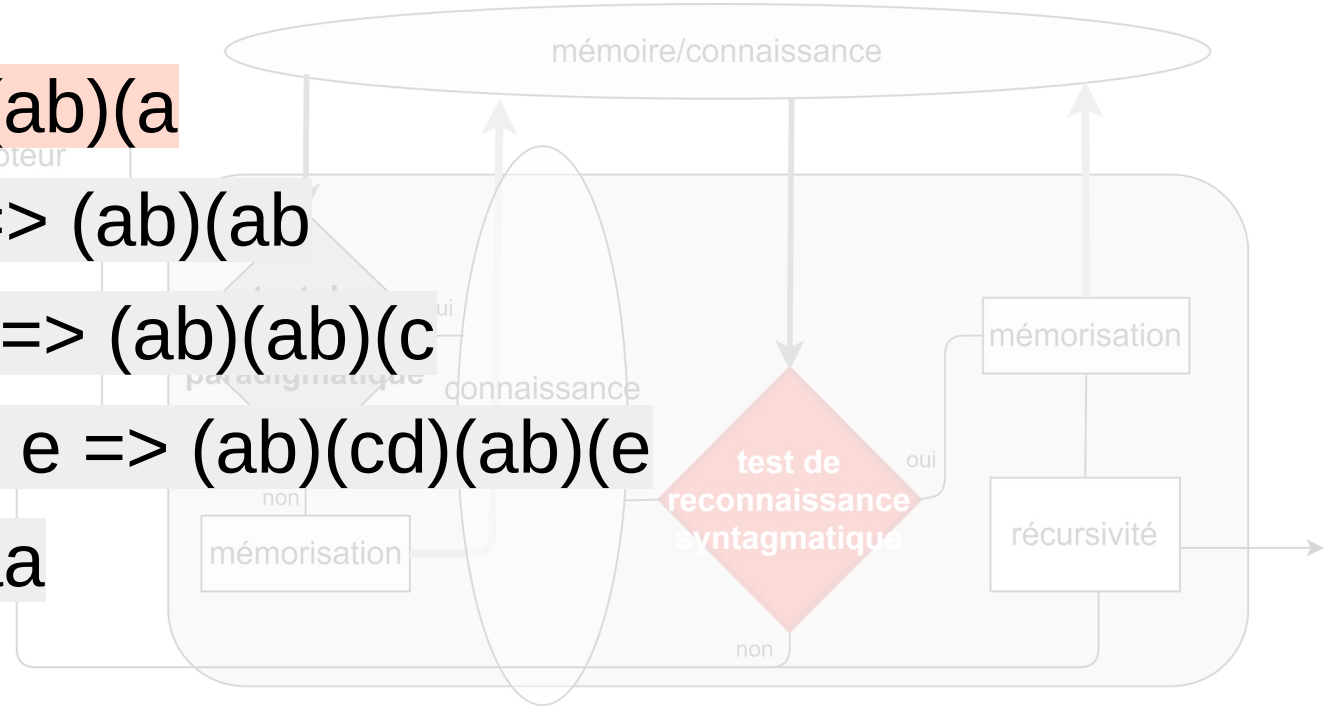
test de
reconnaissance
syntagmatique

oui

mémorisation

récurtivité

non



Critères de segmentation

- 5 règles :

(ab + a => (ab)(a

moteur

(ab)(a + b => (ab)(ab

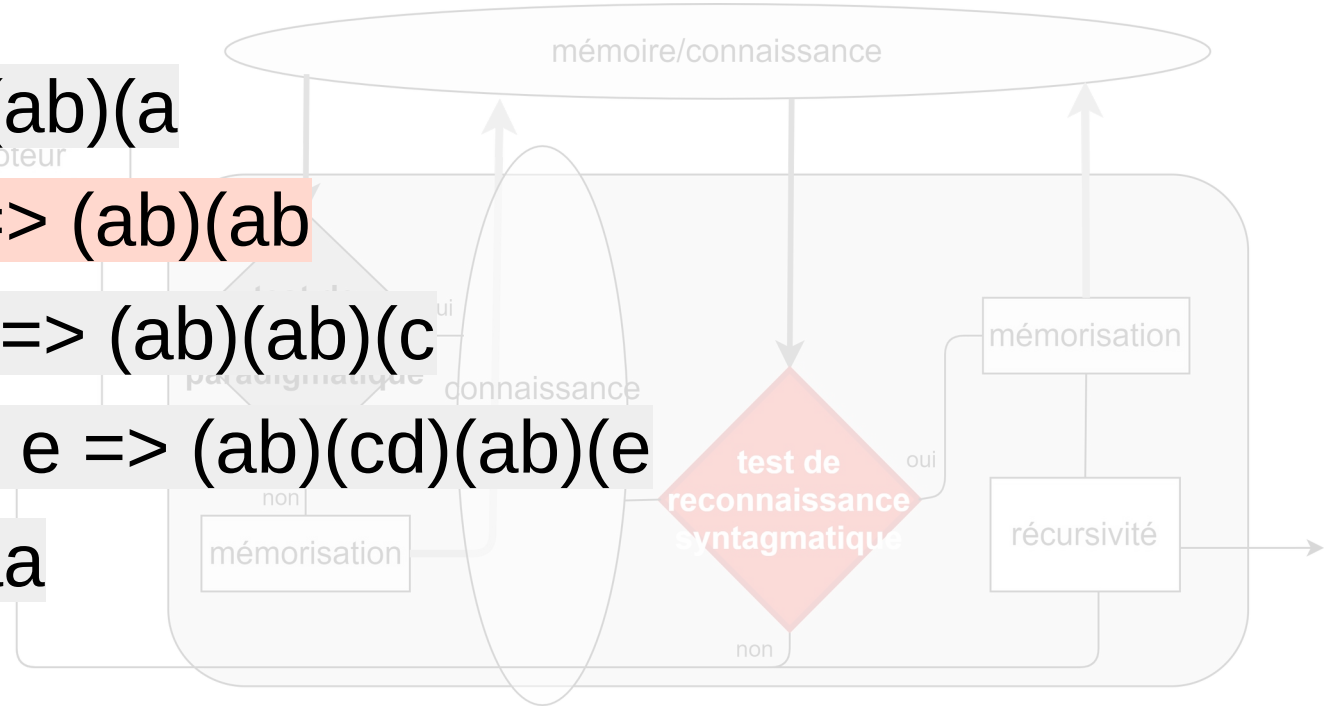
(ab)(ab + c => (ab)(ab)(c

paradigmatique

(abcd)(ab + e => (ab)(cd)(ab)(e

connaissance

(a + a => (aa



Critères de segmentation

- 5 règles :

(ab + a => (ab)(a

moteur

(ab)(a + b => (ab)(ab

(ab)(ab + c => (ab)(ab)(c

paradigmatique

(abcd)(ab + e => (ab)(cd)(ab)(e

connaissance

(a + a => (aa

non

mémorisation

test de
reconnaissance
syntagmatique

oui

mémorisation

récurtivité

non

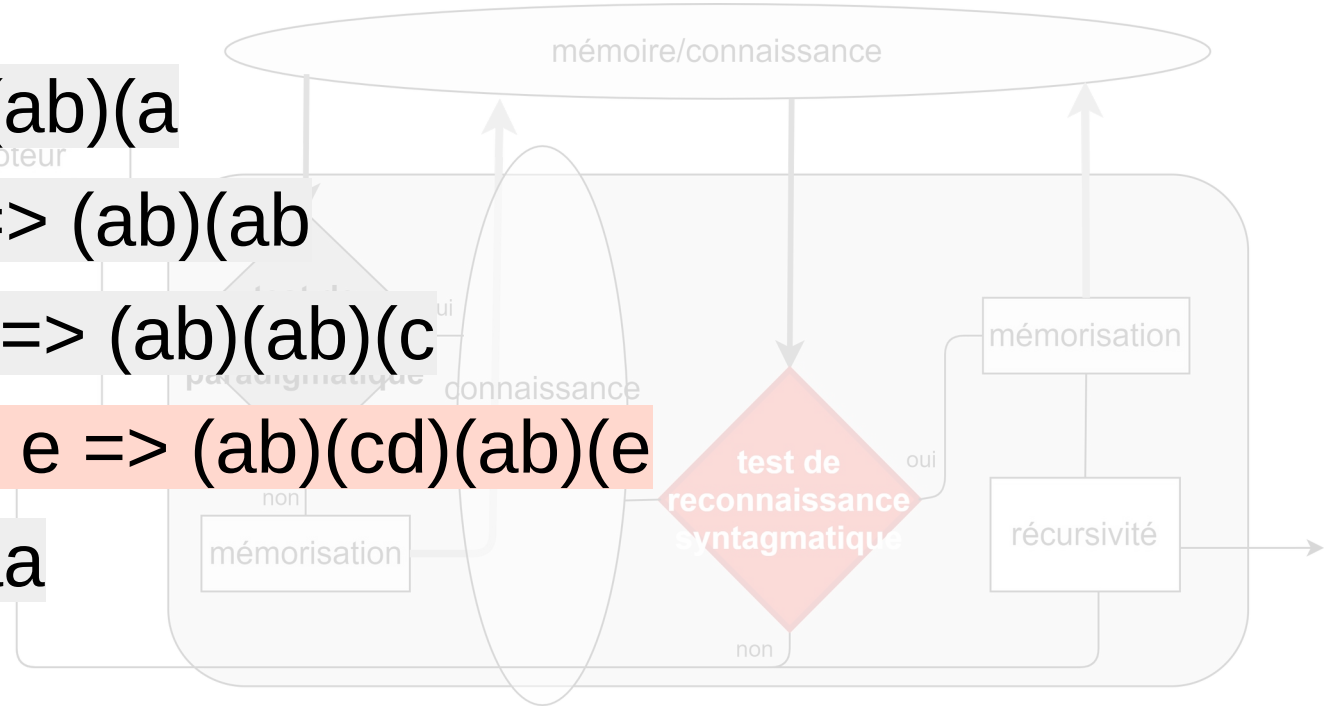
mémoire/connaissance

Critères de segmentation

- 5 règles :

$$(ab + a \Rightarrow (ab)(a$$
$$(ab)(a + b \Rightarrow (ab)(ab$$
$$(ab)(ab + c \Rightarrow (ab)(ab)(c$$
$$(abcd)(ab + e) \Rightarrow (ab)(cd)(ab)(e)$$

$(a + a \Rightarrow (aa$



Critères de segmentation

- 5 règles :

(ab + a => (ab)(a

moteur

(ab)(a + b => (ab)(ab

(ab)(ab + c => (ab)(ab)(c

paradigmatique

(abcd)(ab + e => (ab)(cd)(ab)(e

connaissance

(a + a => (aa

non

mémorisation

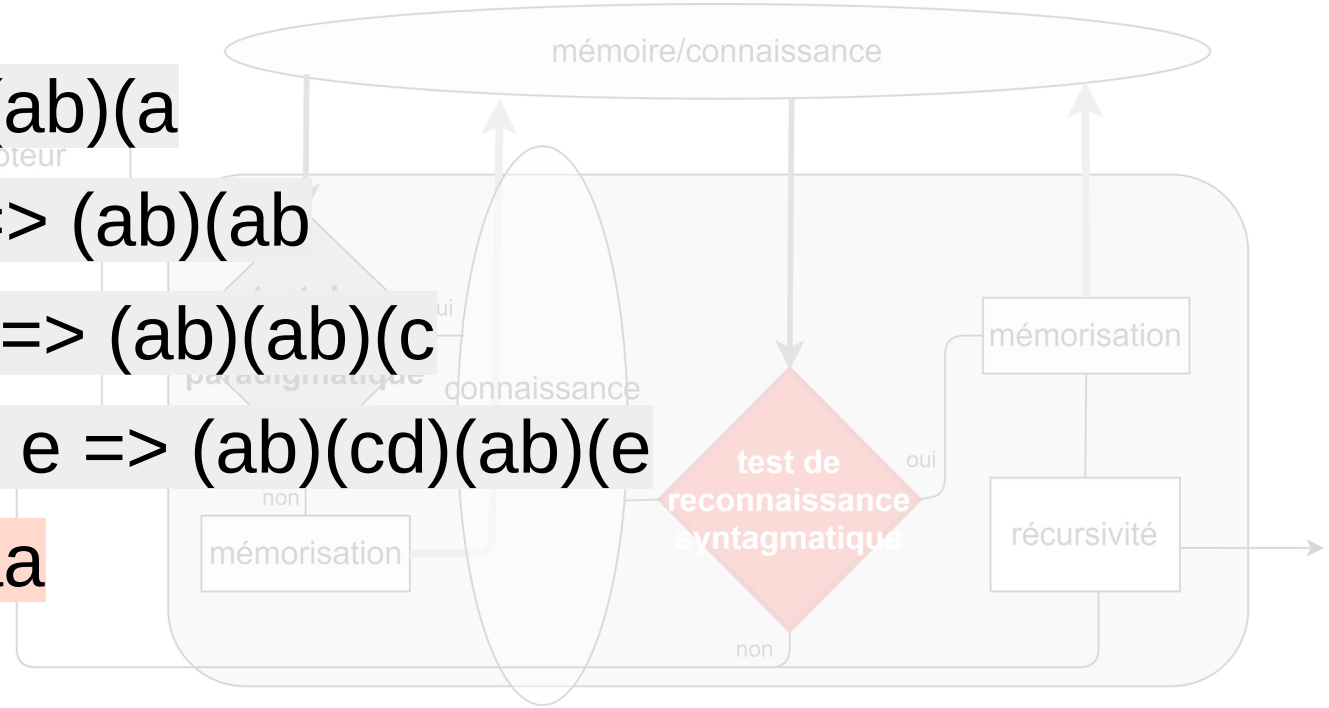
test de
reconnaissance
syntagmatique

oui

mémorisation

récurtivité

non



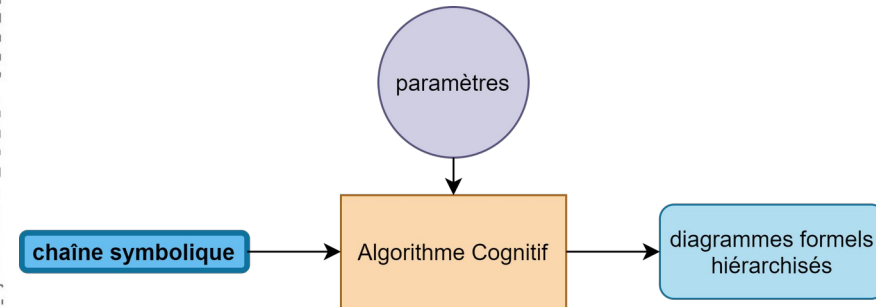
Mozart K545, Rondo

5180) RONDO.
Allegretto.

5181) 9

W. A. M. 545.

Règles 1, 2, 3, 4, et 5



→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

Mozart K545, Rondo

4 (180)

RONDO.
Allegretto.

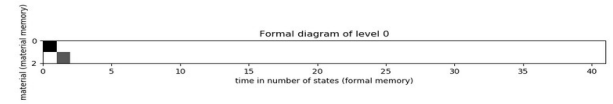
W. A. M. 545.

(181)

→ abacabacdeabfgabachijklmhinopgabacsrsttu

Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo



5180) RONDO.
Allegretto.

5181) 9

W. A. M. 545.

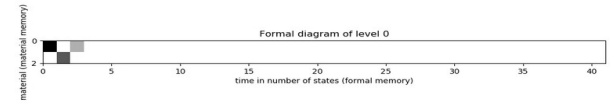
W. A. M. 545.

The image displays two pages of musical notation for Mozart's Rondo K545. The notation is in G major, 3/4 time, and features a variety of musical symbols including notes, rests, and dynamic markings. The first page (5180) shows the beginning of the piece, marked 'RONDO. Allegretto.' and includes a red-shaded section. The second page (5181) continues the piece. The notation is arranged in two columns, with the first column on the left and the second column on the right. The pages are numbered 5180 and 5181 respectively. The composer's name 'W. A. M. 545.' is printed at the bottom of each page.

→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo



5 (180) **RONDO.**
Allegretto.

181 9

W. A. M. 545.

W. A. M. 545.

The image displays two columns of musical notation for Mozart's Rondo K545. The notation is in G major, 3/4 time, and features a variety of musical elements including eighth and sixteenth notes, rests, and dynamic markings. The notation is organized into measures, with some measures highlighted in red. The first column contains measures 1 through 180, and the second column contains measures 181 through 199. The notation is presented in a clear, legible format, with a key signature of one sharp (F#) and a time signature of 3/4.

→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

W. A. M. 345.

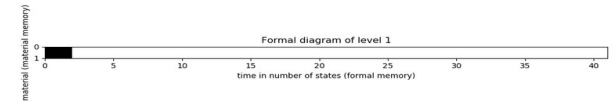
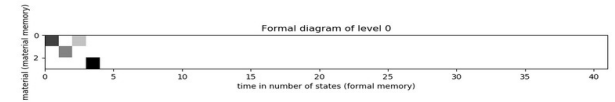
→ abacabacdeabfgabachijklmhinopgabacsrsttu

Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

5180) RONDO.
Allegretto.

W. A. M. 545.



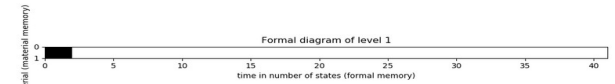
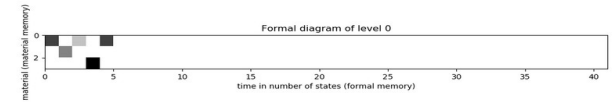
→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

5180) **RONDO.**
Allegretto.

W. A. M. 545.



→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacrsrsttu

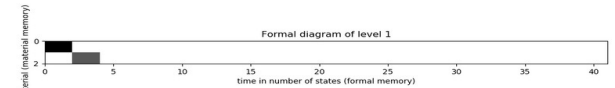
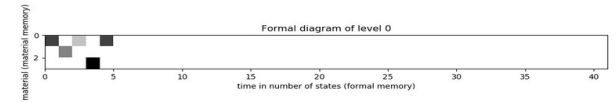
Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

5180) **RONDO.**
Allegretto.

5181) 9

W. A. M. 545.



→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

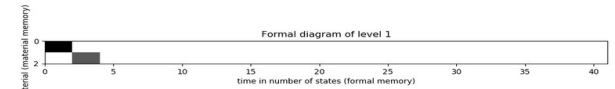
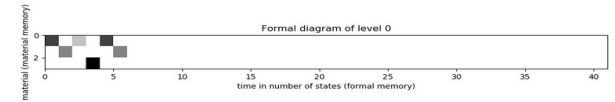
Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

5180) **RONDO.**
Allegretto.

5181) 9

W. A. M. 545.



→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

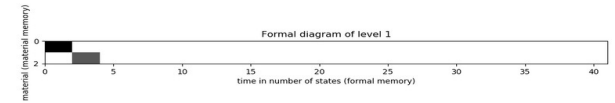
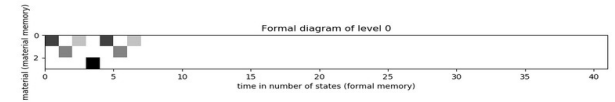
Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

5180) **RONDO.**
Allegretto.

5181) 9

W. A. M. 545.



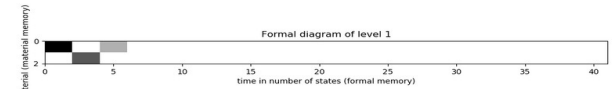
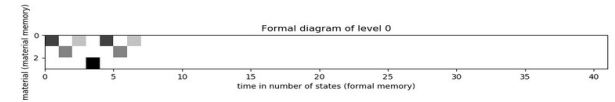
→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

5 (180) **RONDO.**
Allegretto.

W. A. M. 545.



→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

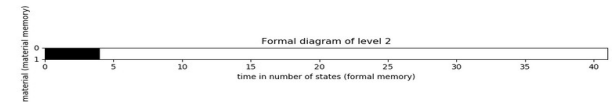
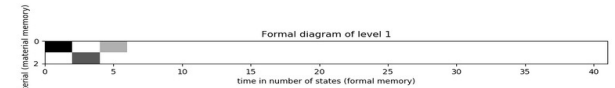
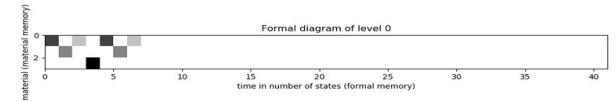
Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

5180) **RONDO.**
Allegretto.

5181) 9

W. A. M. 545.



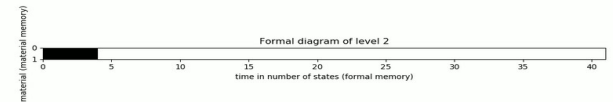
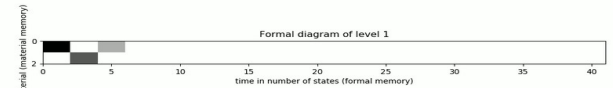
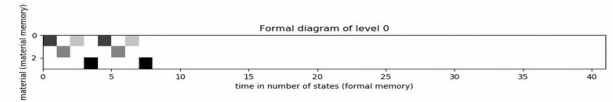
→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

5180) **RONDO.**
Allegretto.

W. A. M. 545.



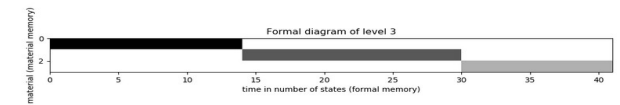
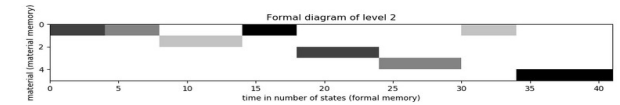
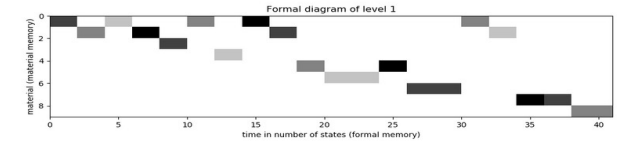
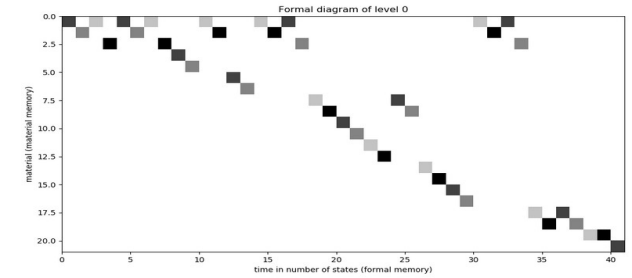
→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

Mozart K545, Rondo

5180) RONDO.
Allegretto.

W. A. M. 545.

→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacsrsttu

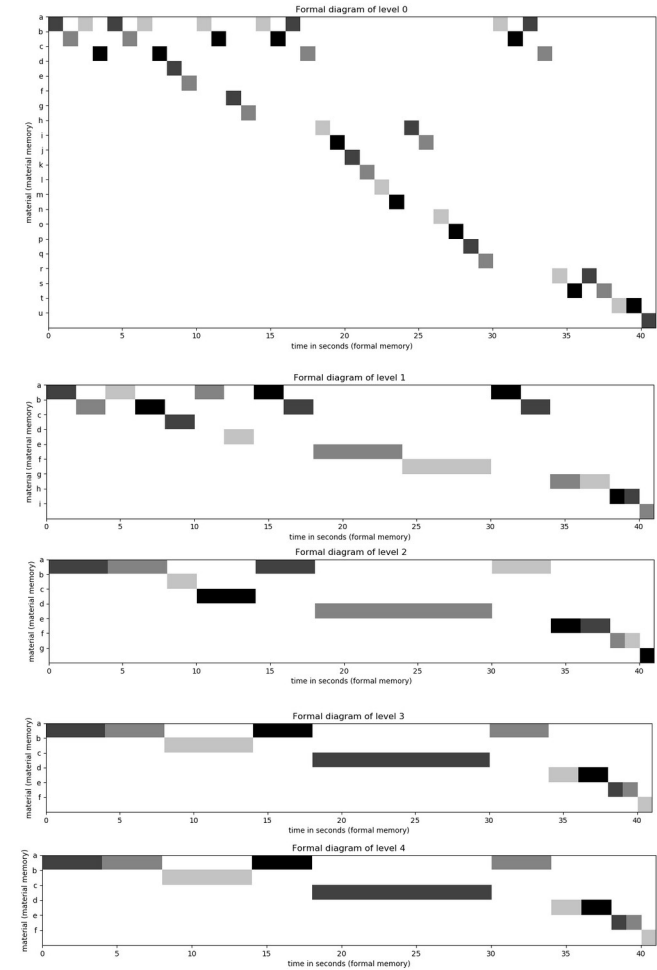


Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Mozart K545, Rondo

5180) **RONDO.**
Allegretto.

W. A. M. 545.

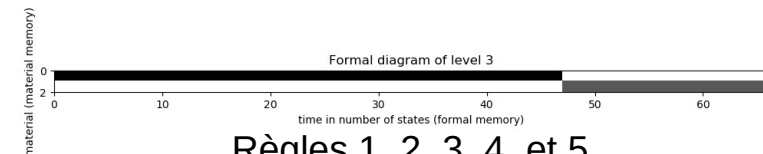
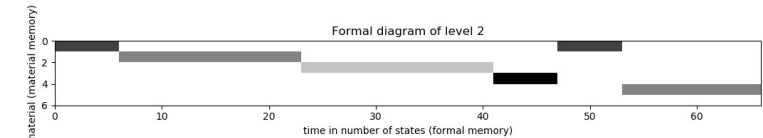
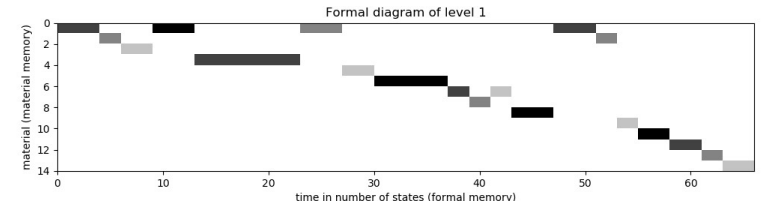
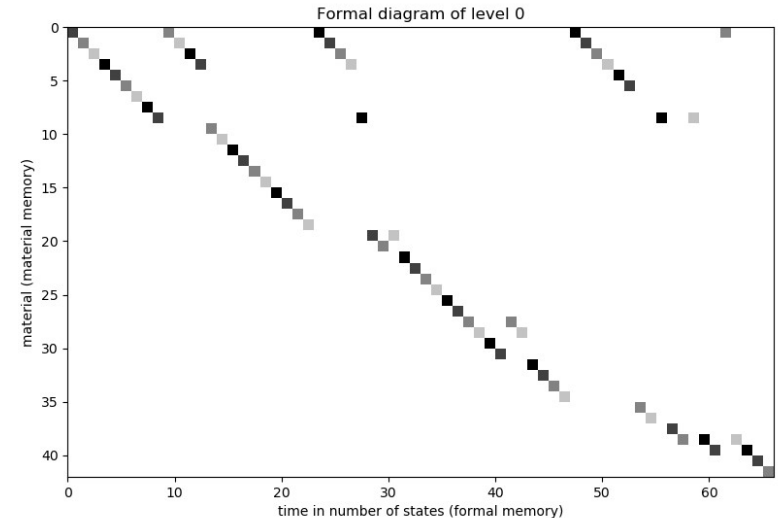


→ abacabacdeabfgabachijklmhinopqabacrsrsttu

Règles 1, 2, et 3

Debussy's *Hommage à Rameau*

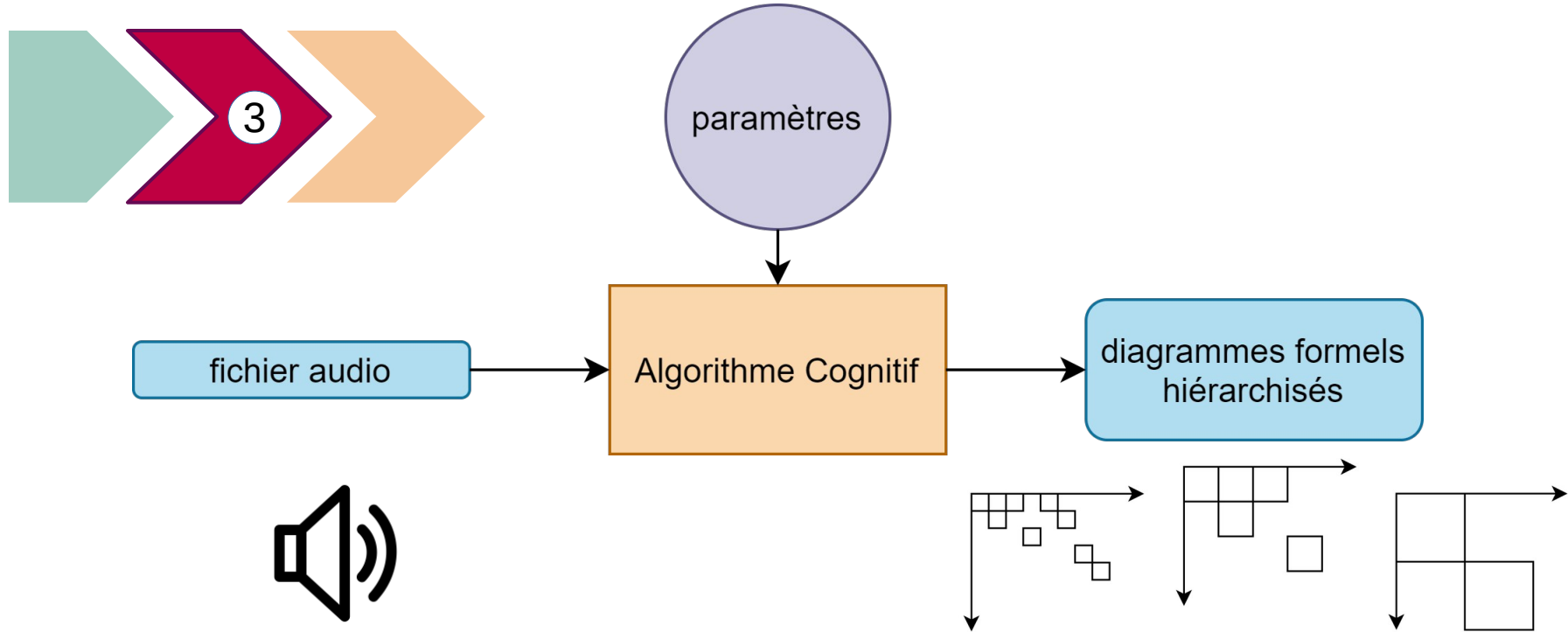
→ (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 1, 2, 3, 4, 9, 20, 21, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 36, 37, 9, 38, 39, 9, 39, 40, 1, 39, 40, 41, 42)



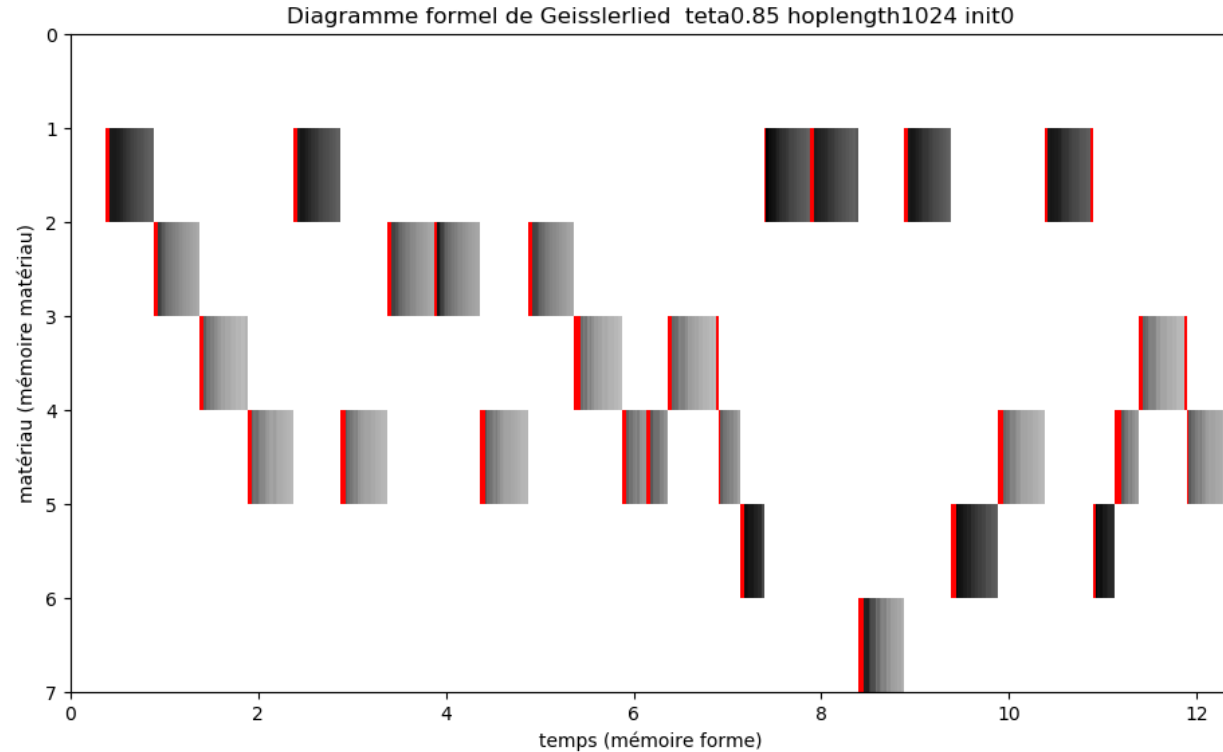
Règles 1, 2, 3, 4, et 5

Du signal au diagrammes formels hiérarchisés

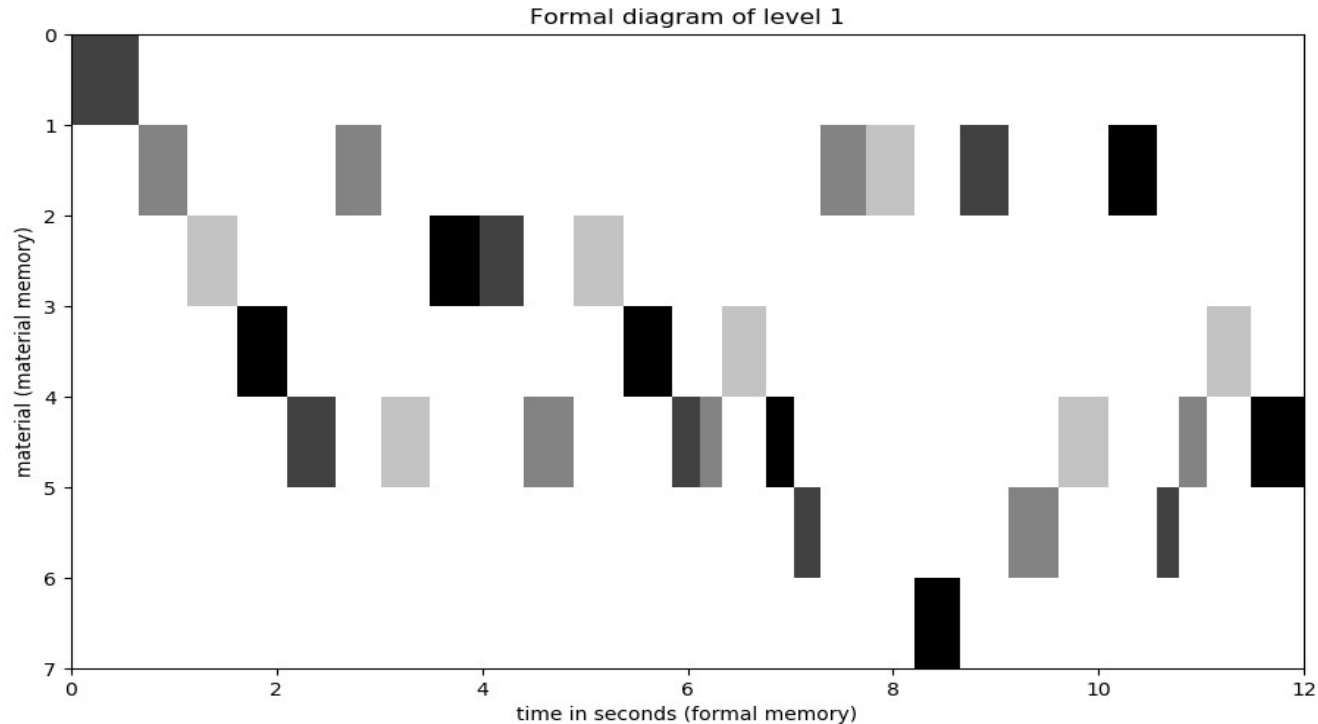
Du signal aux diagrammes formels hiérarchisés



Du signal aux diagrammes formels hiérarchisés



Du signal aux diagrammes formels hiérarchisés



Du signal aux diagrammes formels hiérarchisés

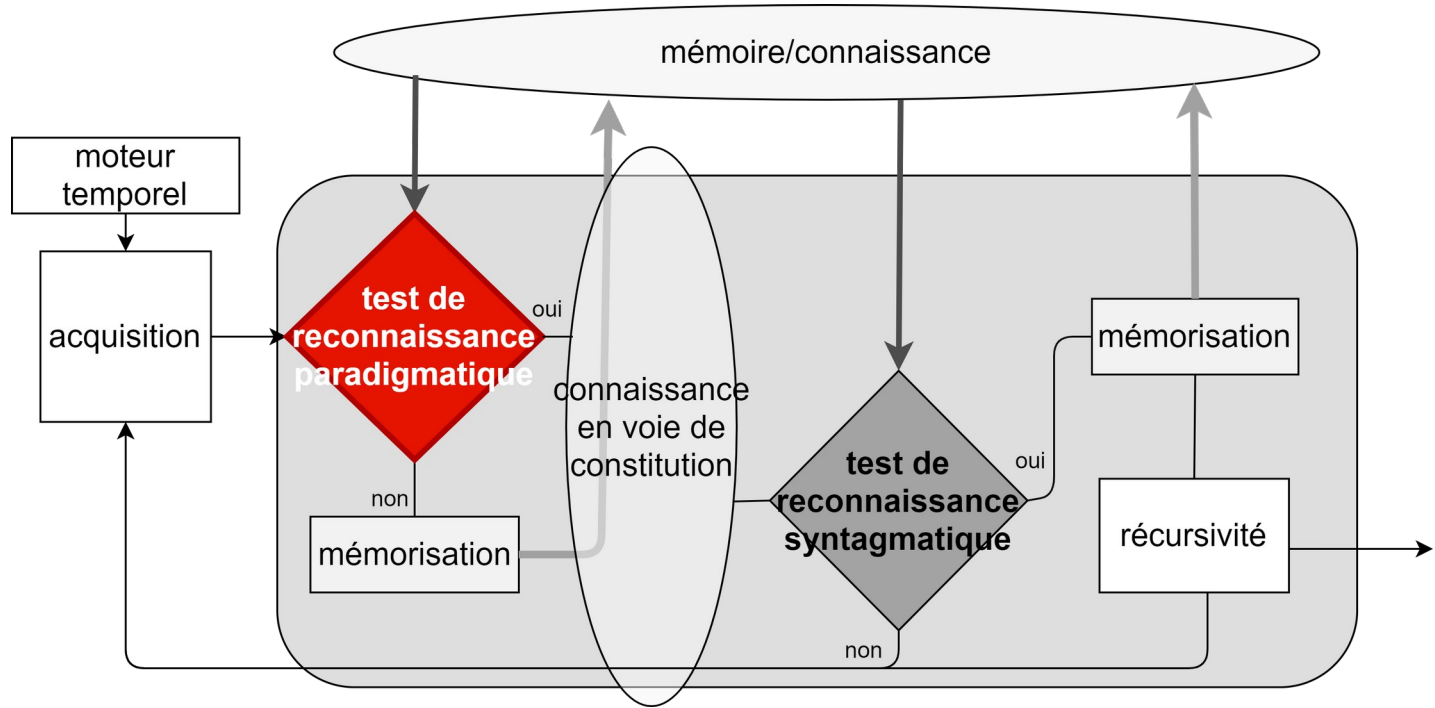
Critères de similarité

Needleman-Wunsch

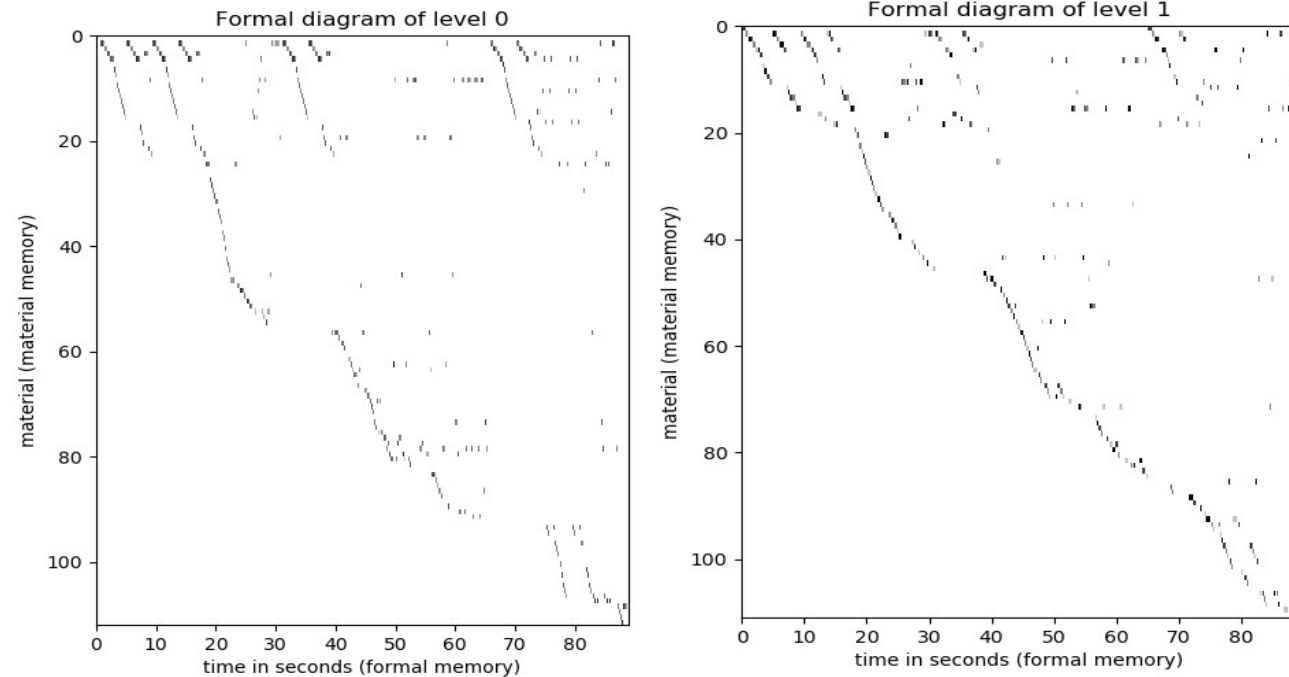
	a	b	c
a	1	0,93	0,60
b	0,93	1	0,75
c	0,60	0,75	1

(ab) (ac)

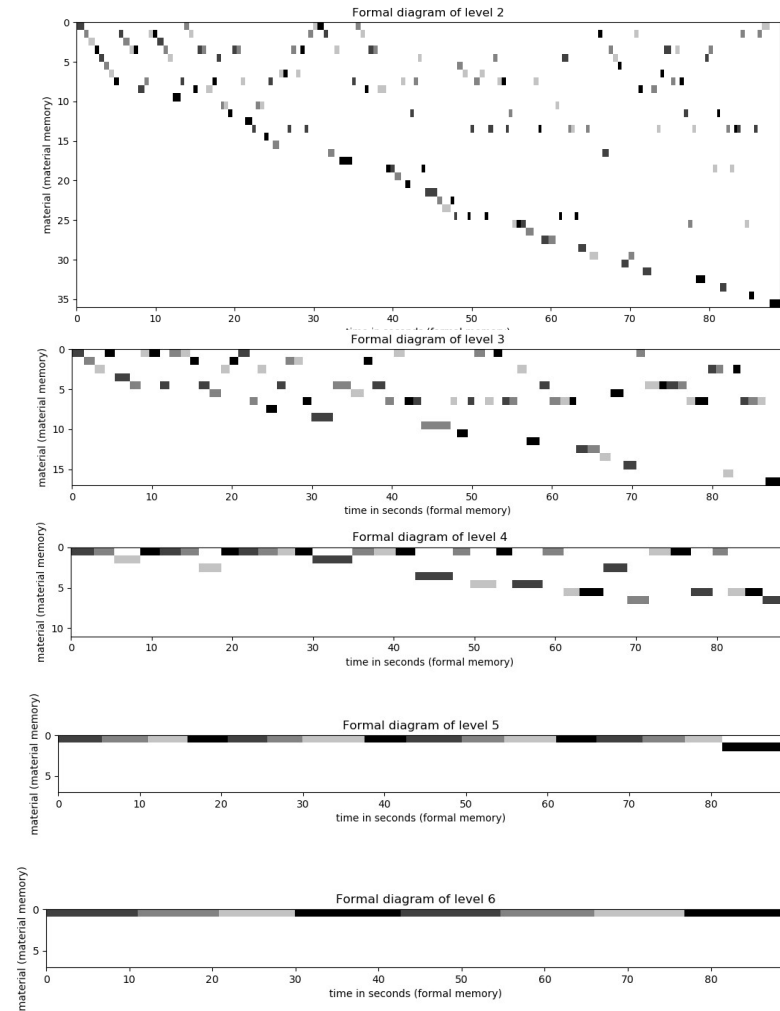
	a	b
a	1	0,88
b	0,88	1



Du signal aux diagrammes formels hiérarchisés

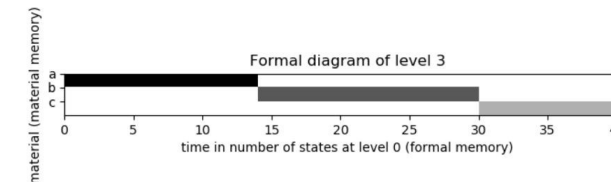
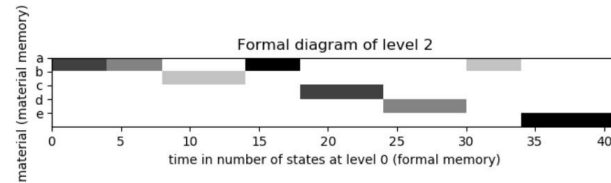
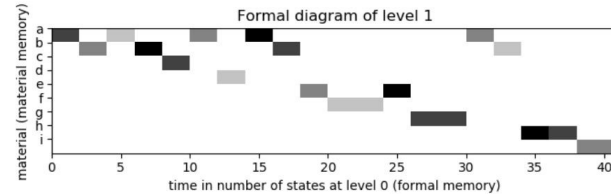
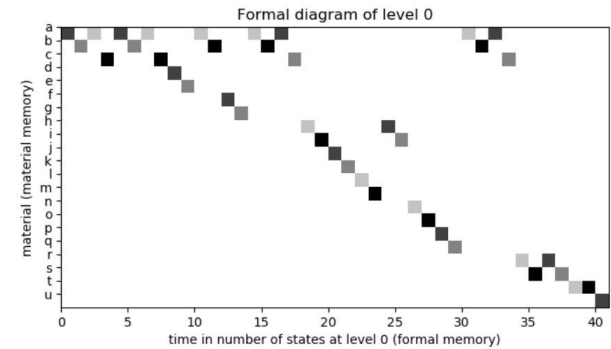


W.A. Mozart, Rondo K545, rules 1,2,3,4 and 5



Compression

- On commence par le diagramme de niveau le plus haut
- Si le matériau n'a jamais été vu, on inscrit le nouveau label et on ouvre une parenthèse, puis on descend au niveau inférieur
- Si le matériau a déjà été vu, on inscrit le label correspondant et on parse l'objet suivant



Compression

Sur le Rondo de Mozart :

- $A_3(A_2(A_1(A_0, B_0), B_1(A_0, C_0)), A_2, B_2(C_1(D_0, E_0), A_1, D_1(F_0, G_0)))$
 $B_3(A_2, C_2(E_1(H_0, I_0), F_1(J_0, K_0, L_0, M_0)), D_2(E_1, G_1(N_0, O_0, P_0, Q_0)))$
 $C_3(A_2, E_2(H_1(R_0, S_0), H_1, I_1(T_0, T_0, U_0)))$
- $((((AB)(AC))A((DE)A(FG)))$
 $(A((HI)(JKLM))(E(NOPQ)))$
 $(A((RS)H(TTU)))$

**Je vous remercie pour votre
écoute**