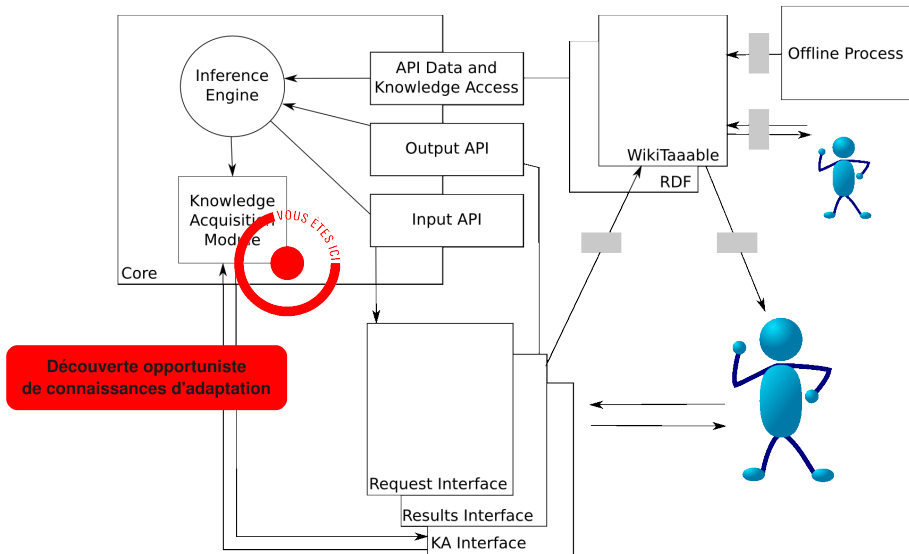


# Découverte opportuniste de connaissances d'adaptation

Fadi Badra<sup>1</sup>    Amélie Cordier<sup>2</sup>    Jean Lieber<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LORIA (CNRS, INRIA, Nancy université)  
BP 239, 54506 Vandœuvre-lès-Nancy, France  
{badra, lieber}@loria.fr

<sup>2</sup>LIRIS CNRS UMR 5202, Université Lyon 1, INSA Lyon, Université Lyon 2, ECL  
43, bd du 11 novembre 1918, Villeurbanne, France  
Amélie.Cordier@liris.cnrs.fr





Contexte

# Les connaissances d'adaptation

Un exemple culinaire.

« Réaliser une recette de  
pancake avec des piridions. »

« Réaliser une recette de  
pancake aux poires. »



« Suivre la recette *Apple pancakes from the townships*. »

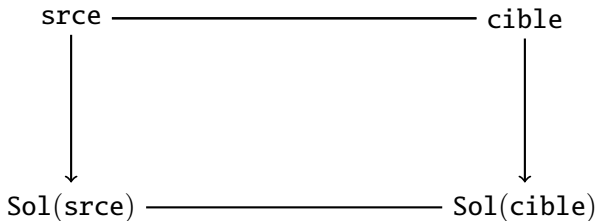
?

# Les connaissances d'adaptation

Un exemple culinaire.

« Réaliser une recette de pancake avec des piridions. »

« Réaliser une recette de pancake aux poires. »



« Suivre la recette *Apple pancakes from the townships*. »

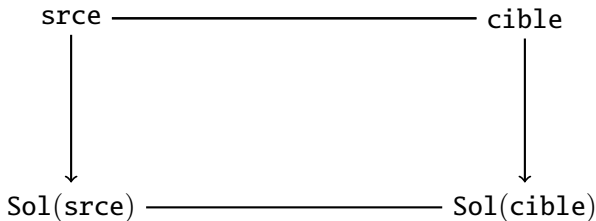
« Suivre la recette *Apple pancakes from the townships*,  
mais remplacer les pommes  
par les poires. »

# Les connaissances d'adaptation

Un exemple culinaire.

« Réaliser une recette de pancake avec des piridions. »

« Réaliser une recette de pancake aux poires. »



« Suivre la recette *Apple pancakes from the townships*. »

« Suivre la recette *Apple pancakes from the townships*,  
mais remplacer les pommes  
par les poires et remplacer la  
cannelle par de la vanille. »

# L'acquisition de connaissances d'adaptation

## Principales questions posées

- De quelles connaissances le système a-t-il besoin pour réaliser l'adaptation ?
- À partir de quelles sources les acquérir (humain, connaissances du domaine, base de cas, le Web) ?
- Quand réaliser l'acquisition (hors ligne, en ligne) ?
- Quelle méthode utiliser pour les acquérir (manuelle, automatique, semi-automatique) ?

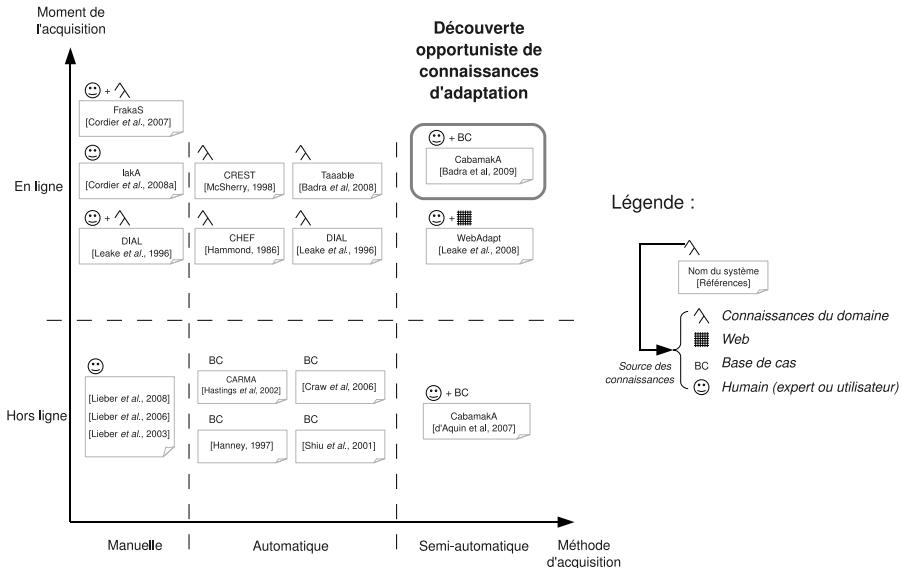
# Contributions

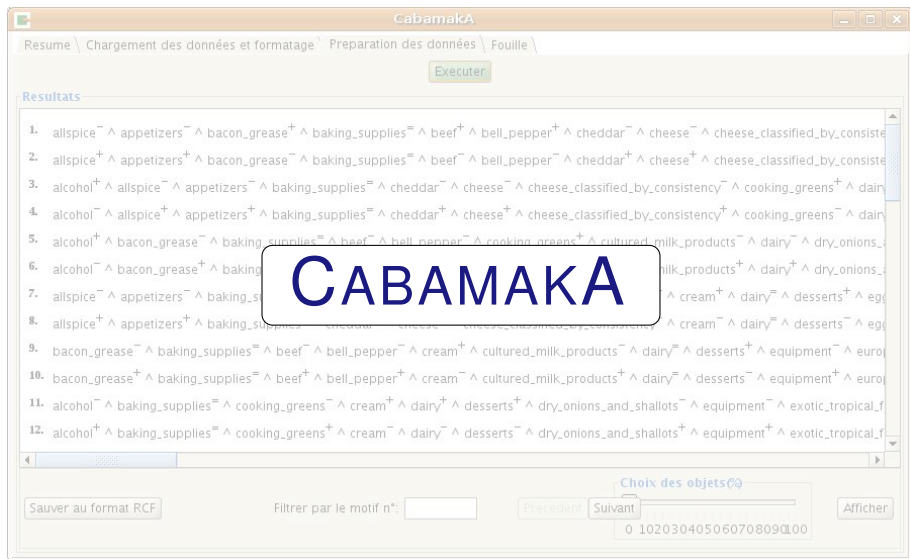
- Une méthode d'**acquisition de connaissances d'adaptation**.

Celle-ci combine deux stratégies :

- ① l'acquisition de connaissances est réalisée **à partir de la base de cas par des techniques d'extraction de connaissances**,
  - ② l'acquisition de connaissances est déclenchée **en ligne et de manière opportuniste** au cours d'une session particulière de résolution de problème.
- Application au système de RÀPC culinaire TAAABLE.

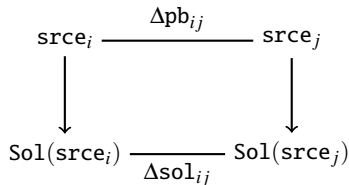
# Principales approches d'ACA





Processus d'extraction de connaissances d'adaptation **à partir de la base de cas** (méthode **semi-automatique, hors-ligne**).

- On apprend des connaissances d'adaptation à partir des variations entre cas.



- On utilise des couples  $(\Delta \text{pb}_{ij}, \Delta \text{sol}_{ij})$  comme ensemble d'apprentissage :

$$\{(\Delta \text{pb}_{ij}, \Delta \text{sol}_{ij})\}_{ij} \mapsto \text{CA}$$

- On apprend par généralisation (extraction de motifs fermés fréquents)

## Application à Taaable

CABAMAKA permet d'apprendre des opérateurs de substitution d'ingrédients de la comparaison de deux ensembles de recettes.

$R_k = \text{dessert} \wedge \text{pancake} \wedge \text{pomme} \wedge \text{piridion} \wedge \text{fruit} \wedge \text{cannelle} \wedge \dots$

$R_\ell = \text{dessert} \wedge \text{tarte} \wedge \text{poire} \wedge \text{piridion} \wedge \text{fruit} \wedge \text{vanille} \wedge \dots$

↓ apprentissage par généralisation

$\sigma = \text{dessert} \wedge \text{pomme} \wedge \text{cannelle} \rightsquigarrow \text{dessert} \wedge \text{poire} \wedge \text{vanille}$

« Dans les recettes de dessert, on peut remplacer les pommes et la cannelle par des poires et de la vanille. »

# Application à Taaable

## Ensemble d'apprentissage $\mathcal{E}$

= ensemble de représentations  $\Delta_{kl}$  de variations entre recettes  $R_k$  et  $R_\ell$

- $a^- \subseteq \Delta_{kl}$  si  $R_k \models_{\mathcal{O}} a$  et  $R_\ell \not\models_{\mathcal{O}} a$
- $a^+ \subseteq \Delta_{kl}$  si  $R_k \not\models_{\mathcal{O}} a$  et  $R_\ell \models_{\mathcal{O}} a$
- $a^\pm \subseteq \Delta_{kl}$  si  $R_k \models_{\mathcal{O}} a$  et  $R_\ell \models_{\mathcal{O}} a$

$R_k = \text{dessert} \wedge \text{pancake} \wedge \text{pomme} \wedge \text{piridion} \wedge \text{fruit} \wedge \text{cannelle} \wedge \dots$

$R_\ell = \text{dessert} \wedge \text{tarte} \wedge \text{poire} \wedge \text{piridion} \wedge \text{fruit} \wedge \text{vanille} \wedge \dots$

↓ représentation des variations

$\Delta_{kl} = \{\text{dessert}^\pm, \text{pancake}^-, \text{tarte}^+, \text{fruit}^\pm, \text{piridion}^\pm, \text{pomme}^-, \text{poire}^+, \text{cannelle}^-, \text{vanille}^+\}$

# Application à Taaable

## Apprentissage par généralisation

Extraction de motifs fréquents  $\Delta \subseteq \Delta_{kl}$ .

Un motif fréquent  $\Delta$  s'interprète comme une substitution  $\sigma$ .

$\Delta_{kl} = \{\text{dessert}^-, \text{pancake}^-, \text{tarte}^+, \text{fruit}^-, \text{piridion}^-, \text{pomme}^-, \text{poire}^+, \text{cannelle}^-, \text{vanille}^+\}$

↓ généralisation

$\Delta = \{\text{dessert}^-, \text{pomme}^-, \text{cannelle}^-, \text{poire}^+, \text{vanille}^+\}$

↓ interprétation

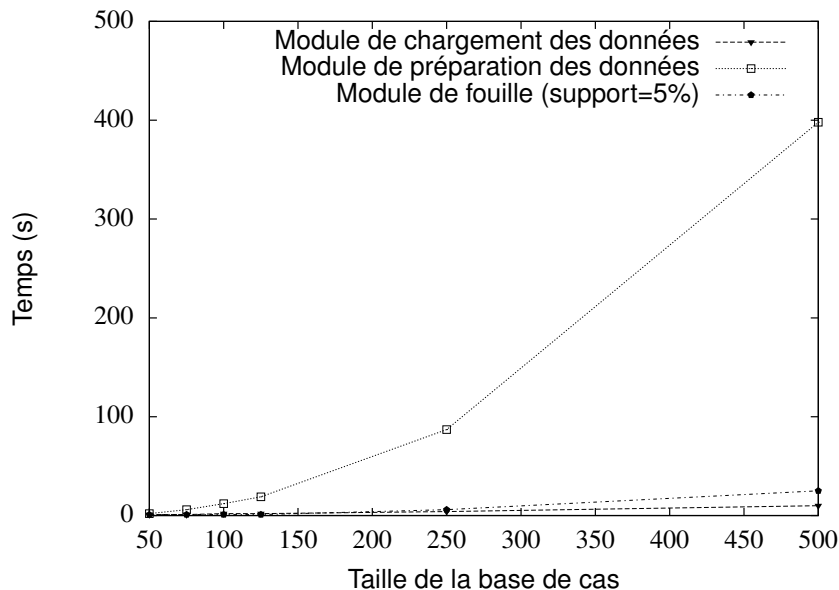
$\sigma = \text{dessert} \wedge \text{pomme} \wedge \text{cannelle} \rightsquigarrow \text{dessert} \wedge \text{poire} \wedge \text{vanille}$

# Problème du choix de l'ensemble d'apprentissage

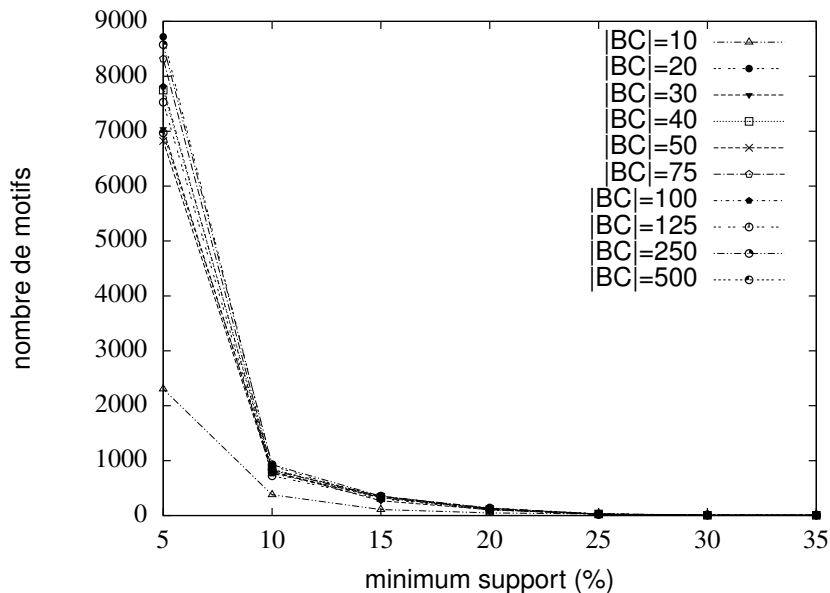
L'approche est impraticable si l'on ne restreint pas l'ensemble d'apprentissage !

- Si l'on compare les  $n = 1482$  recettes de la base de cas entre elles, la taille de l'ensemble d'apprentissage est  $n(n-1) = 2\,194\,842$  !
- On comparerait des recettes de pancake et des recettes de cocktail !
- On ne pourrait apprendre que des connaissances très générales, les connaissances les plus spécifiques seraient noyées dans l'ensemble des résultats.

# Problème du choix de l'ensemble d'apprentissage



# Nécessité de restreindre l'espace des hypothèses



# Limitations de l'apprentissage hors ligne

- apprentissage très coûteux
  - ▶ besoin d'un expert
  - ▶ besoin d'un ingénieur de la connaissance pour sélectionner dans les résultats des règles à présenter à l'expert et les interpréter,
- Il faudrait anticiper toutes les connaissances nécessaires au système : le système n'apprend pas à adapter avec l'expérience...

On se tourne vers les approches interactives : le processus d'extraction de connaissances doit être déclenché en ligne !

# IAKA [Cordier, 2008]

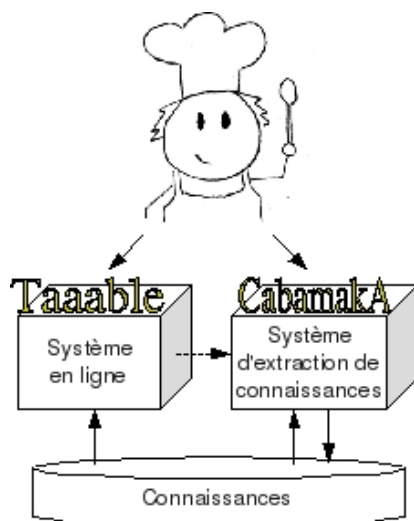
## Interactive Adaptation Knowledge Acquisition

Acquisition de connaissances d'adaptation :

- **en ligne**
- **interactive** : les connaissances sont apprises à travers l'interaction avec l'utilisateur
- **opportuniste** : les connaissances sont apprises suite à un échec d'adaptation, et dans le but de le réparer

# Découverte opportuniste de connaissances d'adaptation

# Principe



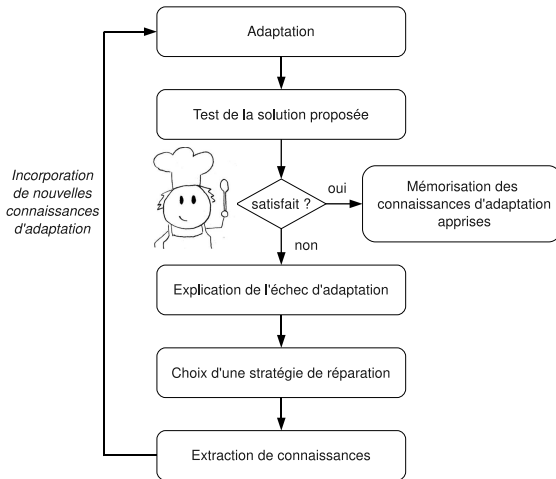
# Rôle du processus d'extraction de connaissances

- CABAMAKA **fournit une assistance** à l'utilisateur dans la formulation de nouvelles connaissances,
- CABAMAKA **fait de la base de cas une source additionnelle** de connaissances d'adaptation pour le système.

## Questions clés

- Quand déclencher le processus d'extraction de connaissances ?
- Comment paramétrer le processus d'extraction de connaissances par un contexte donné de résolution de problèmes ?

# Quand déclencher l'extraction de connaissances ?



CABAMAKA recherche dans la base de cas les informations nécessaires à l'instanciation d'une stratégie de réparation.

# Comment le paramétrer ?

stratégie de réparation + utilisateur  $\longrightarrow$  variation  $\Delta_{\mathcal{E}}$

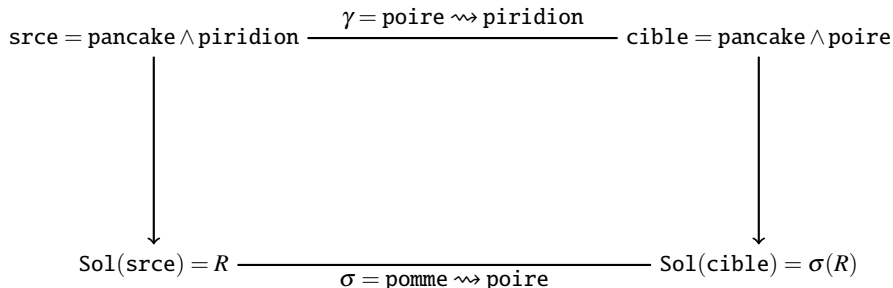
Le paramétrage se fait :

- par un filtre sur l'ensemble d'apprentissage :  $\Delta_{\mathcal{E}} \subseteq \Delta_{kl}$
- en réglant le support minimum,
- par deux filtres sur les résultats de la fouille :
  - ▶  $\Delta$  satisfait les contraintes données par  $\Delta_{\mathcal{E}}$  :  $\Delta_{\mathcal{E}} \subseteq \Delta$
  - ▶  $\Delta$  correspond à une substitution  $\sigma'$  applicable pour modifier la recette remémorée  $\text{Sol}(\text{srce})$

# Application à Taaable

# Application à Taaable

Adaptation proposée



avec  $\text{Sol}(\text{srce}) = \text{pancake} \wedge \text{pomme} \wedge \text{piridion} \wedge \text{fruit} \wedge \text{cannelle} \wedge \dots$   
représente la recette *Apple pancakes from the townships*.

# Application à Taaable

## Explication de l'échec

La **recherche d'une explication** s'effectue en trois étapes :

- ① sélection d'une substitution  $A \rightsquigarrow B$  qui pose problème

$\sigma = \text{pomme} \rightsquigarrow \text{poire}, A = \text{pomme}, B = \text{poire}$

- ② choix d'un "patron d'explication" (abstrait) :

"Un ingrédient  $x$  de  $B$  est incompatible avec un ingrédient  $y$  de la recette obtenue."

- ③ instanciation du patron (identification des ingrédients)

$x = \text{poire}, y = \text{cannelle}$

# Application à Taaable

## Choix d'une stratégie de réparation

Pour une substitution  $A \rightsquigarrow B$

Explications possibles	Stratégies de réparation
Un ingrédient $x$ de B nécessite un autre ingrédient $y$ qui est absent de la recette obtenue.	<ul style="list-style-type: none"><li>● si <math>\text{cible} \not\models_{\theta} x</math>, supprimer <math>x</math></li><li>● si <math>\text{cible} \not\models_{\theta} x</math>, trouver un substitut à <math>x</math></li><li>● si <math>\text{cible} \not\models_{\theta} \neg y</math>, ajouter <math>y</math></li><li>● si <math>\text{cible} \models_{\theta} \neg y</math>, ajouter un substitut à <math>y</math></li></ul>
Un ingrédient $x$ de la recette obtenue nécessite un ingrédient $y$ de A qui vient d'être supprimé.	
<b>Un ingrédient <math>x</math> de B est incompatible avec un ingrédient <math>y</math> de la recette obtenue.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>● si <math>\text{cible} \not\models_{\theta} x</math>, supprimer <math>x</math></li><li>● si <math>\text{cible} \not\models_{\theta} x</math>, trouver un substitut à <math>x</math></li><li>● <b>si <math>\text{cible} \not\models_{\theta} y</math>, supprimer <math>y</math></b></li><li>● <b>si <math>\text{cible} \not\models_{\theta} y</math>, trouver un substitut à <math>y</math></b></li></ul>

# Application à Taaable

## Choix d'une stratégie de réparation

- On cherche une substitution de la forme :

$$\sigma' = \text{pomme} \wedge \text{cannelle} \rightsquigarrow \text{poire} \wedge \textit{quelque chose}$$

- donc on forme la variation :

$$\Delta_{\mathcal{E}} = \{\text{pomme}^-, \text{cannelle}^-, \text{poire}^+\}$$

# Application à Taaable

## Paramétrage de CABAMAKA

- On compare les recettes contenant des pommes et de la cannelle avec les recettes contenant des poires :

$$\mathcal{E} \longleftarrow \Delta_{kl} \text{ tels que } \Delta_{\mathcal{E}} \subseteq \Delta_{kl}$$

- On ne garde que les variations extraites  $\Delta$  qui satisfont  $\Delta_{\mathcal{E}}$  :

$$\Delta_{\mathcal{E}} \subseteq \Delta$$

et qui correspondent à des substitutions  $\sigma'$  applicables pour modifier la recette remémorée  $\text{Sol}(\text{srce})$  :

$$\sigma' = A' \rightsquigarrow B' \text{ telle que } \begin{cases} \text{Sol}(\text{srce}) \models_{\mathcal{O}} A' \\ \text{Sol}(\text{srce}) \not\models_{\mathcal{O}} a \text{ si } A' \not\models_{\mathcal{O}} a \text{ et } B' \models_{\mathcal{O}} a \end{cases}$$

# Conclusion et perspectives

Résumé de l'approche :

- méthode **semi-automatique** mais déclenchée **en ligne**, de manière **interactive** et **opportuniste**
- CABAMAKA génère « à la volée » des connaissances à partir de la base de cas
- la méthode a été appliquée à Taaable et la faisabilité de l'approche a été démontrée sur des exemples

Perspectives :

- validation quantitative !
- tests avec une base de recettes plus volumineuse
- gestion des connaissances apprises (coûts, stockage, conflits)
- interface graphique / ergonomie