

GALACTIC CORE

Développement d'une librairie d'analyse de concepts formels

Julien Linares

2 juin 2026

Le Laboratoire Informatique, Image et Interaction

Structure de recherche en informatique de **La Rochelle Université**, créée en 1993.

- ▶ Directeur Yacine GHAMRI-DOUDANE ;
- ▶ Environ 110 membres en septembre 2025 ;
- ▶ Interactions humaines / Enjeux sociétal ;
- ▶ Équipes de recherche :
 - ▶ Dynamique des systèmes et adaptivité (**eAdapt**) ;
 - ▶ Images et **C**ontenus (**IC**) ;
 - ▶ **M**odèle et **C**onnaissances (**MC**).

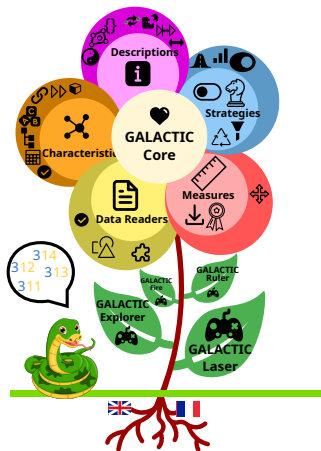


Le cadriciel GALACTIC

GAlois LAttices, Concept Theory, Implicational systems and Closures



- ▶ Mathématicien français **Évariste GALOIS** ;
- ▶ Directrice de recherche Karell BERTET ;
- ▶ Architecte logiciel Christophe DEMKO ;



- ▶ les **caractéristiques**, qui permettent d'extraire tout type de valeur à partir des données ;
- ▶ les **descriptions**, qui définissent un ensemble de valeurs (et donc de données) à travers les frontières d'une enveloppe convexe généralisée ;
- ▶ les **stratégies**, qui explorent un ensemble de données en se concentrant sur des groupes répondant à certains prédicats monadiques ;
- ▶ les **mesures**, qui alimentent des méta-stratégies en informations quantitatives ;
- ▶ les **lecteurs** de données, qui permettent d'importer des fichiers de tout format pour constituer des ensembles de données.

Point vocabulaire et vulgarisation

Qu'est-ce qu'un contexte ?

Objet	bruit	courir	voler	poil	plume	parler
chien	✓	✓		✓		
chat	✓	✓		✓		
oiseau	✓		✓		✓	
Humain	✓	✓		✓		✓

- ▶ Lignes : objets ;
- ▶ Colonnes : attributs ;
- ▶ ✓ : relation binaire entre un objet et un attribut.

Qu'est-ce qu'un concept formel ?

Objet	bruit	courir	voler	poil	plume	parler
chien	✓	✓		✓		
chat	✓	✓		✓		
oiseau	✓		✓		✓	
Humain	✓	✓		✓		✓

- ▶ Un concept formel est un couple (A, B)
- ▶ A est un ensemble d'objets
- ▶ B est un ensemble d'attributs
- ▶ A est l'extension de B
- ▶ B est l'intension de A

A est l'extension de B ?

Objet	bruit	courir	voler	poil	plume	parler
chien	✓	✓		✓		
chat	✓	✓		✓		
oiseau	✓		✓		✓	
Humain	✓	✓		✓		✓

► Extension(chien, chat)
= ?

L'extension et l'intension sont des opérations basées sur l'intersection

B est l'intension de A ?

Objet	bruit	courir	voler	poil	plume	parler
chien	✓	✓		✓		
chat	✓	✓		✓		
oiseau	✓		✓		✓	
Humain	✓	✓		✓		✓

- ▶ Extension(chien, chat) = {bruit, courir, poil}
- ▶ Intension({bruit, courir, poil}) = ?

L'extension et l'intension sont des opérations basées sur l'intersection

Qu'est-ce qu'un concept formel ?

Objet	bruit	courir	voler	poil	plume	parler
chien	✓	✓		✓		
chat	✓	✓		✓		
oiseau	✓		✓		✓	
Humain	✓	✓		✓		✓

- ▶ Extension(chien, chat) = {bruit, courir, poil}
- ▶ Intension({bruit, courir, poil}) = {chien, chat, humain}

Qu'est-ce qu'un concept formel ?

Objet	bruit	courir	poil	voler	plume	parler
chien	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
chat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Humain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
oiseau	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

- ▶ Un concept formel est maximal
- ▶ on ne peut pas ajouter d'objets ou d'attributs sans perdre un ou plusieurs objets/attributs

Le GALACTIC CORE



- ▶ Core de **GALACTIC** développé entièrement en **Python** ;
- ▶ NEXTPRIORITYCONCEPT ;
- ▶ Goulot d'étranglement ;

Objectifs du stage



- 1 Implémenter les structures de contextes et les algorithmes de treillis de concepts en **Rust** et optimiser les opérations ;
- 2 INCLOSE5, INCLOSE4, CLOSEBYONE, NEXTCLOSURE ;
- 3 Réaliser un mapping des fonctionnalités Rust vers Python
- 4 Développer une API RESTful en Rust

La pipeline de développement

En local



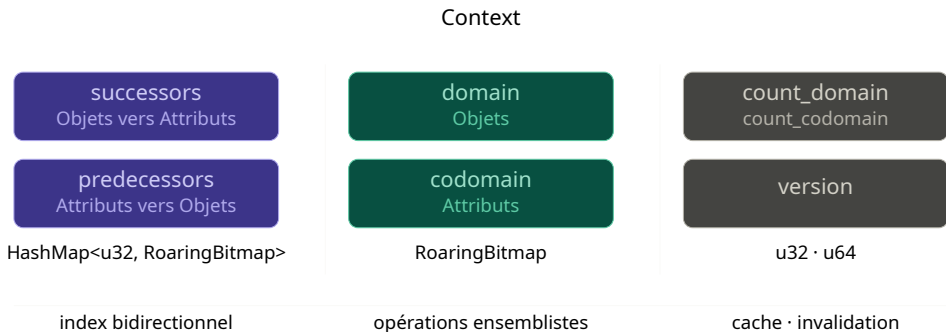
- ▶ **La pipeline de développement:**
 - ▶ Linting: rustfmt, clippy
 - ▶ Tests unitaires: cargo
 - ▶ Build: cargo
 - ▶ Benchmarks: criterion

Les résultats



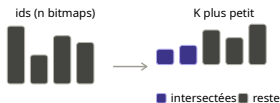
Structure de données

Comment structurer les données d'un contexte afin de maximiser les performances des algorithmes de treillis de concepts ?



Intention et extension

Comment optimiser les opérations d'intension et d'extension sur les contextes ?



- ▶ Sélectionner les K ensembles les plus petits pour réduire vite le résultat
- ▶ Intersecter d'abord ces K, avec arrêt immédiat si vide.
- ▶ Adapter l'ordre du reste selon la taille du résultat (petits d'abord) pour limiter le coût.

Algorithmes de treillis de concepts

Objet	bruit	courir	poil	voler	plume	parler
chien	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
chat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Humain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
oiseau	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Objet	bruit	courir	poil	voler	plume	parler
chien	<input checked="" type="checkbox"/>	✓	✓			
chat	<input checked="" type="checkbox"/>	✓	✓			
Humain	<input checked="" type="checkbox"/>	✓	✓			✓
oiseau	<input checked="" type="checkbox"/>			✓	✓	

Objet	bruit	courir	poil	voler	plume	parler
chien	✓	✓	✓			
chat	✓	✓	✓			
Humain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
oiseau	✓			✓	✓	

Objet	bruit	courir	poil	voler	plume	parler
chien	✓	✓	✓			
chat	✓	✓	✓			
Humain	✓	✓	✓			✓
oiseau	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Exemple d'utilisation en python

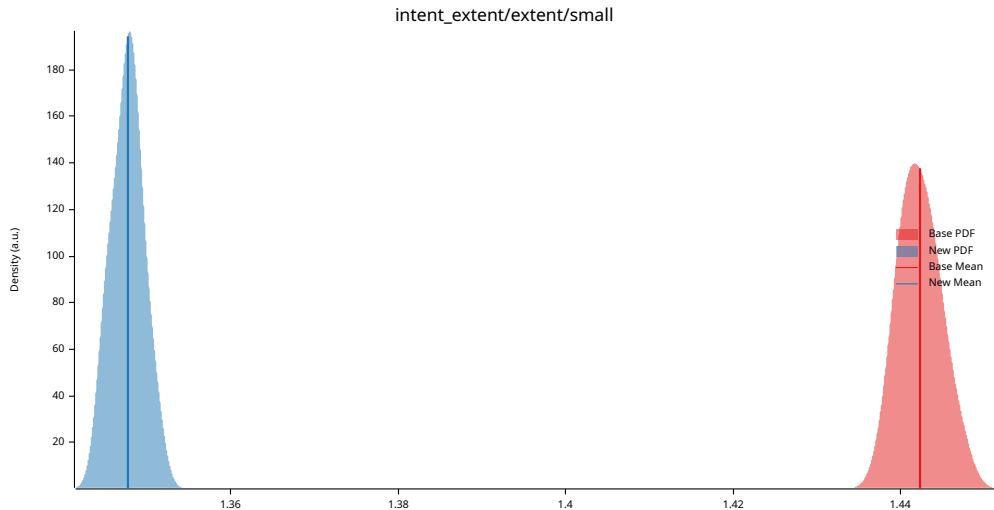
```
def test() -> None:
    ctx = Context()
    ctx.fill_domain_codomain(4,6)
    ctx.successors_union_update(0, [0,1,3])
    ctx.successors_union_update(1, [0,1,3])
    ctx.successors_union_update(2, [0,2,4])
    ctx.successors_union_update(3, [0,1,3,5])
    result = in_close5(ctx)
    intent_labels = ["bruit", "courir", "voler", "poil", "plume", "parler"]
    extent_labels = ["chien", "chat", "oiseau", "humain"]
    for r in result:
        intent_string = [intent_labels[i] for i in r.intent.to_list()]
        extent_string = [extent_labels[i] for i in r.extent.to_list()]
        print(" extent: " + str(extent_string) + "intent: " + str(intent_string))
```

```
extent: ['chien', 'chat', 'oiseau', 'humain']intent: ['bruit']
extent: ['chien', 'chat', 'humain']intent: ['bruit', 'courir', 'po
extent: []intent: ['bruit', 'courir', 'voler', 'poil', 'plume', 'p
extent: ['humain']intent: ['bruit', 'courir', 'poil', 'parler']
extent: ['oiseau']intent: ['bruit', 'voler', 'plume']
```

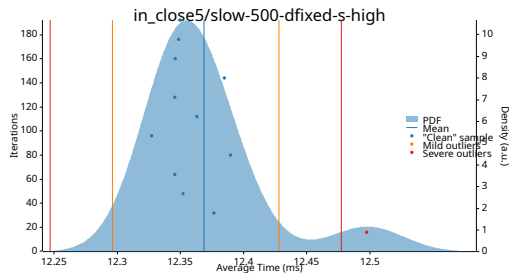
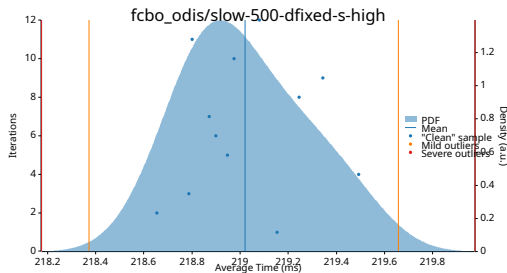
Benchmarks

- ▶ 4 versions de benchmarks faites au cours du développement
- ▶ Ce qu'il faut retenir :
 - ▶ Les benchmarks sont réalisés sur des contextes à densité et dispersion variables
 - ▶ InClose5 est plus rapide que les autres algorithmes
 - ▶ La librairie est compétitive avec l'autre seule librairie de FCA en Rust : Odis

Evolution des performances de l'intension et de l'extension



Comparaison avec Odis



Bilan

- ▶ Nouveau langage, nouvelle approche de développement
- ▶ Première pipeline de développement
- ▶ Première librairie complète et concrète créée
- ▶ Responsabilité en entreprise
- ▶ Point à améliorer
 - ▶ la communication

Perspectives

- ▶ Suite du Stage :
 - ▶ Événement IA-NA le mercredi 3 juin 2026;
 - ▶ Publier la librairie sur crate.io;
 - ▶ Commencer à travailler sur l'API RESTful;
- ▶ Perspectives à long terme :
 - ▶ Rédiger un article scientifique.

