



UNIVERSITÉ
LAVAL

Le 15 avril 2018

Classification phylogénétique des espèces vivantes

IFT-2003 - TP3 Conception d'un système à base de connaissances

Appoline Bibie Yamatchui Kamaha (111 096 135)

Paul Pilote (111 104 263)

Éric Cogoluenhès (111 162 638)

Sommaire

Sommaire 2

1. Introduction	3
2. La description du sujet d'expertise choisi	4
2.1 Schéma conceptuel	4
2.2 Explication du problème à résoudre	5
2.3 Contenu de la base de connaissance	6
3. Les éléments d'implantation	7
3.1 Le SBC construit	7
3.2 Le guide d'utilisation du SBC	7
4. La validation des résultats	8
4.1 Le cas-test de base pour trouver les caractéristiques d'un animal à partir de sa catégorie	8
4.2 L'autre cas-test de base de trouver une catégorie à partir de caractéristiques	9
4.3 Cas particulier d'avoir trop de caractéristiques	10
4.4 Cas-test avec deux catégories contradictoires	11
4.5 Cas-test avec des catégories insuffisantes	13
5. Le bilan de l'expérimentation	15
5.1 Les avantages d'utiliser un système à base de connaissances pour résoudre ce problème	15
5.2 Les difficultés rencontrées pour déterminer l'expertise	15
5.3 Les avantages et contraintes de l'utilisation d'une coquille	15
5.4 Les avantages et les limites du système	15
5.5 Les améliorations à apporter au système	16
6. Bibliographie	17

1.Introduction

Un système expert, ou système à base de connaissance, est un outil capable de reproduire les mécanismes cognitifs d'un expert humain dans un domaine particulier, afin de l'aider à prendre une décision ou à traiter un problème. Il s'agit de l'une des voies tentant d'aboutir à l'intelligence artificielle.

Dans le cadre de notre travail pratique, il nous a été demandé de mettre en place un Système à Base de Connaissances (SBC) utilisant des règles. Le présent rapport présente la conception d'un SBC dans le domaine de la biologie. Ce SBC permettra de classifier rapidement une espèce vivante par rapport à ses caractéristiques. Dans la suite de ce rapport, nous présenterons : la description de notre sujet d'expertise choisi, les éléments d'implantation, la validation des résultats et le bilan de l'expérimentation.

2. La description du sujet d'expertise choisi

La classification phylogénétique est un système de classification des êtres vivants, qui a pour objectif de rendre compte des degrés de parenté entre les espèces (apparemment et non parentalité). Elle ne reconnaît pas les groupes paraphylétiques¹ comme les reptiles ou les poissons (qui ne contiennent pas tous les descendants de leur dernier ancêtre commun), contrairement à la classification classique qui, quant à elle, sert à organiser les êtres vivants pour pouvoir les trier et mieux les comprendre. La classification phylogénétique, quant à elle, sert à visualiser l'évolution des êtres vivants, c'est-à-dire qu'elle regroupe les êtres vivants, non pas forcément qui se ressemblent, mais qui ont le même ancêtre commun.

Le but de notre travail est de concevoir un système intelligent à qui on donnerait certaines caractéristiques en anatomie comparée (présence d'une tête, présence d'un squelette etc.), et qui retourne la classe correspondante de l'être vivant ou un ensemble de classes de la même lignée.

2.1 Schéma conceptuel

Nous avons utilisé le formalisme du réseau sémantique pour représenter le schéma conceptuel de la classification phylogénétique des espèces vivantes.

¹ En [systématique](#), un groupe est dit **paraphylétique** quand il ne rassemble pas tous les descendants d'une espèce souche qu'il contient.

2.3 Contenu de la base de connaissance

Fait (Caractéristiques)	But (Type d'espèces)
Possède_tête ET possède_yeux	Animal
Possède_queue ET possède_squelette_intérieur ET est_une_sorte_animal	Vertébré
Possède_coquille ET possède_un_pied ET possède_tentacules ET est_une_sorte_animal	Mollusque
Possède_antennes ET possède_six pattes ET possède_des_ailes_membranaires ET possède_un_squelette_extérieur ET est_une_sorte_animal	Insecte
Possède_quatre_membres ET est_une_sorte_de_vertébré	Tétrapode
Possède_rayons_dans_les_nageoires ET est_une_sorte_de_vertébré	Poisson
Possède_élytres ET est_une_sorte_insecte	Coléoptère
Possède_poils ET possède_pavillons_aux_oreilles ET est_une_sorte_de_tétrapode	Mammifère
Possède_écailles_soudées ET est_une_sorte_de_tétrapode	Reptilien
Possède_plumes ET possède_un_bec ET est_une_sorte_de_reptilien	Oiseau

3. Les éléments d'implantation

3.1 Le SBC construit

Une copie électronique du SBC construite est remise avec ce rapport (TP3_SBC.pl).

3.2 Le guide d'utilisation du SBC

Le SBC construit a été fait à partir de la coquille de prolog donnée avec les consignes de ce travail.

1. Pour utiliser le système, il faut ajouter les faits déjà connus dans la base de données. Pour cela, on ajoute sur une ligne vide : « fait(x(y)). », où «x» est le prédicat à ajouter (soit « possède », soit « etre ») et « y » est l'argument (par exemple « tete » pour le prédicat « possède » ou « animal » pour le prédicat « etre »). Cela doit être fait directement dans le fichier source.
2. Lorsque tous les faits connus sont ajoutés, on peut utiliser dans la console le prédicat « ch_avant. » pour trouver tous les nouveaux faits possibles à partir des faits connus (chaînage avant). On peut aussi utiliser le chaînage arrière en tapant dans la console : « ch_arriere(x(y)). », ce qui permet de trouver s'il est possible de déduire que x(y) est vrai à partir des faits connus. «x» est le prédicat et « y » est l'argument.

4. La validation des résultats

Nous avons réalisé 2 tests par cas-test (un pour le chaînage arrière, l'autre pour le chaînage avant) et 5 cas différents.

4.1 Le cas-test de base pour trouver les caractéristiques d'un animal à partir de sa catégorie

Nous rentrons dans le programme les données du problème (image 1.1).

```
% Données du problème : fait( X ) - à ajouter
fait(possede(tete)).
fait(possede(yeux)).
fait(possede(antennes)).
fait(possede(sixPattes)).
fait(possede(ailesMembranaires)).
fait(possede(squeletteExterieur)).
```

Image 1.1 - Les données du problème

Pour ce cas-test nous lui donnons les caractéristiques d'un animal et nous pouvons voir sur les images 1.2 et 1.3 qu'il trouve la catégorie à laquelle il appartient. De même, il ne déduit pas de catégorie auquel il n'appartient pas.


```
SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/TP/TP3/TP3_SBC.pl
File Edit Settings Run Debug Help
Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
Please run ?- license. for legal details.

For online help and background, visit http://www.swi-prolog.org
For built-in help, use ?- help(Topic). or ?- apropos(Word).

?- ch_arriere(est(insecte)).
true.

?- ch_arriere(est(vertebre)).
ERROR: Out of local stack
?-
```

Image 1.2 - En chaînage arrière

 SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/Tp/TP3/TP3_SBC.pl

 File Edit Settings Run Debug Help

 Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
 SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
 Please run ?- license. for legal details.

 For online help and background, visit <http://www.swi-prolog.org>
 For built-in help, use ?- help(Topic). or ?- apropos(Word).

 ?- ch_avant.
 Nouveau fait : est(animal)
 Nouveau fait : est(insecte)
 Plus de nouveaux faits déduits, la BC est saturée.
 true.

Image 1.3 - En chaînage avant


4.2 L'autre cas-test de base de trouver une catégorie à partir de caractéristiques

Nous rentrons dans le programme les données du problème (image 2.1).

```
% Données du problème : fait( X ) - à ajouter
fait(est(vertebre)).
```

Image 2.1 - Les données du problème

Pour ce cas-test nous lui donnons la catégorie à laquelle l'animal appartient, et nous pouvons voir sur les images 2.2 et 2.3 que le SBC trouve les caractéristiques de cet animal, du moins tant que la pile locale peut prendre les calculs nécessaires.

 SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/Tp/TP3/TP3_SBC.pl

 File Edit Settings Run Debug Help

 Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
 SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
 Please run ?- license. for legal details.

 For online help and background, visit <http://www.swi-prolog.org>
 For built-in help, use ?- help(Topic). or ?- apropos(Word).

 ?- ch_arriere(possede(tete)).
ERROR: Out of local stack
 ?- ch_arriere(possede(queue)).
 true .

 ?- ch_arriere(est(mollusque)).
ERROR: Out of local stack
 ?- █

Image 1.2 - En chaînage arrière

```
SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/TP/TP3/TP3_SBC.pl
File Edit Settings Run Debug Help
Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
Please run ?- license. for legal details.

For online help and background, visit http://www.swi-prolog.org
For built-in help, use ?- help(Topic). or ?- apropos(Word).

?-
% Updating index for library d:/apps/swi_prolog/swipl/library/
% d:/ecole/intelligence artificielle i/tp/tp3/tp3_sbc compiled 0.02 sec, -1 clauses
?- ch_avant.
Nouveau fait : possede(queue)
Nouveau fait : possede(squeletteExterieur)
Nouveau fait : est(animal)
Nouveau fait : possede(tete)
Nouveau fait : possede(yeux)
Plus de nouveaux faits déduits, la BC est saturée.
true.

?- ch_avant.
Plus de nouveaux faits déduits, la BC est saturée.
true.

?- ■
```

Image 1.3 - En chainage avant


4.3 Cas particulier d'avoir trop de caractéristiques

Nous rentrons dans le programme les données du problème (image 3.1).

```
% Données du problème : fait( X ) - à ajouter
fait(possede(tete)).
fait(possede(yeux)).
fait(possede(antennes)).
fait(possede(sixPattes)).
fait(possede(ailesMembranaires)).
fait(possede(squeletteExterieur)).
fait(possede( quatreMembres)).
```

Image 3.1 - Les données du problème

Pour ce cas-test, nous lui fournissons des caractéristiques supplémentaires insuffisantes et comme nous pouvons voir sur les images 3.2 et 3.3, nous ne trouvons pas de catégorie plus précise parce qu'il manque des caractéristiques pour confirmer l'appartenance à cette catégorie.

 SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/Tp/TP3/TP3_SBC.pl


 File Edit Settings Run Debug Help

 Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
 SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
 Please run `?- license.` for legal details.

 For online help and background, visit <http://www.swi-prolog.org>
 For built-in help, use `?- help(Topic).` or `?- apropos(Word).`

`?- ch_arriere(est(tetrapode)).`
ERROR: Out of local stack
`?- ch_arriere(est(insecte)).`
true

Image 3.2 - En chainage arrière

 SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/Tp/TP3/TP3_SBC.pl

 File Edit Settings Run Debug Help

 Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
 SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
 Please run `?- license.` for legal details.

 For online help and background, visit <http://www.swi-prolog.org>
 For built-in help, use `?- help(Topic).` or `?- apropos(Word).`

`?- ch_avant.`
 Nouveau fait : `est(animal)`
 Nouveau fait : `est(insecte)`
 Plus de nouveaux faits déduits, la BC est saturée.
true.

`?-`

Image 3.3 - En chainage avant

4.4 Cas-test avec deux catégories contradictoires

Nous rentrons dans le programme les données du problème (image 4.1).

```
% Données du problème : fait( X ) - à ajouter
fait(possede(tete)).
fait(possede(yeux)).
fait(possede(antennes)).
fait(possede(sixPattes)).
fait(possede(ailesMembranaires)).
fait(possede(squeletteExterieur)).
```

Image 4.1 - Les données du problème

Ce cas-test consiste à vérifier que pour un animal ayant des caractéristiques de deux catégories contradictoires, on trouve ces deux catégories, une seule ou aucune.

Malheureusement, nous n'avons pas réussi à faire en sorte qu'il n'en trouve aucune, comme illustré sur les images 3.2 et 3.3. Il trouve qu'il y en a deux.


```
SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/Tp/TP3/TP3_SBC.pl
File Edit Settings Run Debug Help
Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
Please run ?- license. for legal details.

For online help and background, visit http://www.swi-prolog.org
For built-in help, use ?- help(Topic). or ?- apropos(Word).

?- ch_arriere(est(insecte)).
true .

?- ch_arriere(est(vertebre)).
true
```

Image 3.2 - En chainage arrière

 SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/Tp/TP3/TP3_SBC.pl


```

File Edit Settings Run Debug Help
Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
Please run ?- license. for legal details.

For online help and background, visit http://www.swi-prolog.org
For built-in help, use ?- help(Topic). or ?- apropos(Word).

?- ch_avant.
Nouveau fait : est(animal)
Nouveau fait : est(vertebre)
Nouveau fait : est(insecte)
Plus de nouveaux faits déduits, la BC est saturée.
true.

?-
  
```

Image 3.3 - En chainage avant

4.5 Cas-test avec des catégories insuffisantes

Nous rentrons dans le programme les données du problème (image 5.1).

```

% Données du problème : fait( X ) - à ajouter
fait(possede(tete)).
fait(possede(queue)).
fait(possede( quatreMembres )).
  
```

Image 5.1 - Les données du problème

Ce cas-test consiste à vérifier que, si on donne des caractéristiques qui sont insuffisantes pour détecter une catégorie quelle qu'elle soit, nous n'arrivons pas à trouver ce que l'on voudrait, comme illustré sur les images 5.2 et 5.3.

```
SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/Tp/TP3/TP3_SBC.pl
File Edit Settings Run Debug Help
Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
Please run ?- license. for legal details.

For online help and background, visit http://www.swi-prolog.org
For built-in help, use ?- help(Topic). or ?- apropos(Word).

?- ch_arriere(est(animal)).
ERROR: Out of local stack
?-
```

Image 5.2 - En chainage arrière

```
SWI-Prolog -- d:/Ecole/Intelligence Artificielle I/Tp/TP3/TP3_SBC.pl
File Edit Settings Run Debug Help
Welcome to SWI-Prolog (threaded, 64 bits, version 7.6.4)
SWI-Prolog comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. This is free software.
Please run ?- license. for legal details.

For online help and background, visit http://www.swi-prolog.org
For built-in help, use ?- help(Topic). or ?- apropos(Word).

?- ch_avant.
Plus de nouveaux faits déduits, la BC est saturée.
true.
?-
```

Image 5.3 - En chainage avant

5. Le bilan de l'expérimentation

5.1 Les avantages d'utiliser un système à base de connaissances pour résoudre ce problème

L'utilisation du SBC a comme avantage qu'il permet de déduire facilement et rapidement de nouveaux faits à l'aide des règles. Il permet de déduire la lignée phylogénétique d'une espèce vivante à partir de ses caractéristiques. Pour pouvoir déterminer l'expertise du SBC, il faut regrouper tous les faits afin d'avoir une base de connaissance exploitable.

5.2 Les difficultés rencontrées pour déterminer l'expertise

Nous n'avons pas eu la possibilité de rencontrer en personne un expert dans la classification phylogénétique des espèces vivantes, nous avons dû faire des recherches sur internet afin de pouvoir simuler le travail de l'expert dans notre SBC.

5.3 Les avantages et contraintes de l'utilisation d'une coquille

L'avantage d'utiliser la coquille est que le chainage avant et arrière étant déjà implémenté dans la coquille, a facilité son utilisation pour la mise en place de la capsule du système. La coquille nous a permis de définir la logique du système et de faciliter notre travail dans l'implémentation du SBC. La principale contrainte rencontrée dans l'utilisation de la coquille est que les règles de base devraient être traduites compte tenu des opérateurs SI, ALORS, ET et OU déjà définis dans la coquille.

5.4 Les avantages et les limites du système

Une des limites de notre programme, est qu'il est possible de trouver plusieurs catégories contradictoires en même temps.

5.5 Les améliorations à apporter au système

Pour améliorer le système, il serait possible d'ajouter des règles empêchant plusieurs catégories contradictoires d'être découvertes à partir du même ensemble de caractéristiques. Cela permettrait de ne pas déduire d'un animal qu'il fait partie d'une catégorie s'il possède des caractéristiques qui ne correspondent pas à cette catégorie.

6. Bibliographie

https://fr.wikipedia.org/wiki/Système_expert

https://fr.wikipedia.org/wiki/Classification_phylogénétique

<https://planet-vie.ens.fr/article/1925/classification-vivant-mode-emploi>