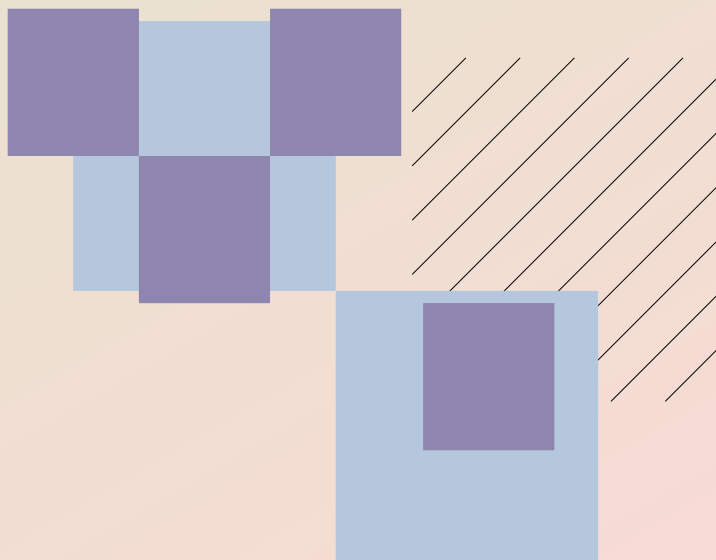


Charge cognitive et segmentation lors de l'écoute musicale active

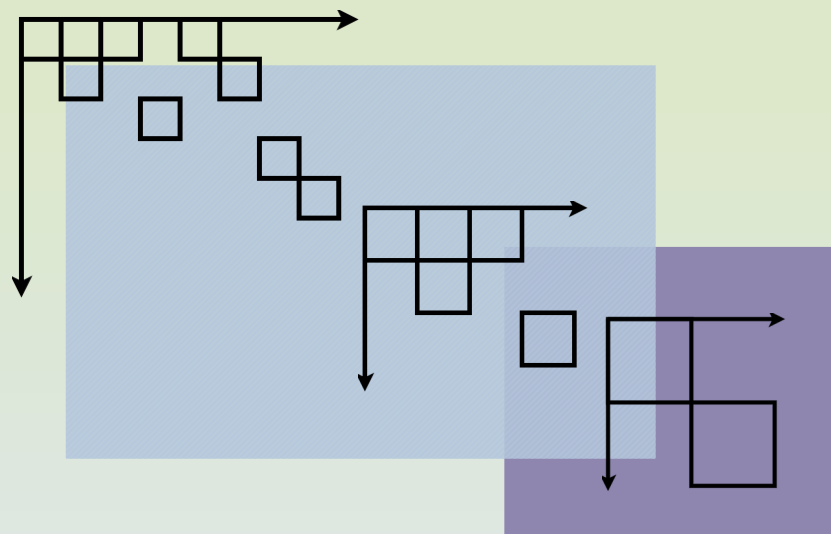
Joséphine Calandra

sous la direction de Jean-Marc Chauvel et Myriam Desainte Catherine

Séminaire doctoral et post-doctoral «composition, cognition et apprentissage»

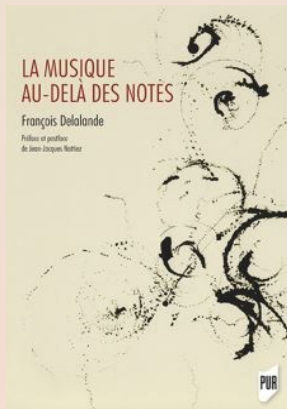
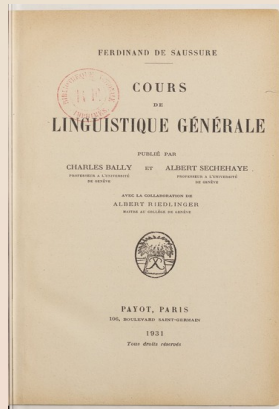
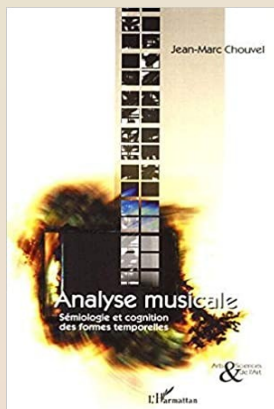


INTRODUCTION



Objectifs de la recherche

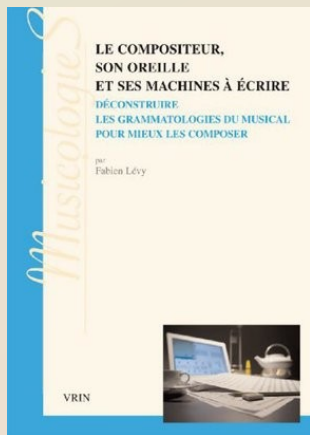
- Modéliser la structure et l'analyse paradigmatique et automatiser cette modélisation
 - Proposer un modèle qui se soumet aux contraintes de l'écoute
 - Paramétrisation du système



- 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

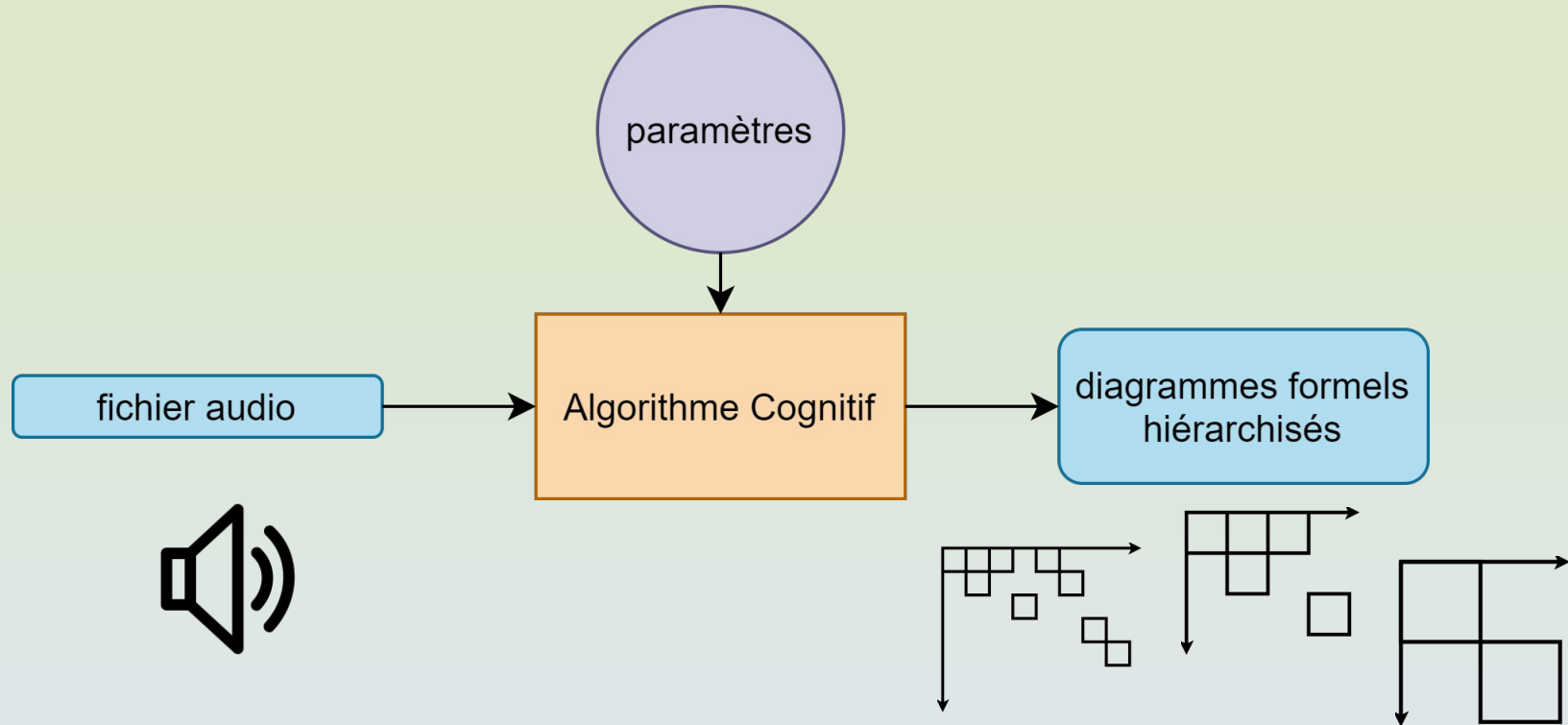
- Comprendre les phénomènes d'attention
 - Monitorer l'algorithme
 - Calculer la charge computationnelle de l'algorithme



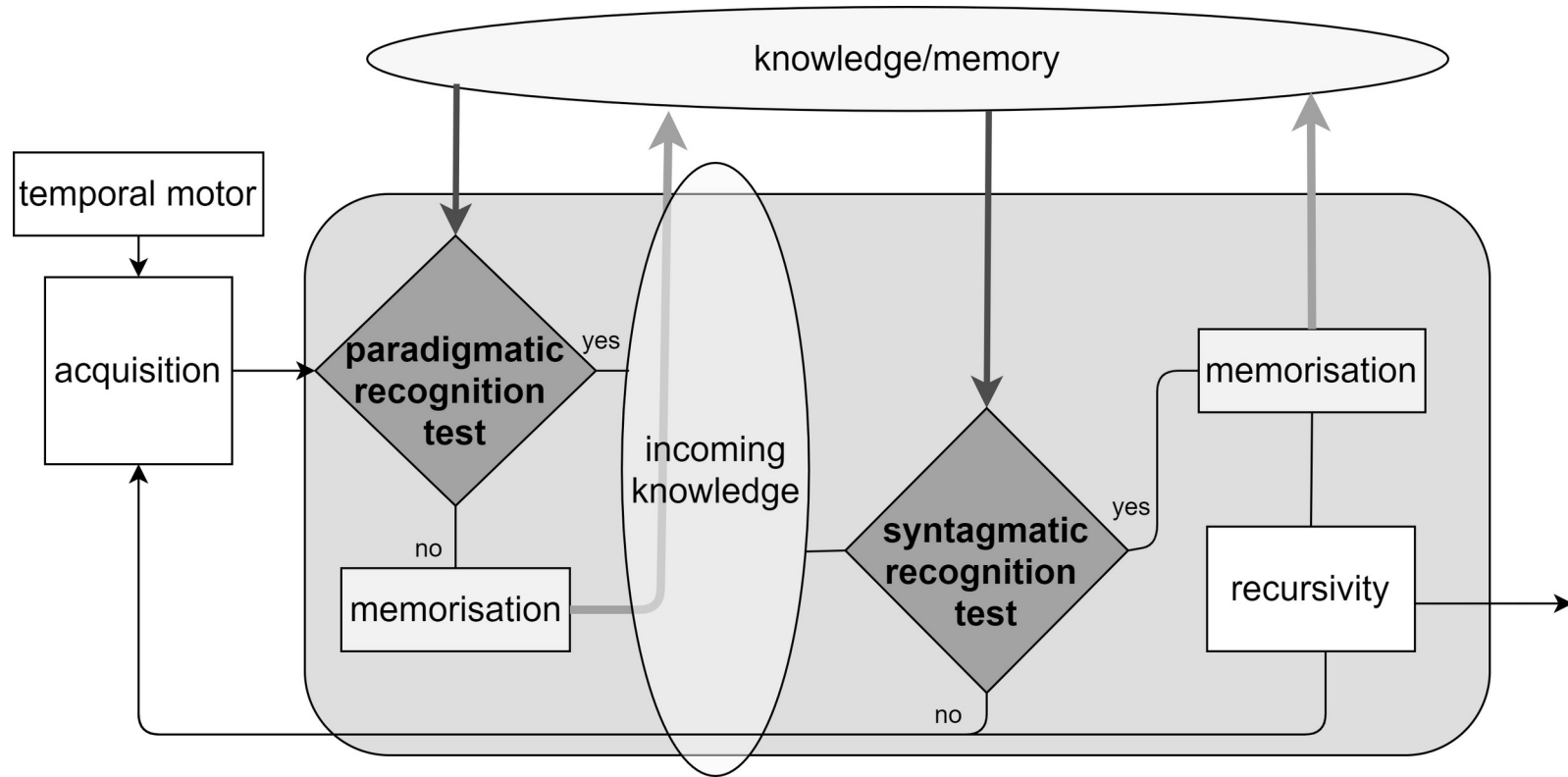
Ottolaske.com

- Laske, O.E. *Music, Memory and Thought, explorations in Cognitive Musicology*. University Microfilms, International, Ann Arbor (MI), 1977.
- Levy, F. *Le compositeur, son oreille et ses machines à écrire, Déconstruire les grammalogies du musical pour mieux les composer*, Vrin, 2014

Présentation de l'algorithme cognitif

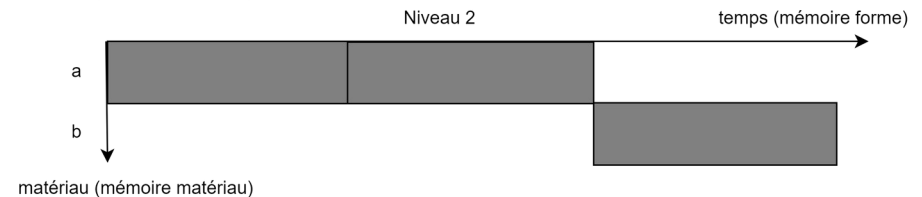
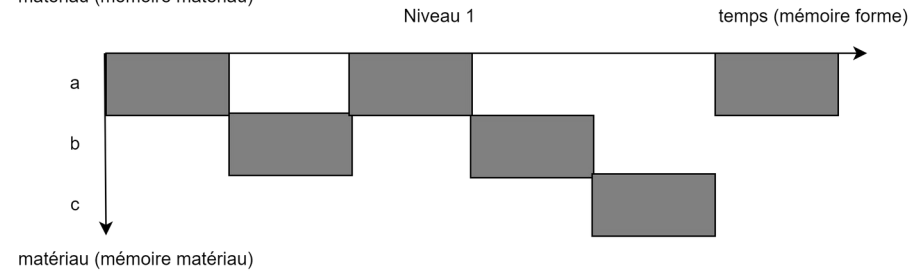
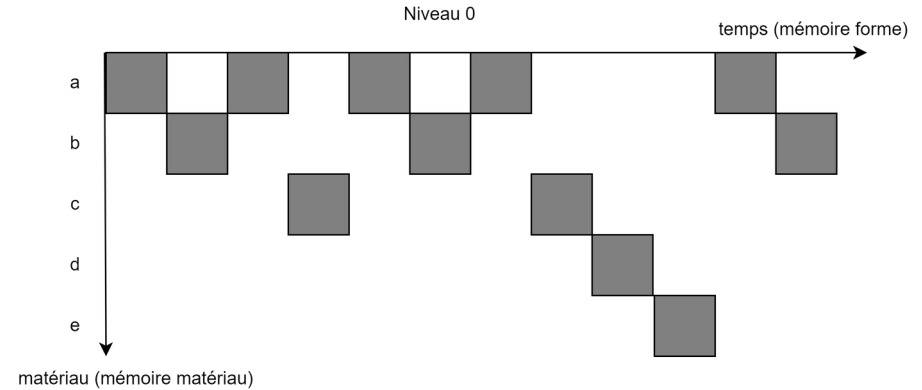
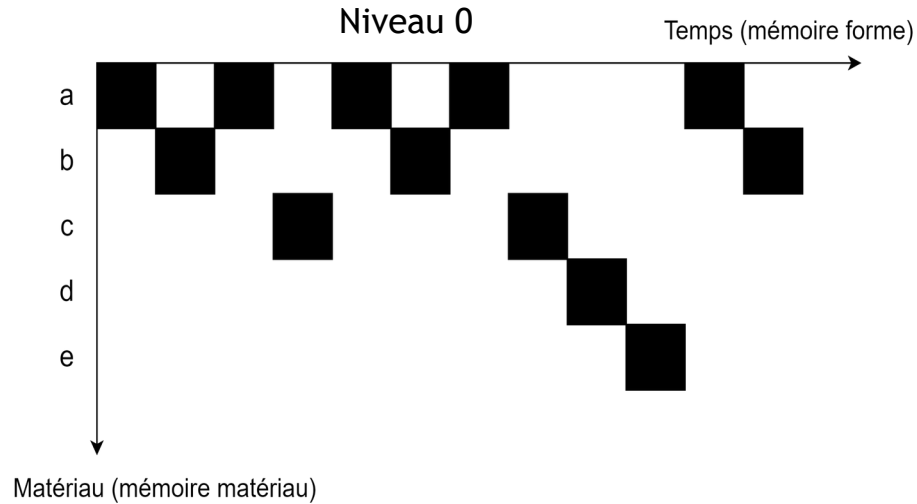


Algorithme cognitif



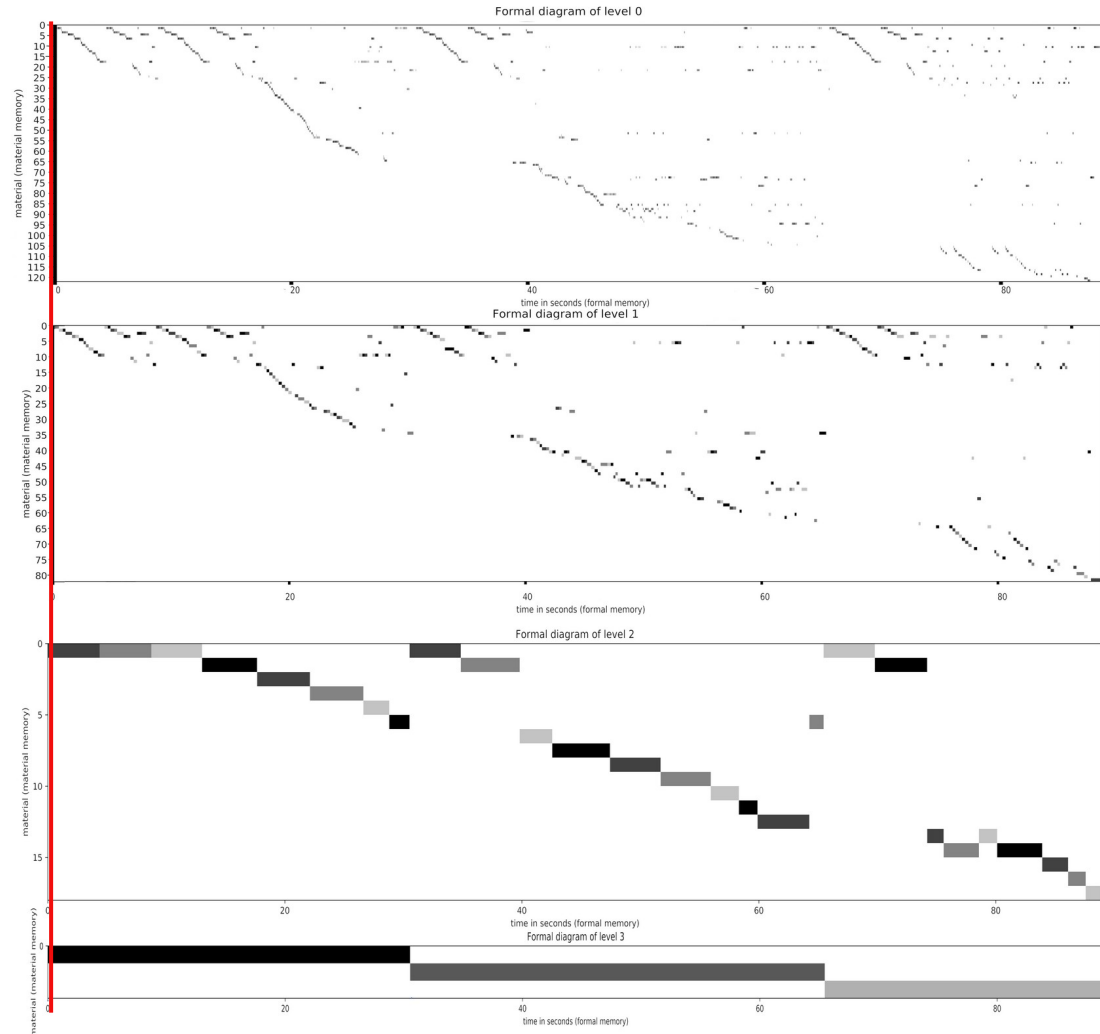
Présentation du diagramme formel

Diagramme Formel de niveau 0 de la musique associée à la séquence d'objets encodés « abacabacdeab »

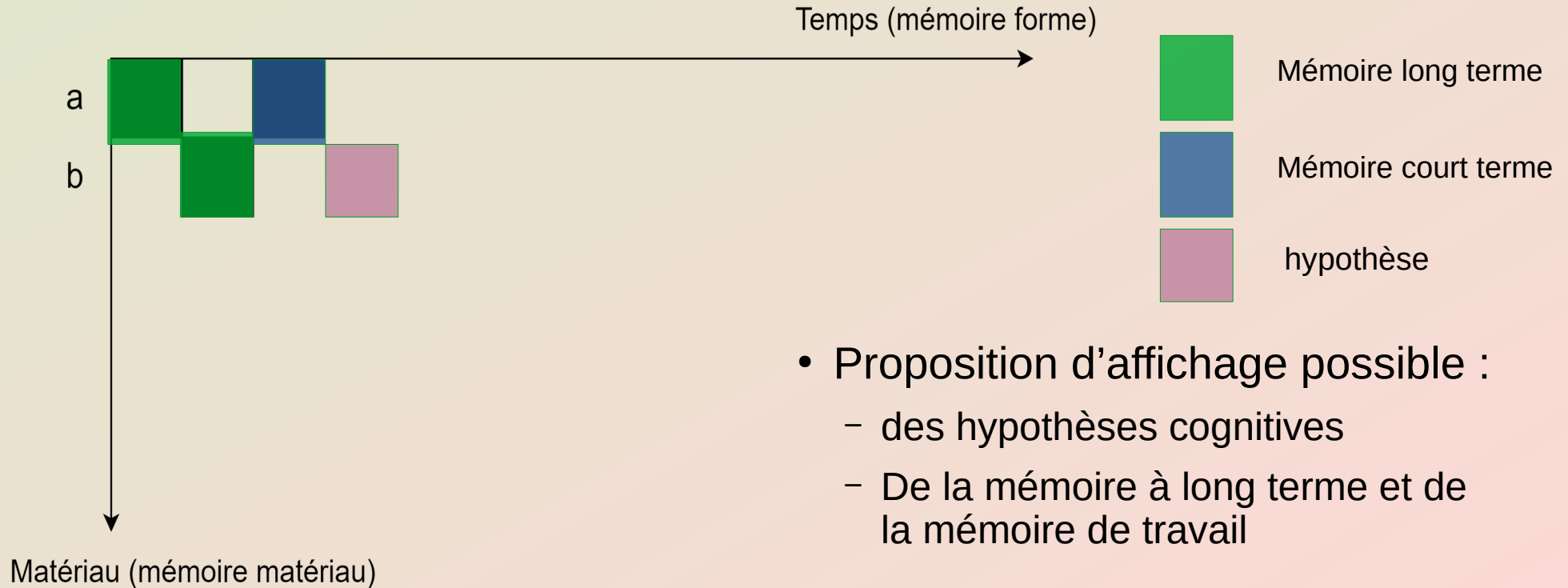


Diagrammes Formels hiérarchisés de la musique associée à la séquence d'objets encodés « abacabacdeab »

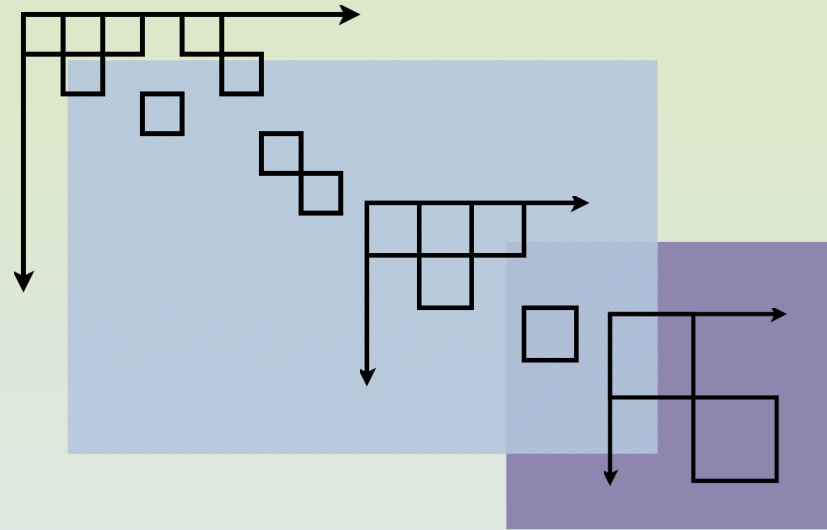
Diagrammes Formels du rondo de la sonate n° 16 K545 de Wolfgang Amadeus Mozart



Phénomènes d'attention



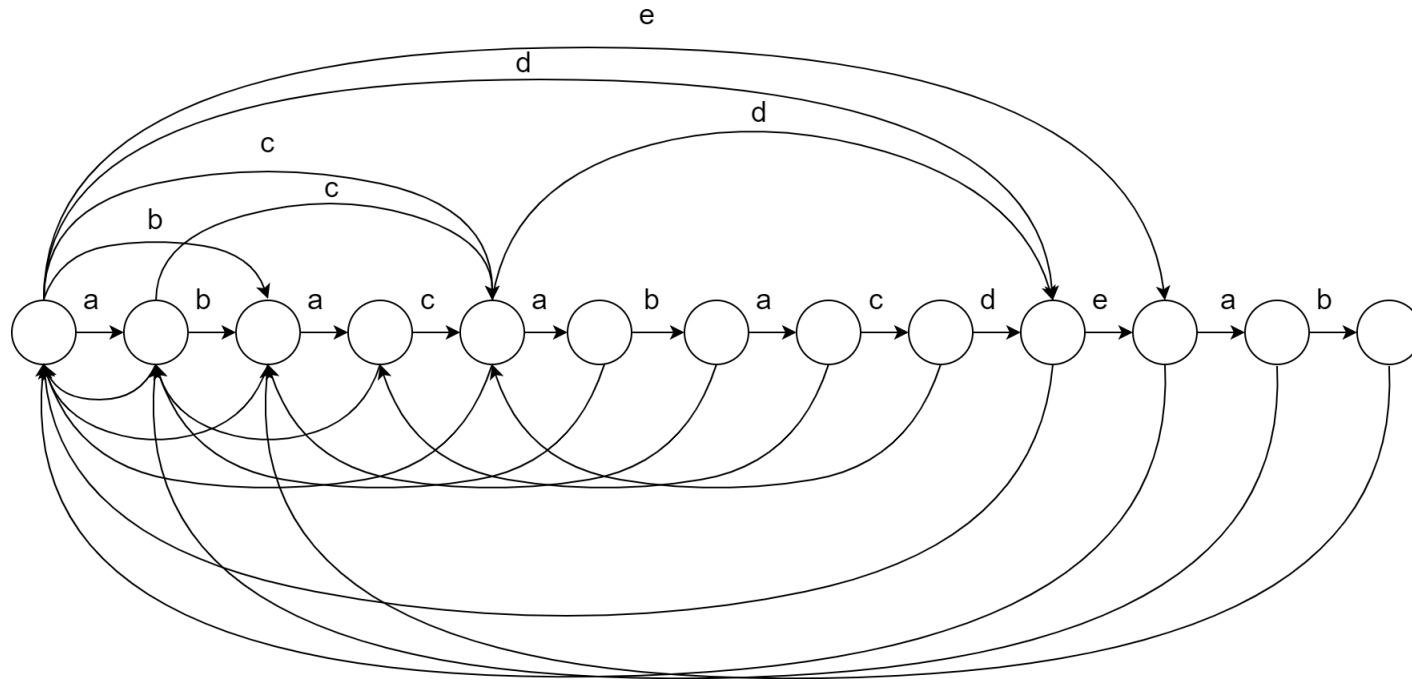
MONITORING



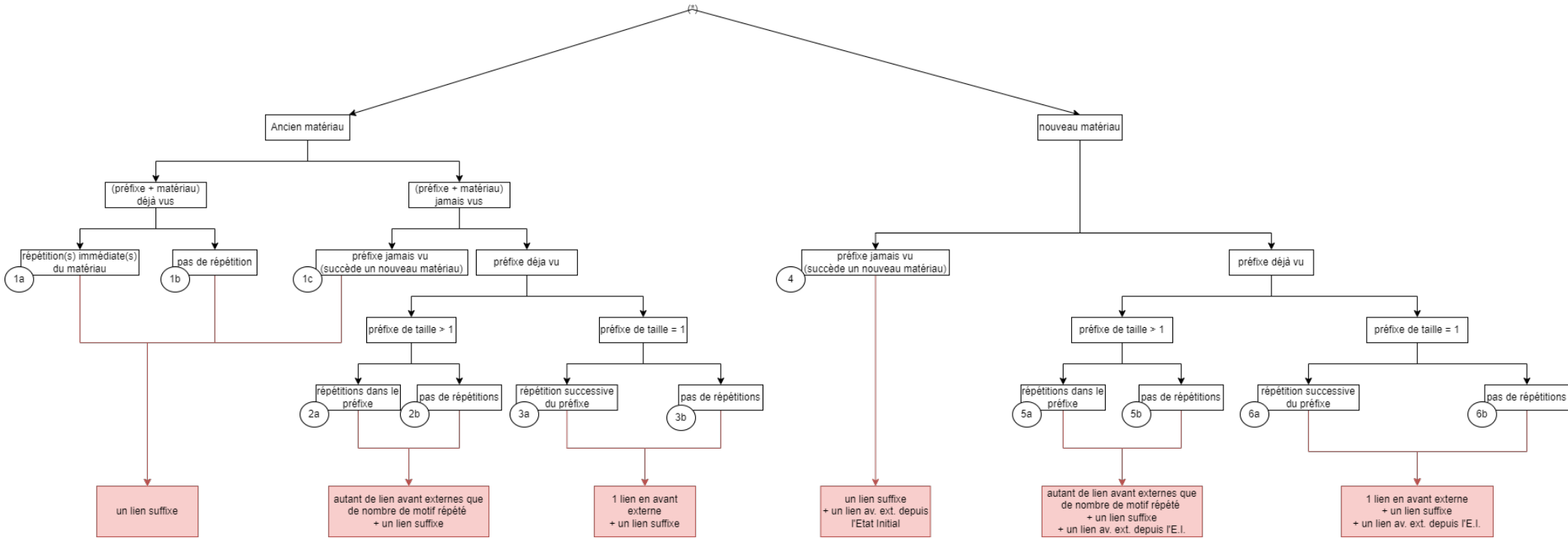
Objectifs

- Utiliser la complexité pour évaluer la pertinence des segmentations
- Comprendre la charge cognitive liée à l'écoute musicale
- Comparer les coûts computationnels entre différentes œuvres musicales

Oracle



Arbre des coûts théoriques de l'oracle



Coûts computationnels dans l'oracle

- Calcul de coûts, entre autres :

- Initialisation des structures
- Nombre de comparaisons
- Ajout de liens (internes/externes)
- Choix du suffixe
- Création/mise à jour de matériau

Calcul théorique

Selon le type d'oracle

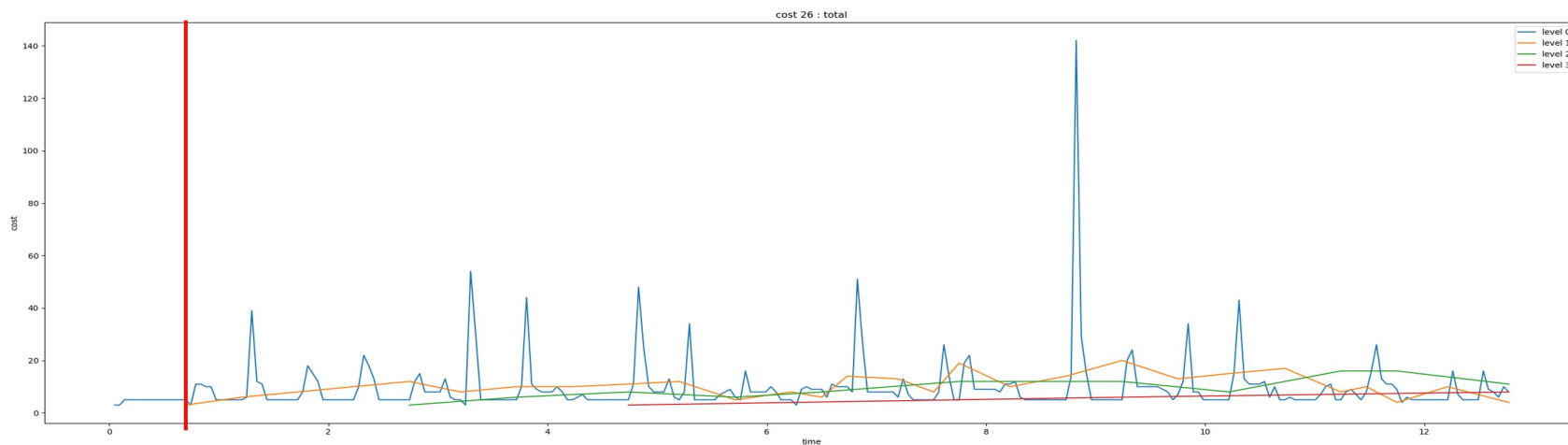
Pour la comparaison au représentant

...

→ Somme diverses de ces différents coûts

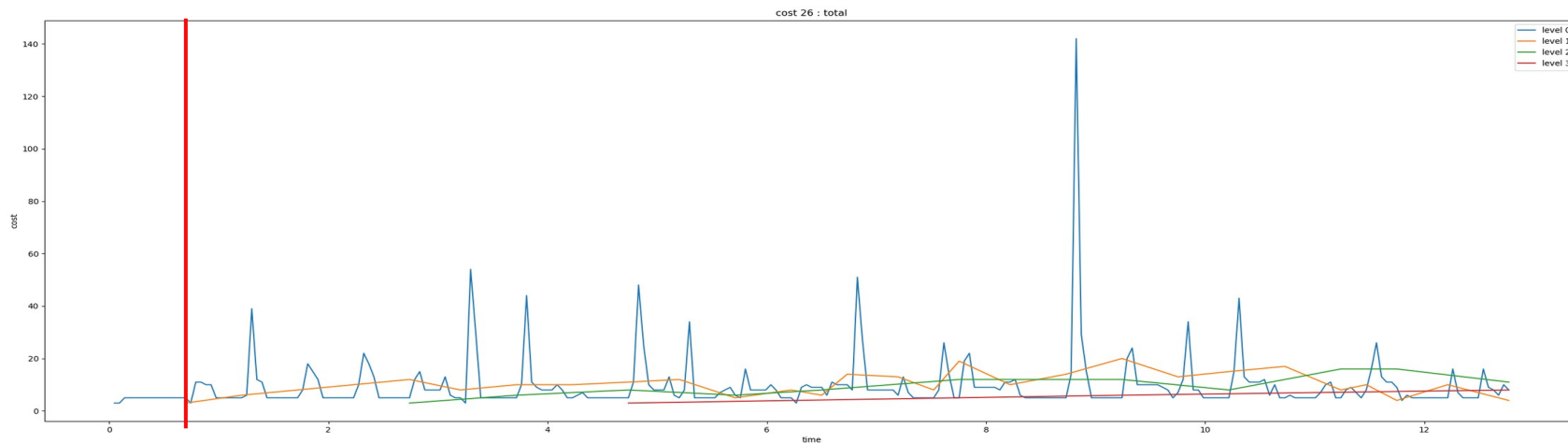
Coûts computationnels dans l'oracle

Quelques exemples : Geisslerlied



Coûts computationnels dans l'oracle

Quelques exemples : Geisslerlied

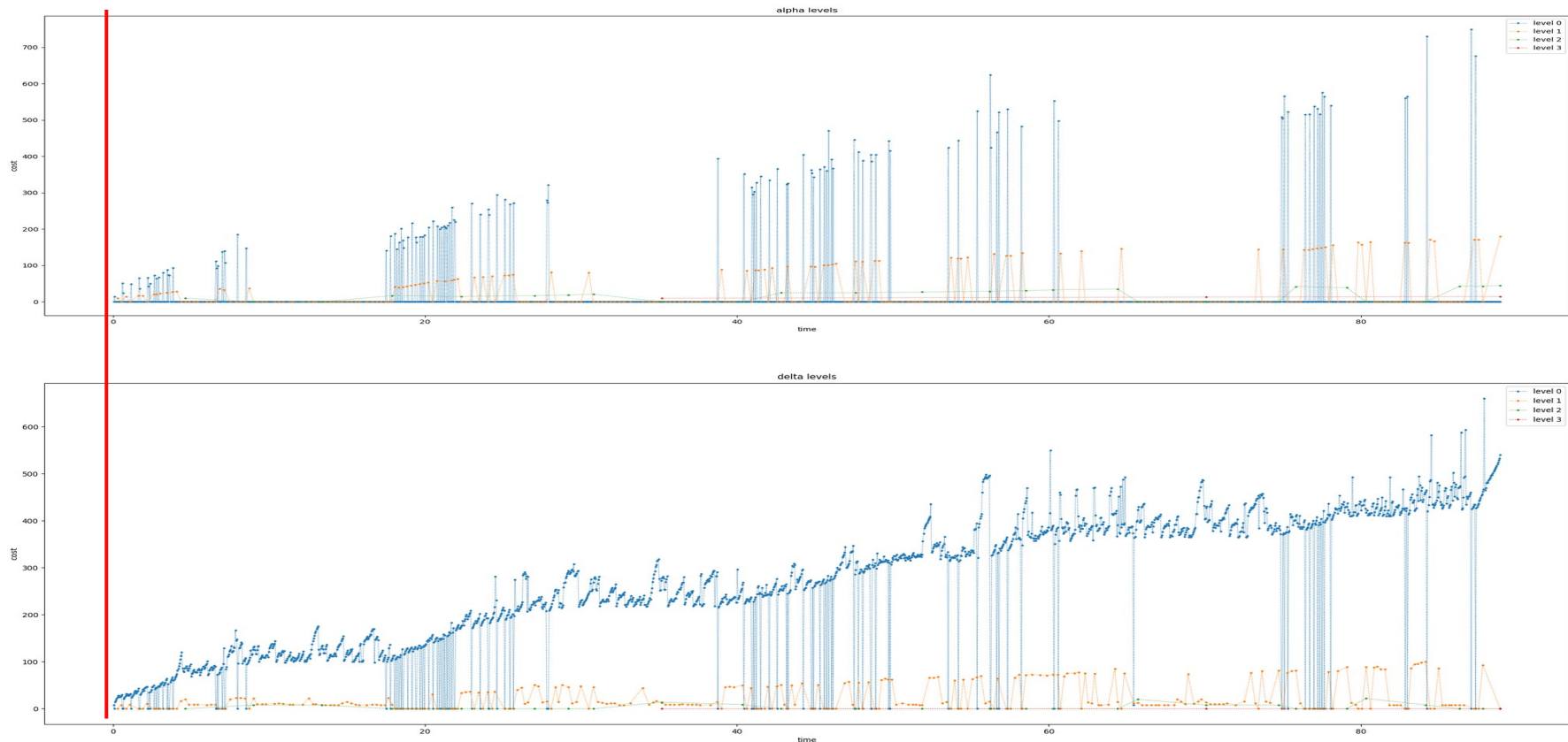


Coûts généraux

- Segmentation (beta)
- Ajout d'un nouveau niveau (λ)
- Ajout d'un objet correspondant à un nouveau matériau (alpha)
- Ajout d'un objet correspondant à un matériau existant (delta)

Coûts computationnels

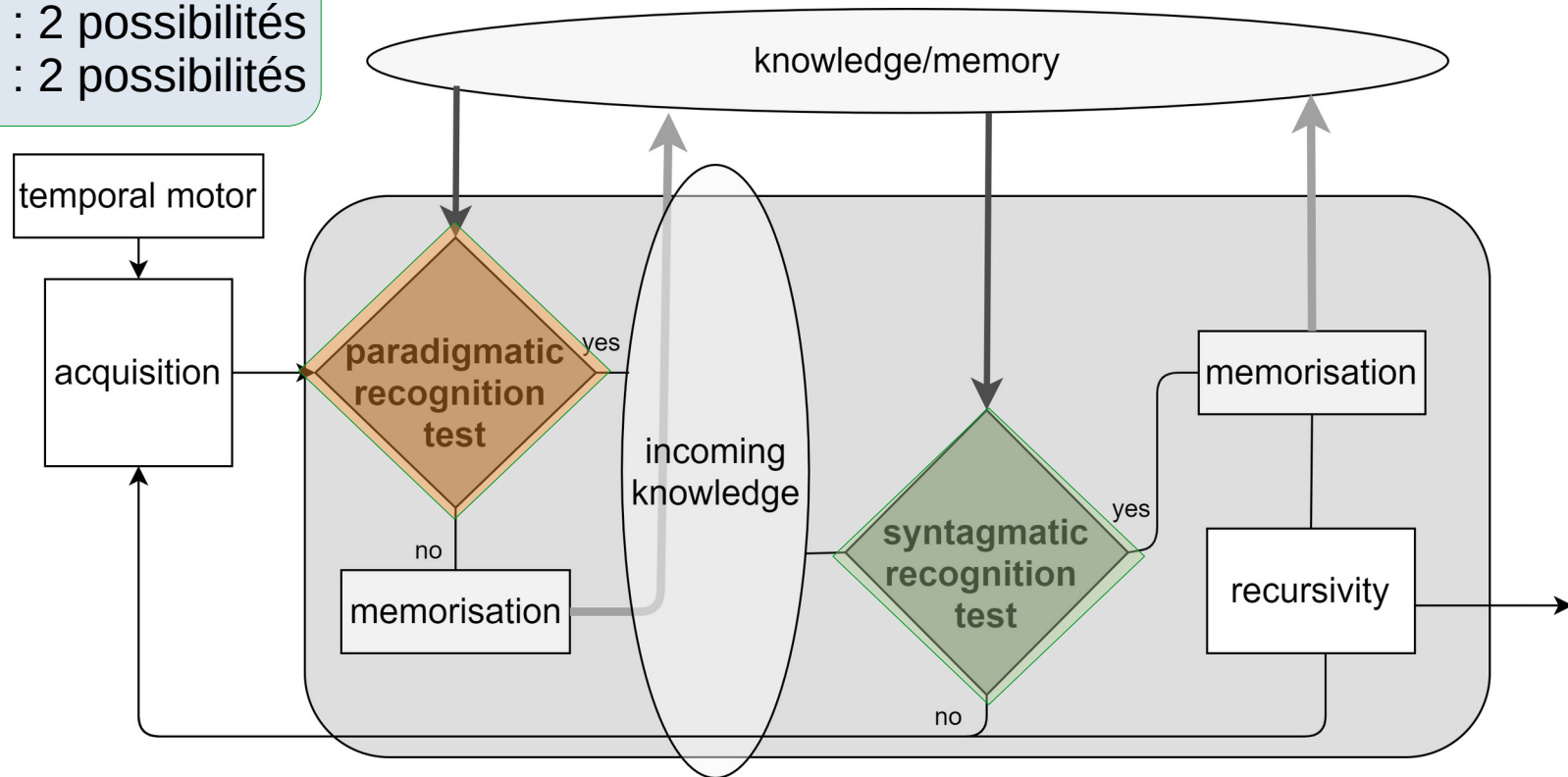
Quelques exemples : Mozart



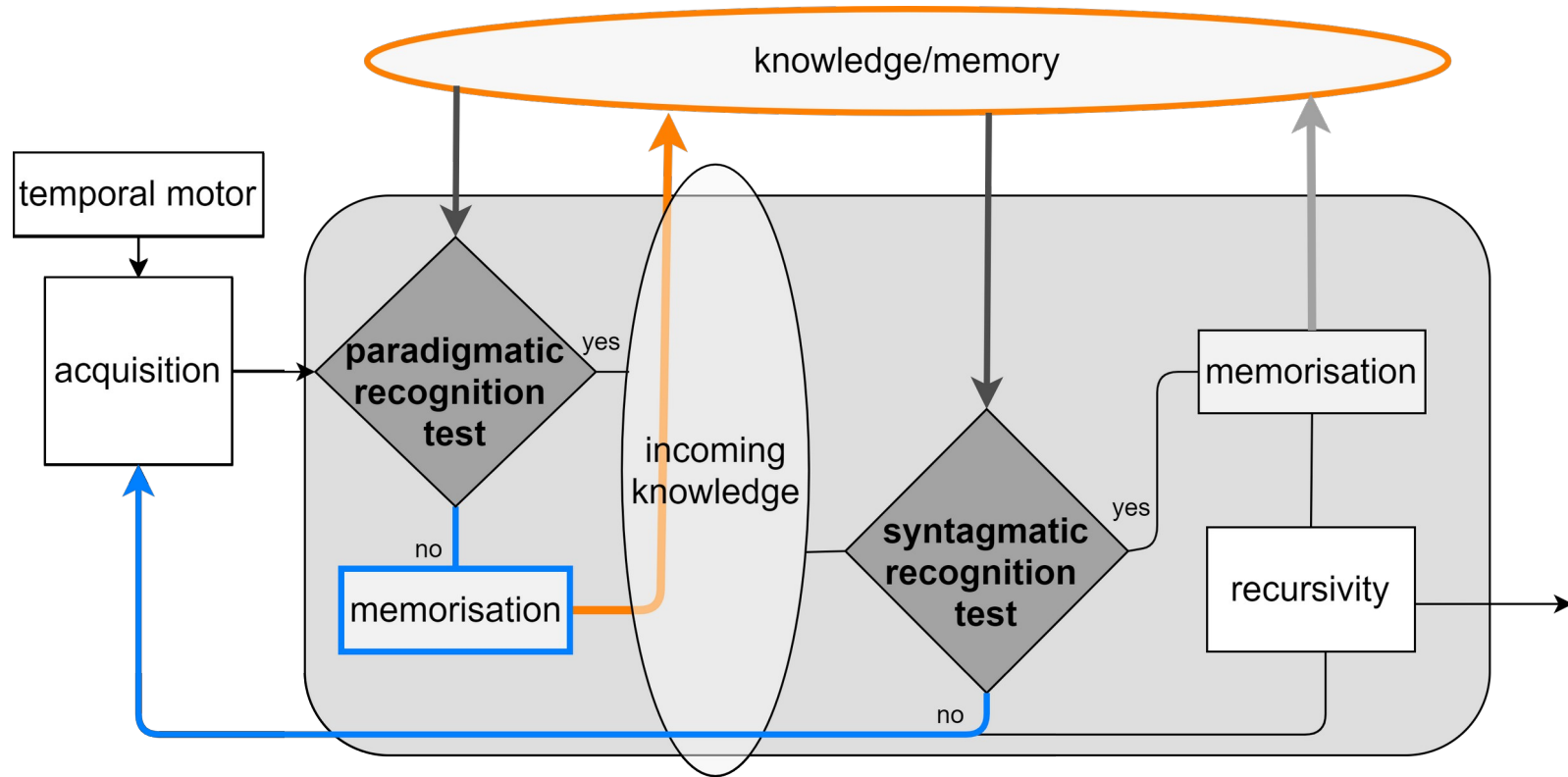
Phases cognitives

4 phases cognitives

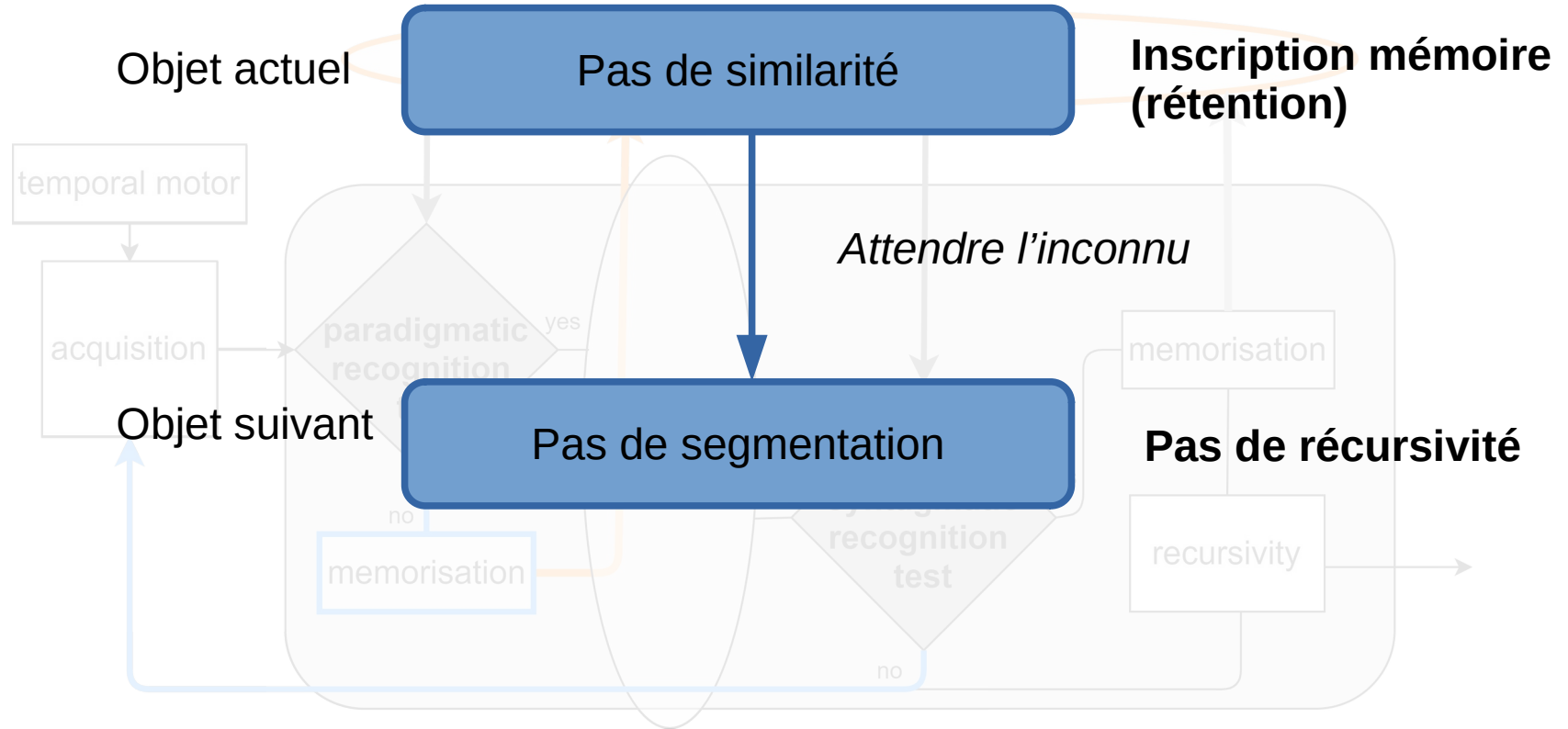
- Test 1 : 2 possibilités
- Test 2 : 2 possibilités



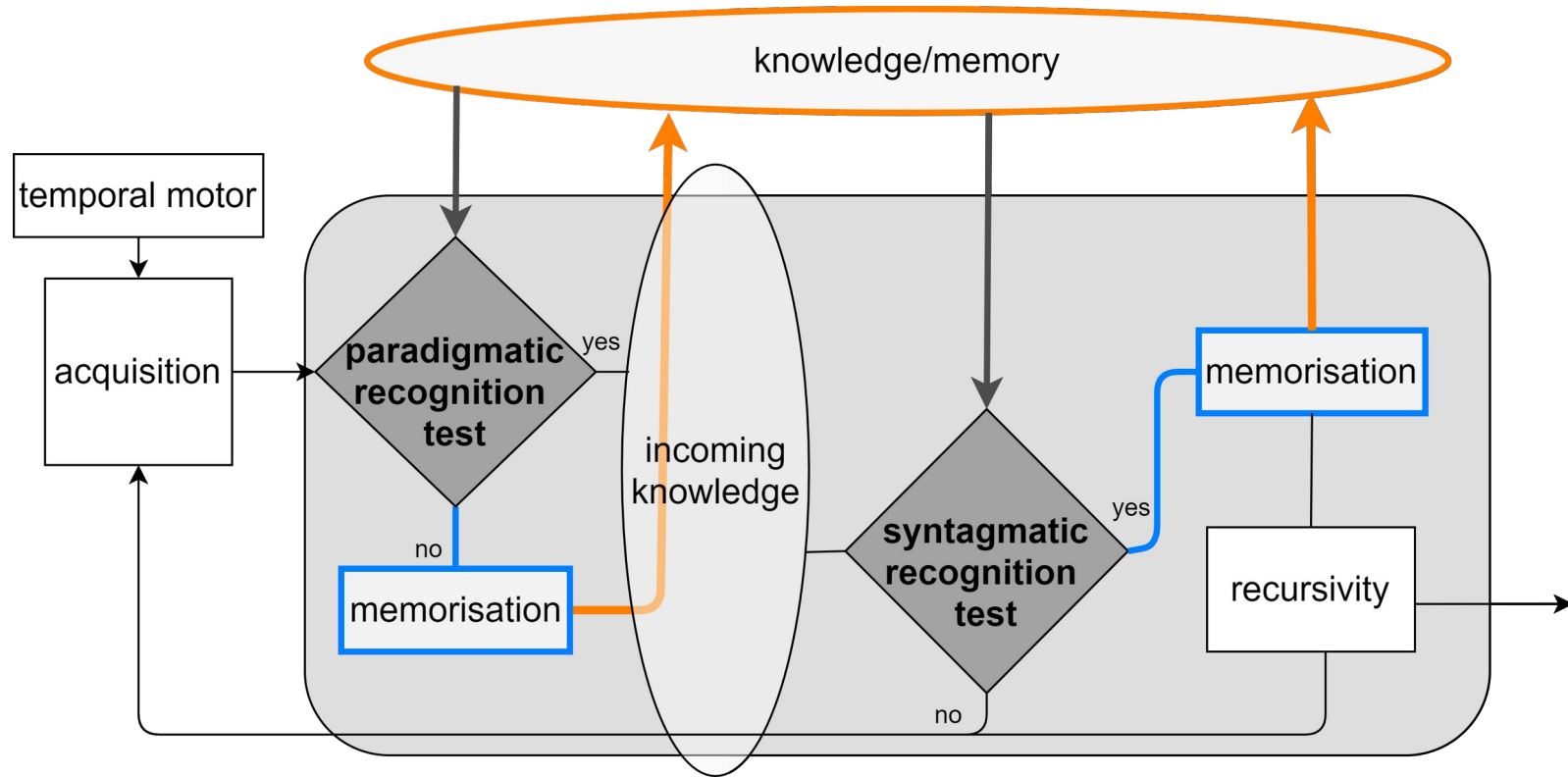
Phase cognitive 1



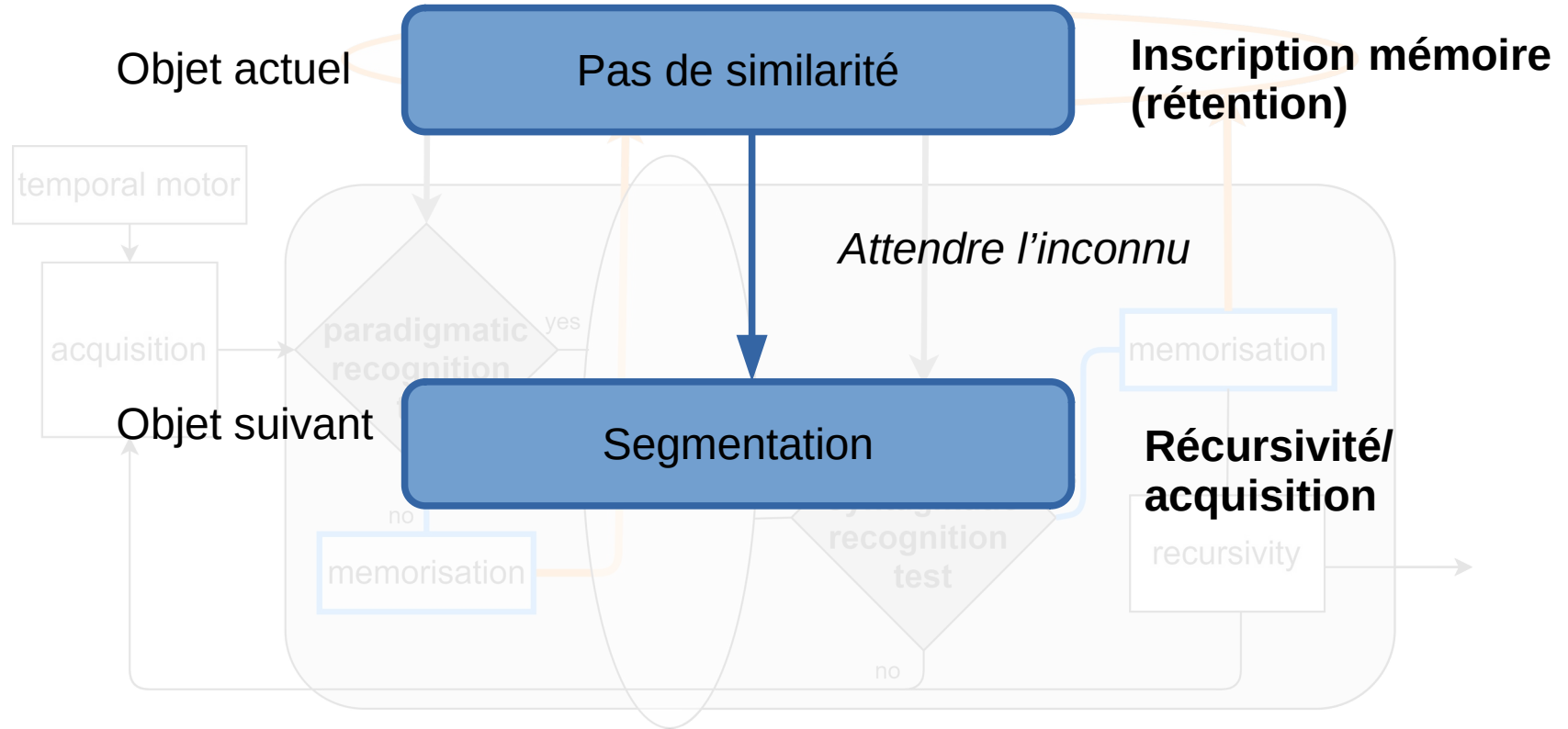
Phase cognitive 1



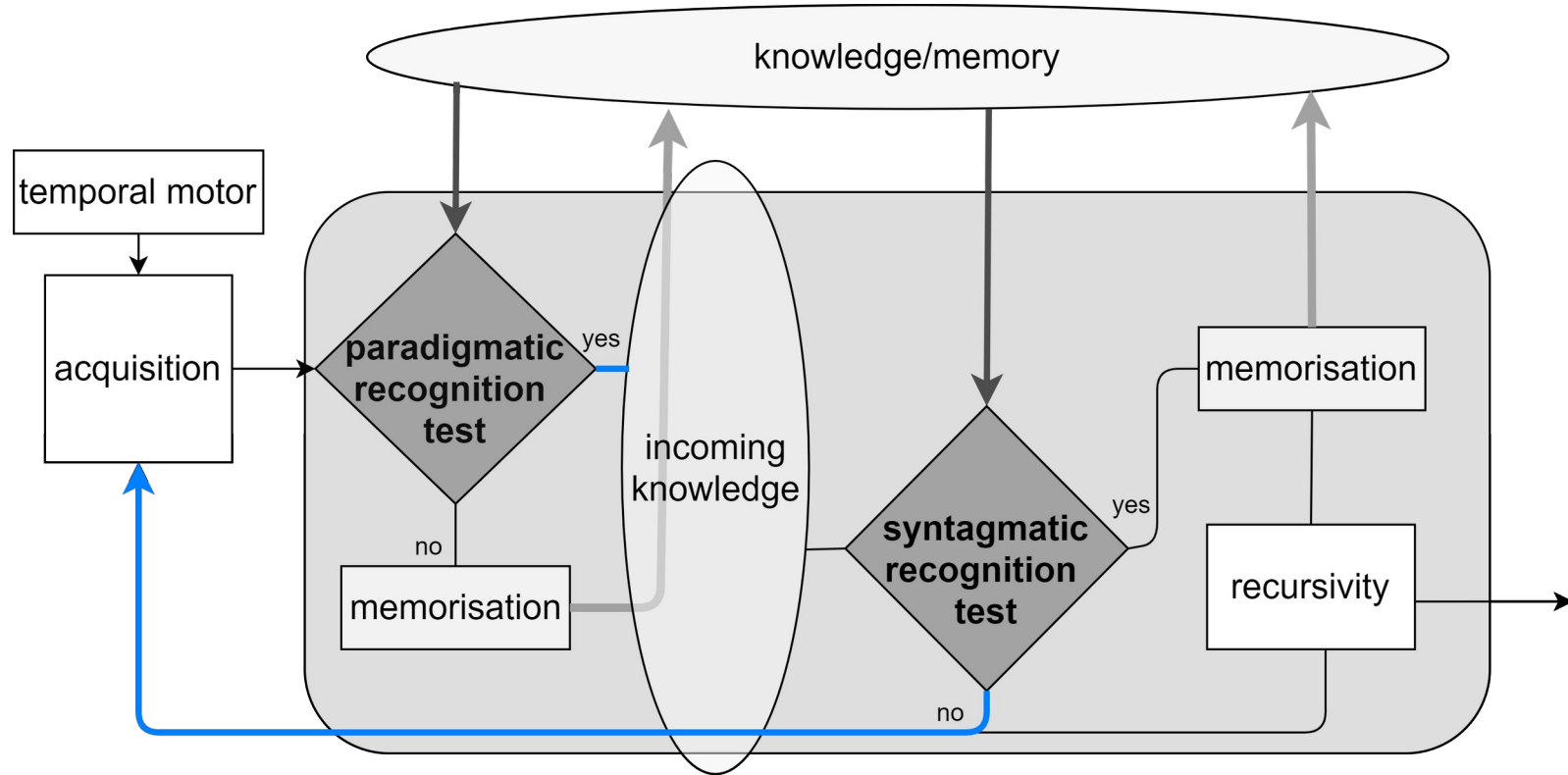
Phase cognitive 2



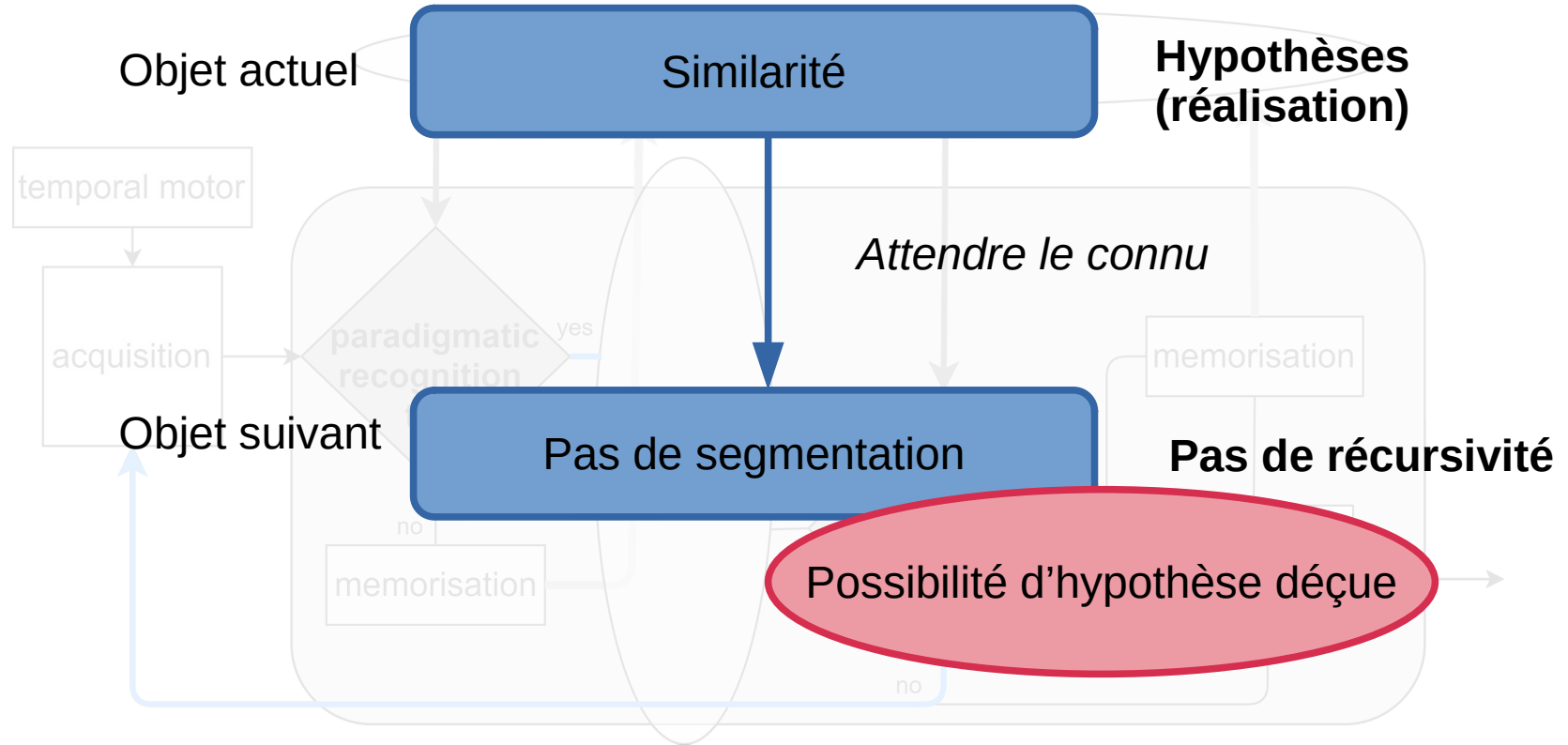
Phase cognitive 2



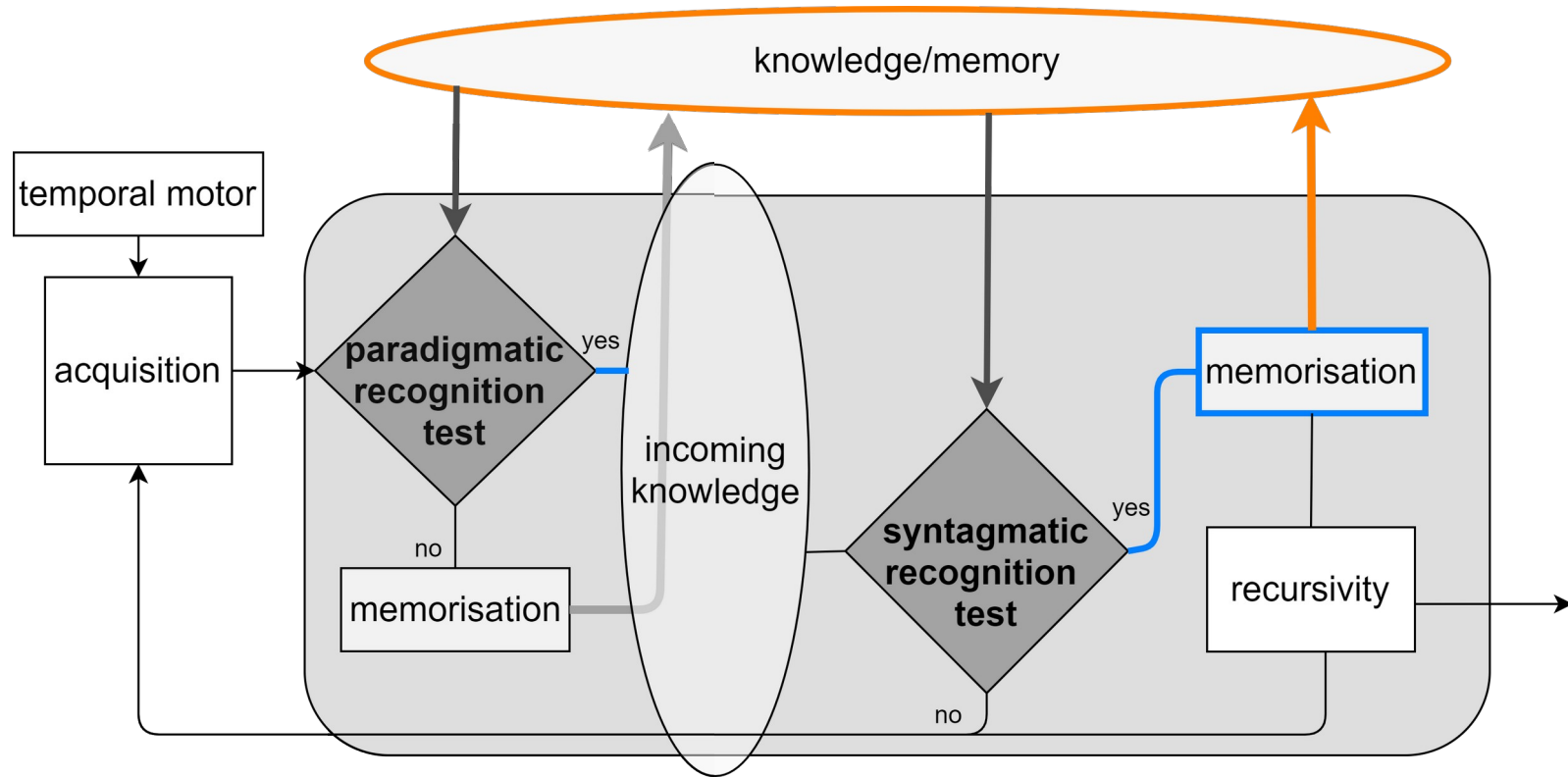
Phase cognitive 3



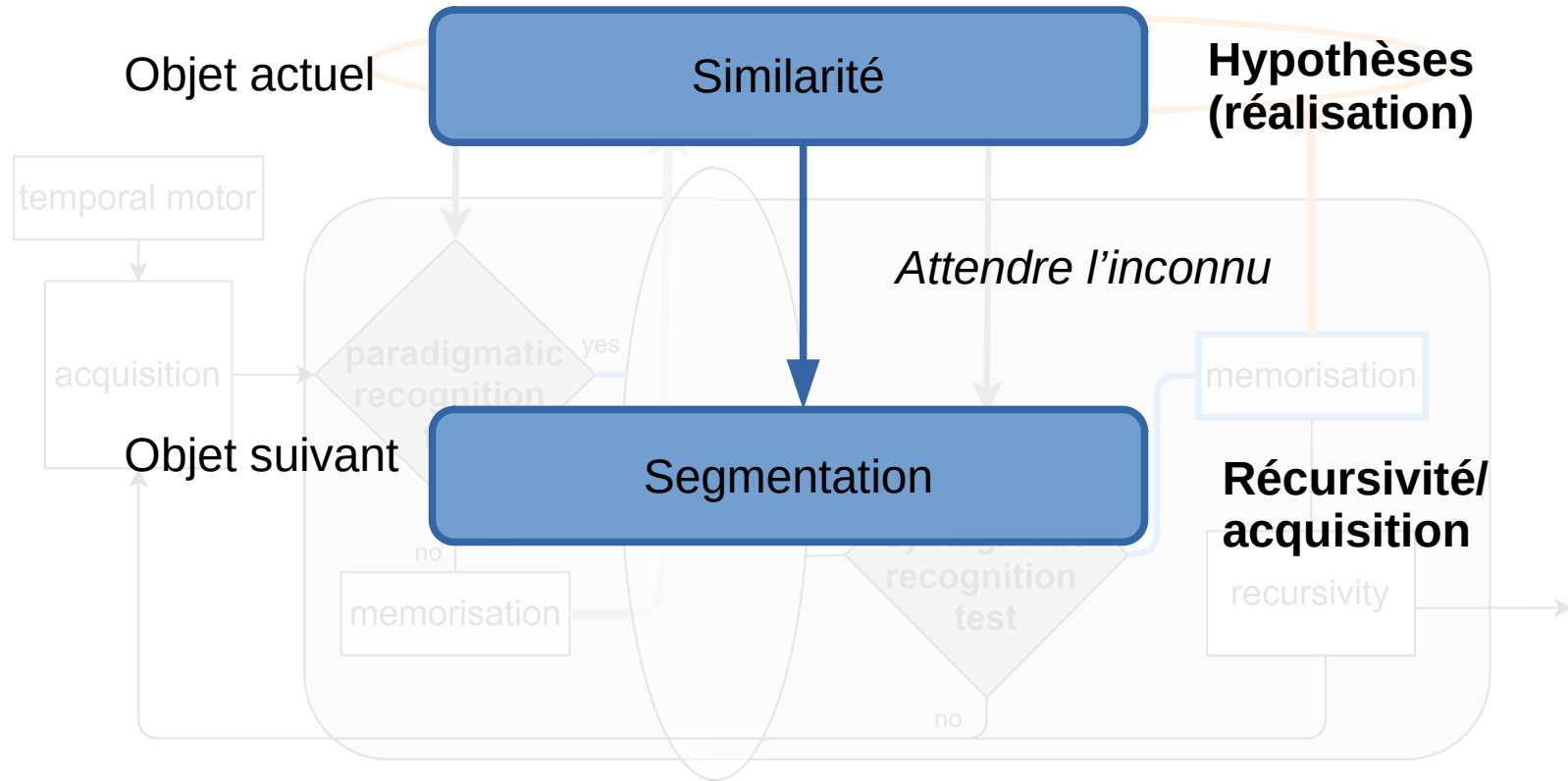
Phase cognitive 3



Phase cognitive 4

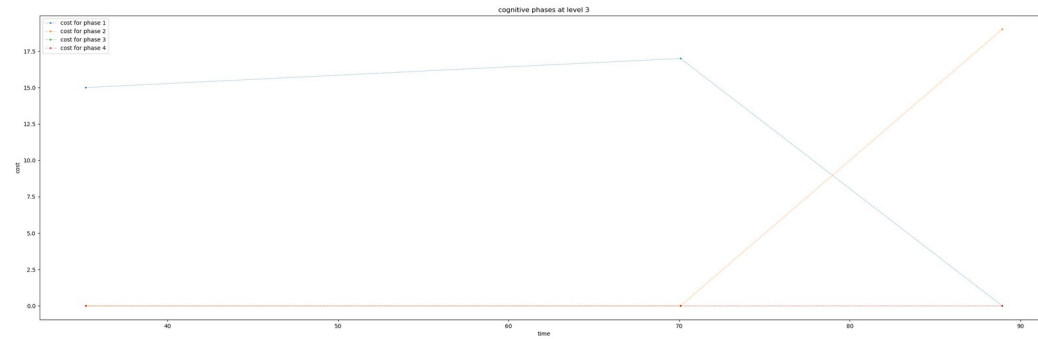
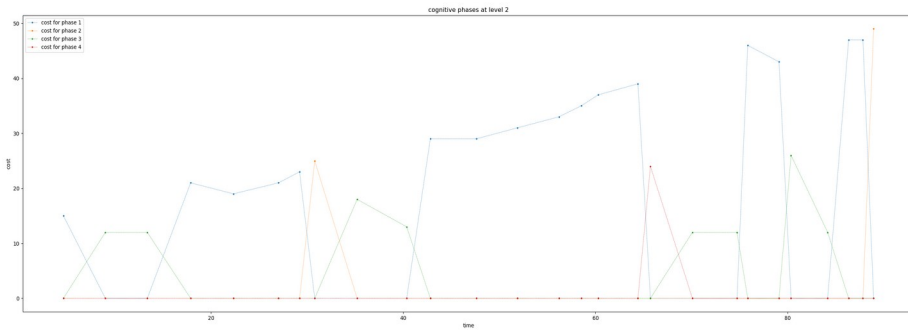
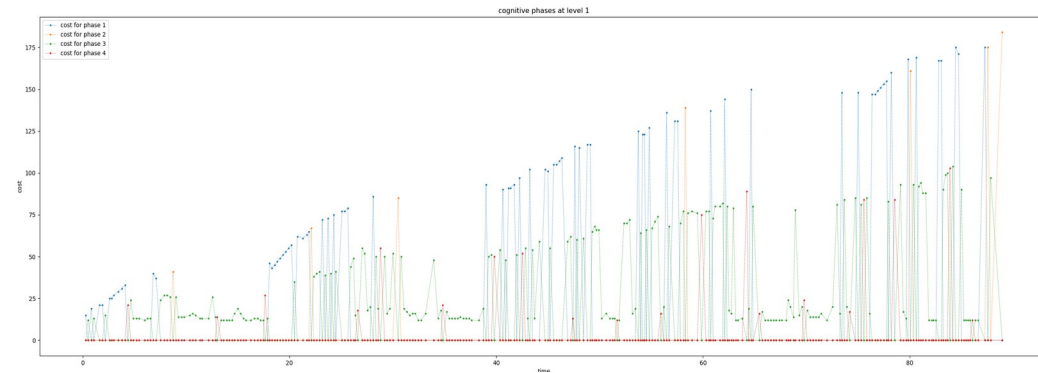
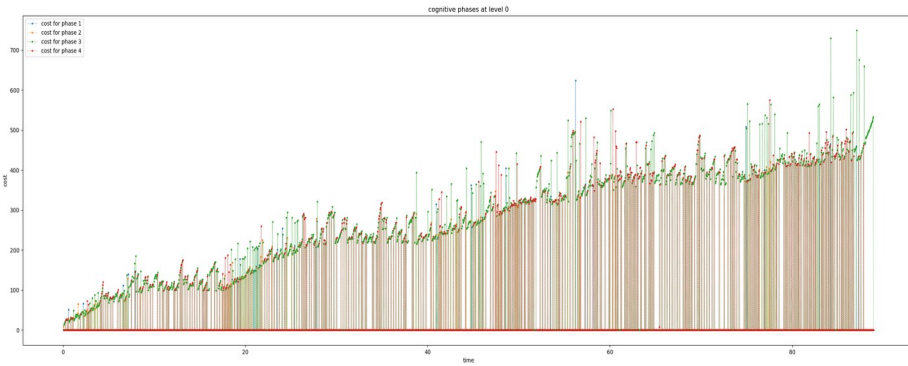


Phase cognitive 4

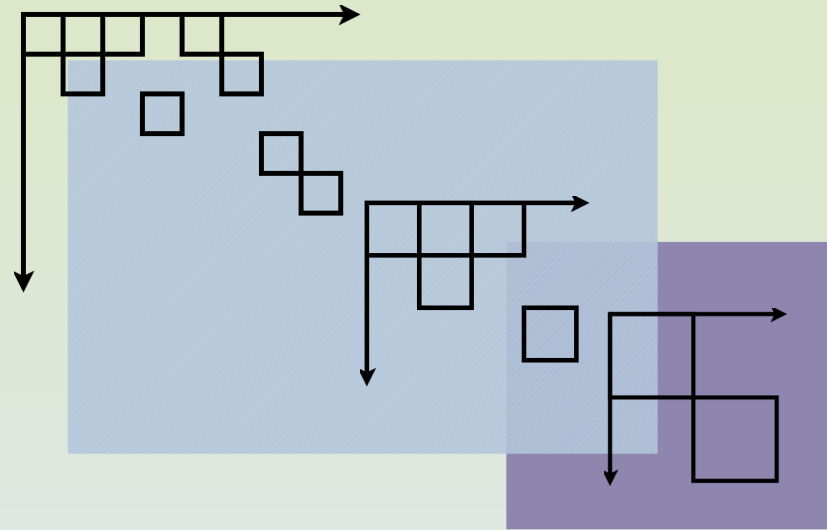


Coûts et phases cognitives

Quelques exemples : Mozart



Étude sur la charge cognitive



Présentation de l'expérience

Étude double tâche

- première tâche : écoute active avec annotation des fin de phrases et fin de section
- deuxième tâche : reproduction de séquence de caractères « X » et « O »
- + questionnaire NASA-TLX pour la charge cognitive
- + un questionnaire sur le profil de l'utilisateur

→ Anastazja Adamczyk, étudiante Master 1 Sciences Cognitives à l'Université de Bordeaux

Implémentation de l'interface

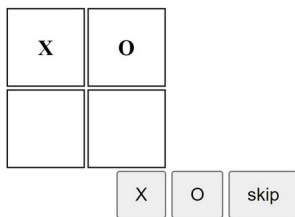
Niveau 1/9 Lancez la lecture ci-dessous, puis complétez autant de séquences que possible et séquencez de manière intuitive le morceau en phrases et en sections. <table border="1"><tr><td>O</td><td>O</td><td>X</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> X O Copied sequences : 0 Latest copy time : 0.00	O	O	X				T Phrase G Section ->
O	O	X					

→ Asia Auville, étudiante 1ère année (L3) informatique à l'ENSEIRB-Matmeca

M. Poret, S. Ibarboure, M. Robine, E. Duc, N. Couture, M. Desainte-Catherine, and C. Semal, *Sonification for 3d printing process monitoring*, in Proceedings of the 2021 International Computer Music Conference (ICMC 2021), Santiago, Chile, 2021.

Tâches à effectuer

- Reproduction de séquences de caractères (« X » et « O »)
 - Avec la souris
 - Cliquer successivement sur la case « X » ou « O »
 - Séquences **bleues** : « skip »
- Segmentation à l'écoute
 - Avec le clavier
 - Touche 'T' pour fin de phrase
 - Touche 'G' pour fin de section



Phrase



Section

Des définitions de **phrases** et de **sections**
sont présentées en début d'expérience

Définitions

Quelques définitions:

On appelle une unité un élément de quelques secondes qui est reconnaissable à l'échelle macroscopique. Il s'agit par exemple d'un motif ou d'une carrure. En linguistique, différentes unités seraient séparées par des virgules.

unité a



- Une phrase musicale est une idée conclusive.

Elle est constituée de plusieurs unités et à l'image d'une phrase linguistique, elle contient potentiellement plusieurs virgules et se conclue par un point.

phrase A



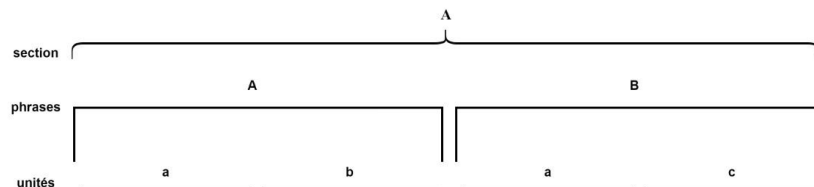
unités a b

Définitions qui peuvent être remises en question mais nécessaires (de s'y tenir) pour le protocole.

- Une section musicale est un ensemble de phrases.

Equivalente à une strophe en poésie, elle est comme une histoire.

Un changement de section induit un changement d'ambiance.



Vous indiquerez les fins de phrases musicales et de sections musicales. Essayez de suivre vos intuitions en distinguant les deux.

Des définitions de **phrases** et de **sections** sont présentées en début d'expérience

Déroulement de l'expérience

- Explications
- Phase de entraînement :
 - 1min XO sur silence
 - 1 morceau segmentation seule
 - 1 morceau segmentation seule OU segmentation + XO

des propositions de segmentation sont fournies après chacun des deux exemples
- Phase expérimentale
 - 4min XO sur silence
 - 3 morceaux segmentation seule
 - 9 morceaux segmentation seule OU segmentation + XO
- Questionnaire final

Après chaque entraînement ou niveau :
1 questionnaire NASA/TLX

Cliquez sur chaque échelle au point qui indique le mieux votre expérience de la tâche.

Exigence Mentale

Faible Élevée

Dans quelle mesure des opérations mentales et perceptives ont-elles été requises (par exemple, penser, décider, calculer, se rappeler, regarder, chercher, etc.)? Ont-elles conduit à une tâche plutôt facile ou difficile, simple ou complexe, abordable ou exigeante?

Exigence Physique

Faible Elevée

Dans quelle mesure des opérations physiques ont été requises (par exemple, pousser, tirer, tourner, contrôler, activer, etc.)? Ont-elles conduit à une tâche plutôt facile ou difficile, lente ou rapide, détendue ou intense, reposante ou pénible?

Exigence Temporelle

Exigence Temporelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frequency	1	2	3	4	5	4	3	2	1	1

Faible Elevée

A combien estimez-vous la pression temporelle que vous avez ressentie, que ce soit à cause du rythme ou de la cadence de la tâche en elle-même ou des éléments de la tâche ? La cadence était-elle lente et tranquille ou rapide et frénétique ?

Performance

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ElevéeFaible

Dans quelle mesure pensez-vous avoir réussi à accomplir les objectifs de la tâche fixés par l'expérimentateur? Dans quelle mesure êtes-vous satisfait de votre performance en ayant accompli ces buts ?

Quel a été l'effort à fournir (mentalement et physiquement) sur la tâche pour obtenir votre niveau de performance?

Frustration

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

FaibleElevée

Au cours de la tâche, avez-vous ressenti d'avantage d'insécurité, de découragement, d'irritation et de stress, ou d'avantage de sécurité, gratification, satisfaction et décontraction?

Continue >>

Cliquez sur le facteur qui contribue le plus à la charge de travail pour cette tâche.

Performance

Dans quelle mesure pensez-vous avoir réussi à accomplir les objectifs de la tâche fixés par l'expérimentateur? Dans quelle mesure êtes-vous satisfait de votre performance en ayant accompli ces buts?

OF

Exigence Mentale

Dans quelle mesure des opérations mentales et perceptives ont-elles été requises (par exemple, penser, décider, calculer, se rappeler, regarder, chercher, etc.)? Ont-elles conduit à une tâche plutôt facile ou difficile, simple ou complexe, abordable ou exigeante?

Avez-vous déjà entendu le morceau que vous venez d'écouter ?

Oui

Non

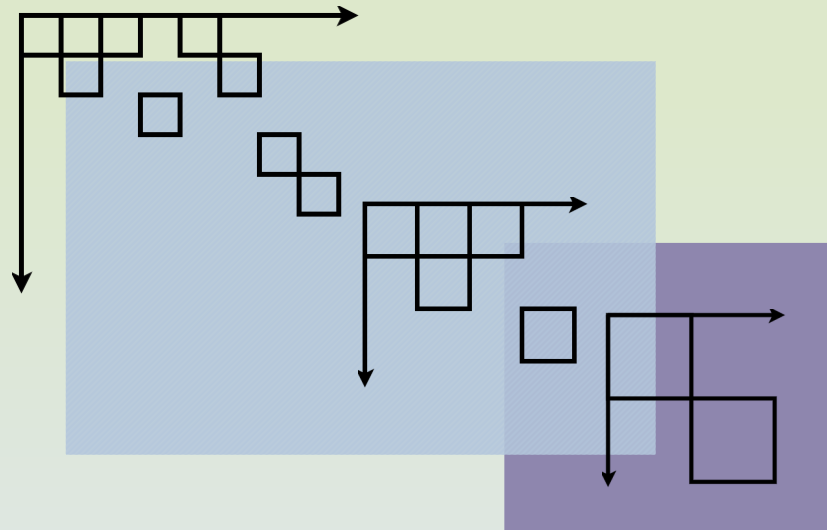
Après chaque entraînement ou niveau :
1 questionnaire NASA/TLX

**L'échelle de la Performance est inversée :
+ à droite implique – bonne performance**

Déroulement de l'expérience

- 12 œuvres musicales
 - Époques et difficulté de segmentation variable (cela peut être très difficile, c'est normal)
 - Idéalement non connues de l'auditeur
- Vous pouvez poser des questions pendant la phase d'entraînement
- Vous ne devez pas faire de pause au milieu d'une œuvre musicale
- Vous pouvez prendre des petites pauses après avoir répondu au(x) questionnaire(s) NASA/TLX
- Si l'exercice est trop difficile, se concentrer sur la tâche de segmentation

Analyses



Corpus d'étude

Niveau 1

G.Ligeti : Études pour piano no.16 "Pour Irina"

Adam de Saint Victor : Séquence "Jubilemus Salvatori" XIIe siècle. (Durée 3:11 min.)

L.V.Beethoven : 7 Bagatelles pour piano op.33 no.1, "Andante grazioso quasi allegretto"

A.Vivaldi : *Concerto pour deux violons en la majeur* RV:552, 2^{ém} mouvement "Larghetto"

Niveau 2

R.Schumann : *Kanonische Etude for Pedalfügel* op.56 no.2

J.Brahms : 4 *Klavierstücke* pour piano op.119 no.1 "Intermezzo" en si mineur

G.Ligeti : *Sonate pour violoncelle*, 1^{er} mouvement "Dialogo" - *Adagio, rubato, cantabile*

H.Partch : *Two Studies in Ancient Greek Scales*

Niveau 3

J.N.Hummel : 6 *Bagatelles* pour piano op.107 no.4 "Rondo all'Ungherese"

I.Stravinsky : *Trois pièces pour quatuor à cordes* no.3

M.Levinas : *Froissements d'ailes* pour flûte solo

A.Clyne : *Danse II "...If you've torn the bandage off"*

Complexité musicale :

quantité d'information dans l'œuvre musicale décrite en tant qu'entropie. Parmi ses composants principaux, les figures rythmiques, les schémas harmoniques, le nombre d'instrument, le nombre de voix...

On a défini le corpus selon 3 niveaux de complexité subjectifs.

Choix du corpus et segmentations de références par Elia Bichoy, doctorant en Musicologie au sein de l'IREMus, Sorbonne-Université

Proposition : méthode des juges
Pour valider objectivement la classification

Hypothèses

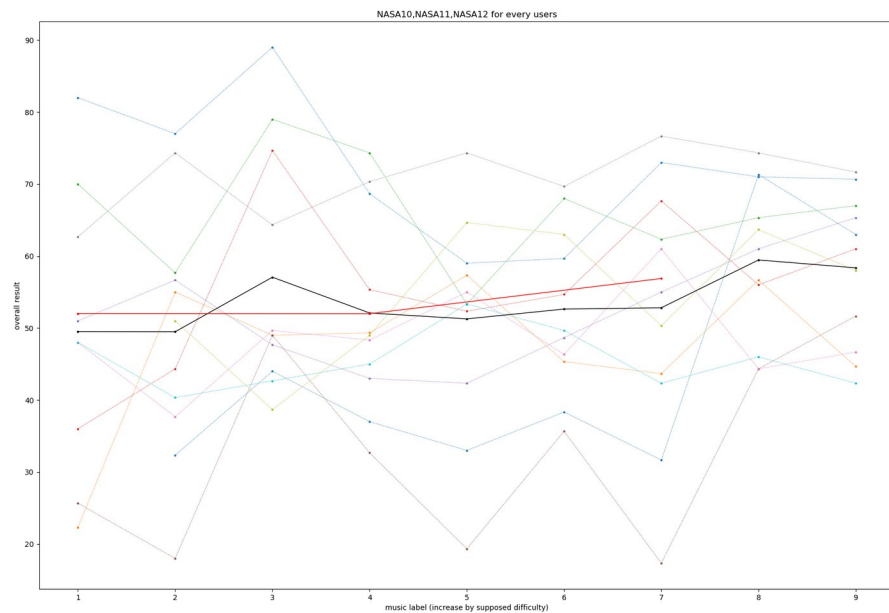
- La charge cognitive moyenne associée à la segmentation lors de l'écoute active augmente avec la complexité de l'œuvre
- Une opération de segmentation confirmée entraîne une diminution de la charge cognitive dans le temps
- Une opération de segmentation erronée entraîne une augmentation de la charge cognitive dans le temps

Hypothèses

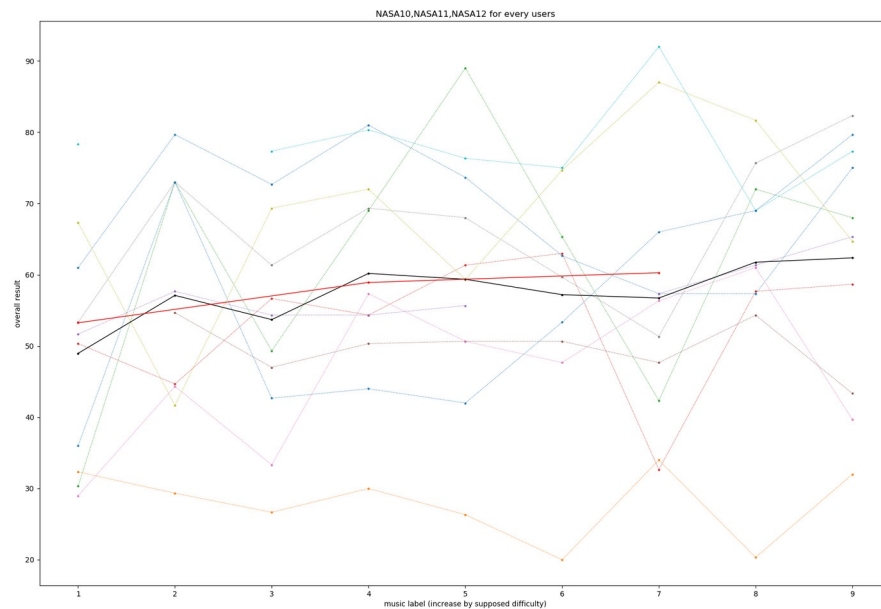
- **La charge cognitive moyenne associée a la segmentation lors de l'écoute active augmente avec la complexité de l'œuvre**
- Une opération de segmentation confirmée entraîne une diminution de la charge cognitive dans le temps
- Une opération de segmentation erronée entraîne une augmentation de la charge cognitive dans le temps

Mesures

Groupe 1



Groupe 2



Hypothèses

- La charge cognitive moyenne associée à la segmentation lors de l'écoute active augmente avec la complexité de l'œuvre
- **Une opération de segmentation confirmée entraîne une diminution de la charge cognitive dans le temps**
- **Une opération de segmentation erronée entraîne une augmentation de la charge cognitive dans le temps**

Mesures

Groupe 1

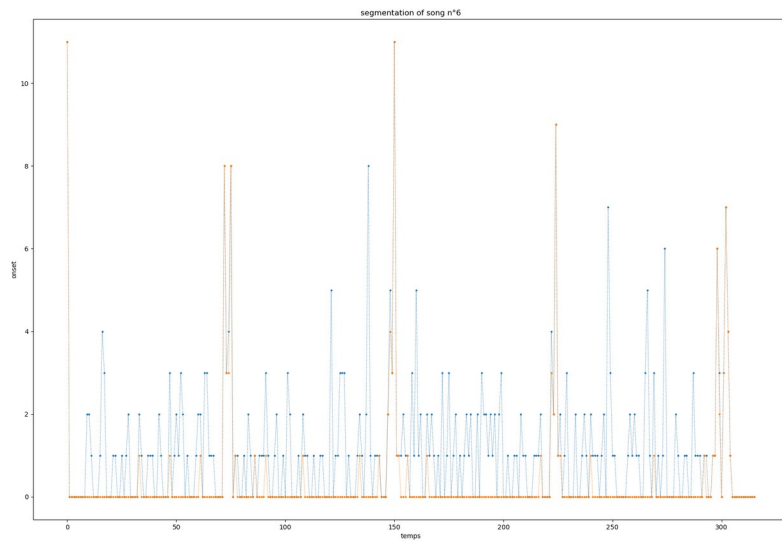


Groupe 2

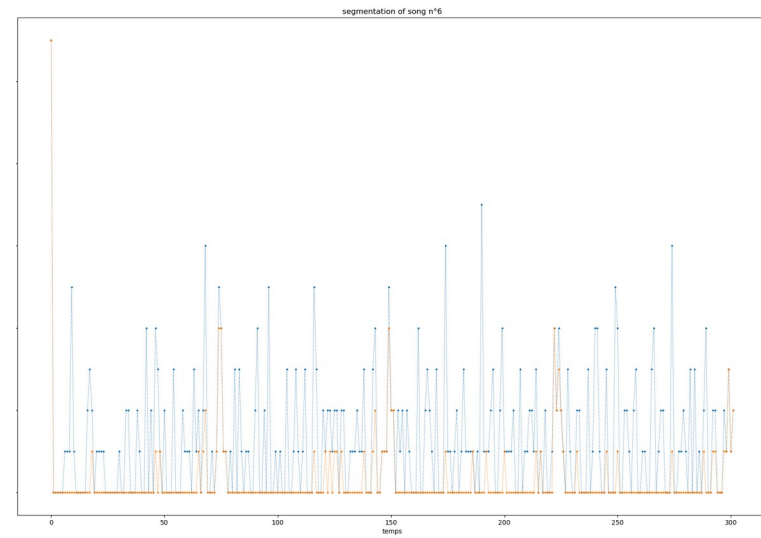


Mesures

Groupe 1



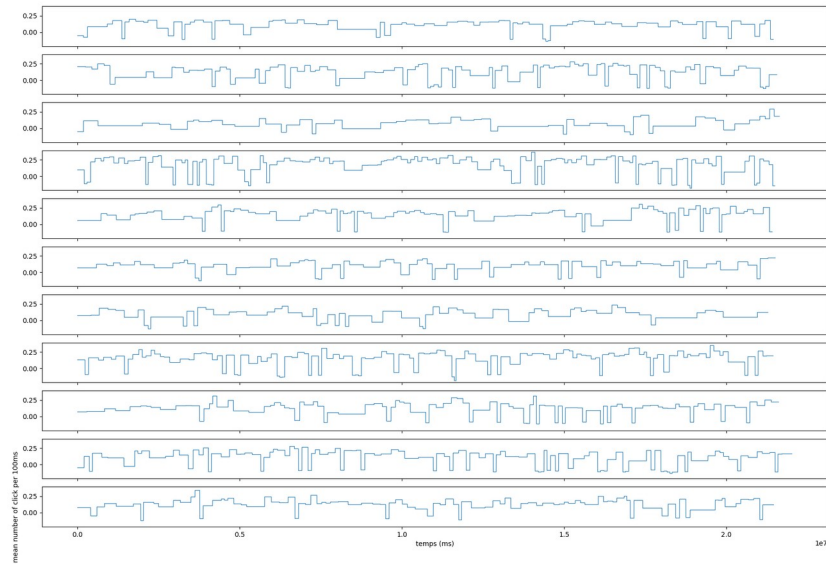
Groupe 2



Mesures

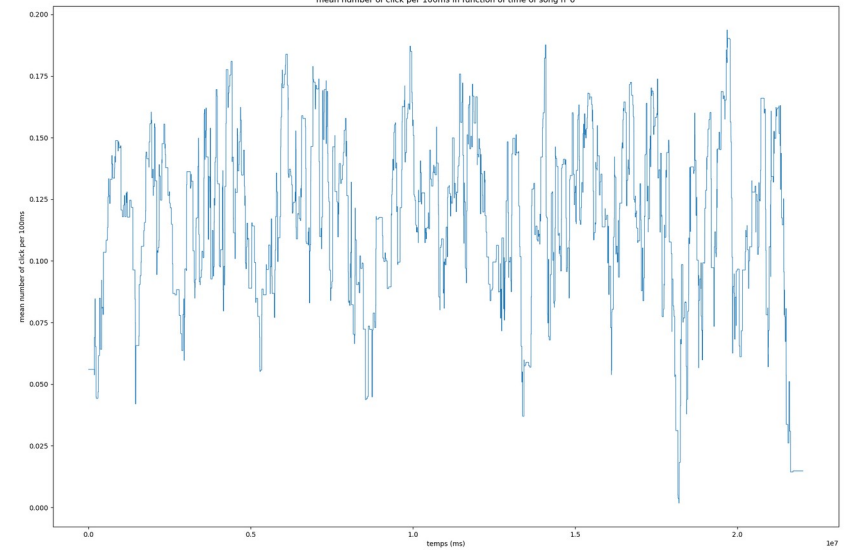
Groupe 1

mean number of click per 100ms in function of time of song n°6



Groupe 1

mean number of click per 100ms in function of time of song n°6



Comparaison avec le logiciel

- On souhaite vérifier si la mesure de la charge cognitive est corrélée avec les coûts défini par les opérations du logiciel (charge computationnelle)
- On souhaite comparer les segmentations manuelles avec celles obtenues avec le logiciel

Je vous remercie pour votre écoute