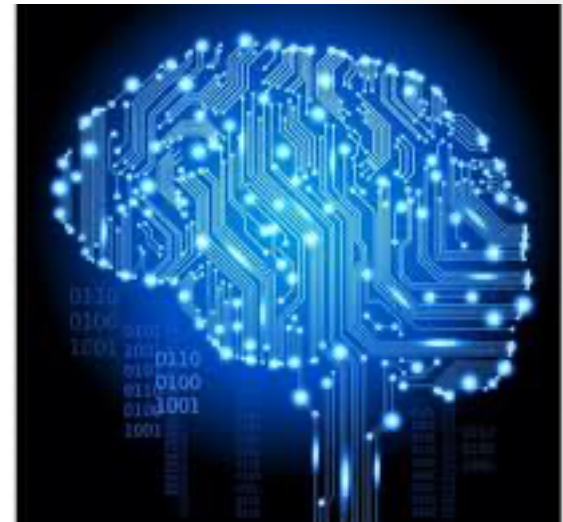


Bases de l'Intelligence Artificielle

PROLOG & IA



Marie Lefevre

2020-2021

Université Claude Bernard Lyon 1

De quoi va-t-on parler ?

- Les débuts
 - Avec Eliza
- Résolution par satisfaction de contraintes (CSP)
 - Avec les N-Reines
- Recherche dans un graphe d'états
 - Avec le labyrinthe
- Décomposition de problèmes
 - Avec les Tours de Hanoi
- Système à base de connaissances en TP...

Les débuts avec Eliza

- Classique des débuts de l'IA
- N'utilise absolument pas d'IA
- Est censé simuler une conversation avec un psychologue

Dialogue avec Eliza

?- eliza.

Bonjour. Qu'est-ce qui vous amène ?

|: "je suis triste".

depuis combien de temps êtes-vous triste ?

|: "depuis le départ de mon frère".

pouvez-vous me parler de votre frère ?

|: "j'aime discuter avec lui".

quelqu'un d'autre dans votre famille aime-t-il cela ?

|: "non".

continuez

|: "je me sens seule maintenant".

ressentez-vous souvent cela ?

|: "oui, depuis que mon frère est parti !".

pouvez-vous me parler de votre frère ?

|: "vous vous moquez de moi ?".

continuez

|: "bye".

Eliza : principe du programme

- Principe du « Stimulus – Réaction »
 - « bonjour / bienvenu »
 - « je suis X / depuis combien de temps êtes vous X ? »
- Lire l'entrée de l'utilisateur
- Tant que l'entrée n'est pas « bye »
 - Choisir une paire « stimulus-réaction »
 - Apparier l'entrée avec le stimulus
 - Générer la réponse à partir de la réaction et de l'appariement
 - Afficher la réponse
 - Lire l'entrée suivante
- Amélioration avec des mots-clés à détecter
 - pere, mere, frere....

De quoi va-t-on parler ?

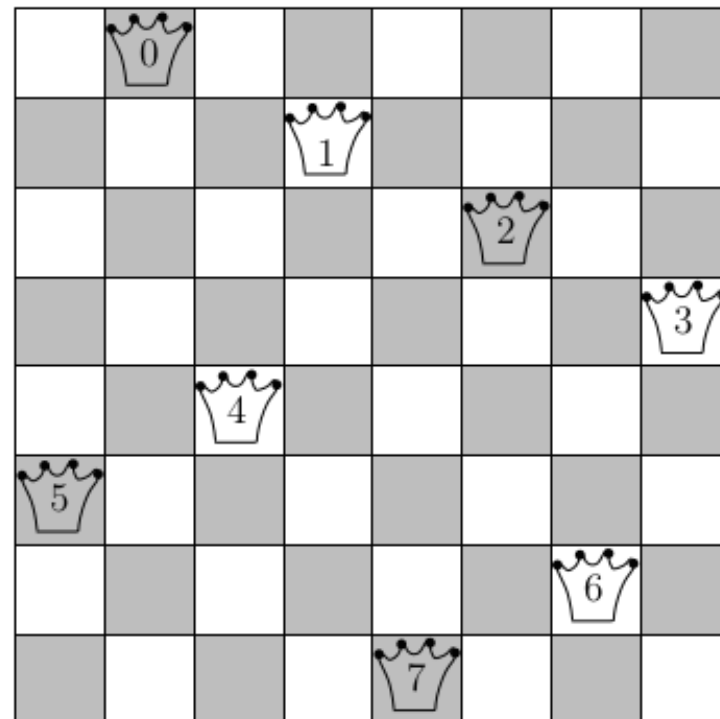
- Les débuts
 - Avec Eliza
- Résolution par satisfaction de contraintes (CSP)
 - Avec les N-Reines
- Recherche dans un graphe d'états
 - Avec le labyrinthe
- Décomposition de problèmes
 - Avec les Tours de Hanoi
- Système à base de connaissances en TP...

CSP

- $X = X_1, X_2, \dots, X_n$ l'ensemble des variables caractérisant le problème
- $D(X_i)$ le domaine de chaque variable X_i = l'ensemble des valeurs que X_i peut prendre théoriquement
- $C = C_1, C_2, \dots, C_k$ l'ensemble des contraintes
- Chaque contrainte C_j est une relation entre certaines variables de X restreignant les valeurs que peuvent prendre simultanément ces variables

Problème des N reines

Placer N reines sur un échiquier (une grille $N \times N$) tel qu'aucune reine attaque une autre reine
c'est-à-dire qu'il n'y a pas deux reines sur la même colonne, la même ligne, ou sur la même diagonale



4 reines : 1^{ère} modélisation

- Les variables
 - Associer à chaque reine i deux variables L_i (sa ligne) et C_i (sa colonne)
 - $X = \{L_1, L_2, L_3, L_4, C_1, C_2, C_3, C_4\}$
- Les domaines de valeurs
 - $D(L_1) = D(L_2) = D(L_3) = D(L_4) = D(C_1) = D(C_2) = D(C_3) = D(C_4) = \{1, 2, 3, 4\}$
- Les contraintes :
 - Les reines doivent être sur des lignes différentes.
 - $Clig = \{L_1 \neq L_2, L_1 \neq L_3, L_1 \neq L_4, L_2 \neq L_3, L_2 \neq L_4, L_3 \neq L_4\}$
 - Les reines doivent être sur des colonnes différentes.
 - $Ccol = \{C_1 \neq C_2, C_1 \neq C_3, C_1 \neq C_4, C_2 \neq C_3, C_2 \neq C_4, C_3 \neq C_4\}$
 - Les reines doivent être sur des diagonales montantes différentes.
 - $Cdm = \{C_1 + L_1 \neq C_2 + L_2, C_1 + L_1 \neq C_3 + L_3, C_1 + L_1 \neq C_4 + L_4, C_2 + L_2 \neq C_3 + L_3, C_2 + L_2 \neq C_4 + L_4, C_3 + L_3 \neq C_4 + L_4\}$
 - Les reines doivent être sur des diagonales descendantes différentes.
 - $Cdd = \{C_1 - L_1 \neq C_2 - L_2, C_1 - L_1 \neq C_3 - L_3, C_1 - L_1 \neq C_4 - L_4, C_2 - L_2 \neq C_3 - L_3, C_2 - L_2 \neq C_4 - L_4, C_3 - L_3 \neq C_4 - L_4\}$
 - L'ensemble des contraintes est défini par l'union de ces 4 ensembles :
 - $C = Clig \cup Ccol \cup Cdm \cup Cdd$

4 reines : 1^{ère} modélisation

?- reines4_v1(R).

```
R = [1, 2, 3, 4, 2, 4, 1, 3];
R = [1, 2, 3, 4, 3, 1, 4, 2];
R = [1, 2, 4, 3, 2, 4, 3, 1];
R = [1, 2, 4, 3, 3, 1, 2, 4];
R = [1, 3, 2, 4, 2, 1, 4, 3];
R = [1, 3, 2, 4, 3, 4, 1, 2];
R = [1, 3, 4, 2, 2, 1, 3, 4];
R = [1, 3, 4, 2, 3, 4, 2, 1];
R = [1, 4, 2, 3, 2, 3, 4, 1];
R = [1, 4, 2, 3, 3, 2, 1, 4];
R = [1, 4, 3, 2, 2, 3, 1, 4];
R = [1, 4, 3, 2, 3, 2, 4, 1];
R = [2, 1, 3, 4, 1, 3, 4, 2];
R = [2, 1, 3, 4, 4, 2, 1, 3];
R = [2, 1, 4, 3, 1, 3, 2, 4];
R = [2, 1, 4, 3, 4, 2, 3, 1];
R = [2, 3, 1, 4, 1, 4, 3, 2];
R = [2, 3, 1, 4, 4, 1, 2, 3];
R = [2, 3, 4, 1, 1, 4, 2, 3];
R = [2, 3, 4, 1, 4, 1, 3, 2];
R = [2, 4, 1, 3, 1, 2, 3, 4];
R = [2, 4, 1, 3, 4, 3, 2, 1];
R = [2, 4, 3, 1, 1, 2, 4, 3];
R = [2, 4, 3, 1, 4, 3, 1, 2];
```

```
R = [3, 1, 2, 4, 1, 2, 4, 3];
R = [3, 1, 2, 4, 4, 3, 1, 2];
R = [3, 1, 4, 2, 1, 2, 3, 4];
R = [3, 1, 4, 2, 4, 3, 2, 1];
R = [3, 2, 1, 4, 1, 4, 2, 3];
R = [3, 2, 1, 4, 4, 1, 3, 2];
R = [3, 2, 4, 1, 1, 4, 3, 2];
R = [3, 2, 4, 1, 4, 1, 2, 3];
R = [3, 4, 1, 2, 1, 3, 2, 4];
R = [3, 4, 1, 2, 4, 2, 3, 1];
R = [3, 4, 2, 1, 1, 3, 4, 2];
R = [3, 4, 2, 1, 4, 2, 1, 3];
R = [4, 1, 2, 3, 2, 3, 1, 4];
R = [4, 1, 2, 3, 3, 2, 4, 1];
R = [4, 1, 3, 2, 2, 3, 4, 1];
R = [4, 1, 3, 2, 3, 2, 1, 4];
R = [4, 2, 1, 3, 2, 1, 3, 4];
R = [4, 2, 1, 3, 3, 4, 2, 1];
R = [4, 2, 3, 1, 2, 1, 4, 3];
R = [4, 2, 3, 1, 3, 4, 1, 2];
R = [4, 3, 1, 2, 2, 4, 3, 1];
R = [4, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 4];
R = [4, 3, 2, 1, 2, 4, 1, 3];
R = [4, 3, 2, 1, 3, 1, 4, 2];
false.
```

Enorme combinatoire...

4 reines : 2^{ème} modélisation

- Intégrer une partie des contraintes :
 - On ne peut pas avoir deux reines sur la même colonne
- Les variables
 - Associer à chaque reine i une variable L_i , sa colonne étant fixée
 - $X = \{L_1, L_2, L_3, L_4\}$
- Les domaines de valeurs
 - $D(L_1) = D(L_2) = D(L_3) = D(L_4) = \{1, 2, 3, 4\}$
- Les contraintes :
 - les reines doivent être sur des lignes différentes
 - $Clig = \{L_i \neq L_j / i \text{ élément_de } \{1, 2, 3, 4\}, j \text{ élément_de } \{1, 2, 3, 4\} \text{ et } i \neq j\}$
 - les reines doivent être sur des diagonales montantes différentes
 - $Cdm = \{L_i + i \neq L_j + j / i \text{ élément_de } \{1, 2, 3, 4\}, j \text{ élément_de } \{1, 2, 3, 4\} \text{ et } i \neq j\}$
 - les reines doivent être sur des diagonales descendantes différentes
 - $Cdd = \{L_i - i \neq L_j - j / i \text{ élément_de } \{1, 2, 3, 4\}, j \text{ élément_de } \{1, 2, 3, 4\} \text{ et } i \neq j\}$
 - L'ensemble des contraintes est défini par l'union de ces 3 ensembles
 - $C = Clig \cup Cdm \cup Cdd$

4 reines : 3^{ème} modélisation

- Les variables
 - Non pas les positions des reines
 - Mais les états des 16 cases de l'échiquier X_{ij} (ligne i et colonne j)
 - $X = \{X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{31}, X_{32}, X_{33}, X_{34}, X_{41}, X_{42}, X_{43}, X_{44}\}$
- Les domaines de valeurs
 - chaque variable peut prendre pour valeur 0 (pas de reine sur la case) ou 1
 - $D(X_{ij}) = \{0,1\}$ pour tout i et tout j compris entre 1 et 4
- Les contraintes :
 - les reines doivent être sur des lignes différentes
 - $C_{lig} = \{X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + X_{i4} = 1 \mid i \text{ élément_de } \{1,2,3,4\}\}$
 - les reines doivent être sur des colonne différentes
 - $C_{col} = \{X_{1i} + X_{2i} + X_{3i} + X_{4i} = 1 \mid i \text{ élément_de } \{1,2,3,4\}\}$
 - les reines doivent être sur des diagonales montantes différentes
 - $C_{col} =$ pour tout couple de variables différentes X_{ij} et X_{kl} , $i+j=k+l \Rightarrow X_{ij} + X_{kl} \leq 1$
 - les reines doivent être sur des diagonales descendantes différentes
 - $C_{dd} =$ pour tout couple de variables différentes X_{ij} et X_{kl} , $i-j=k-l \Rightarrow X_{ij} + X_{kl} \leq 1$
 - L'ensemble des contraintes est défini par l'union de ces 3 ensembles
 - $C = C_{lig} \cup C_{col} \cup C_{dm} \cup C_{dd}$

Généralisation à N reines

- Par exemple, la deuxième modélisation devient :
- Variables :
 - $L = \{L_i / i \text{ est un entier compris entre } 1 \text{ et } n\}$
- Domaines :
 - Quelque soit L_i élément de L ,
 $D(L_i) = \{j / j \text{ est un entier compris entre } 1 \text{ et } n\}$
- Contraintes :
 - les reines doivent être sur des lignes différentes
 - $Clig = \{L_i \neq L_j / i \text{ et } j \text{ sont 2 entiers différents compris entre } 1 \text{ et } n\}$
 - les reines doivent être sur des diagonales montantes différentes
 - $Cdm = \{L_{i+i} \neq L_{j+j} / i \text{ et } j \text{ sont 2 entiers différents compris entre } 1 \text{ et } n\}$
 - les reines doivent être sur des diagonales descendantes différentes
 - $Cdd = \{L_{i-i} \neq L_{j-j} / i \text{ et } j \text{ sont 2 entiers différents compris entre } 1 \text{ et } n\}$
 - L'ensemble des contraintes est défini par l'union de ces 3 ensembles
 - $C = Clig \cup Cdm \cup Cdd$

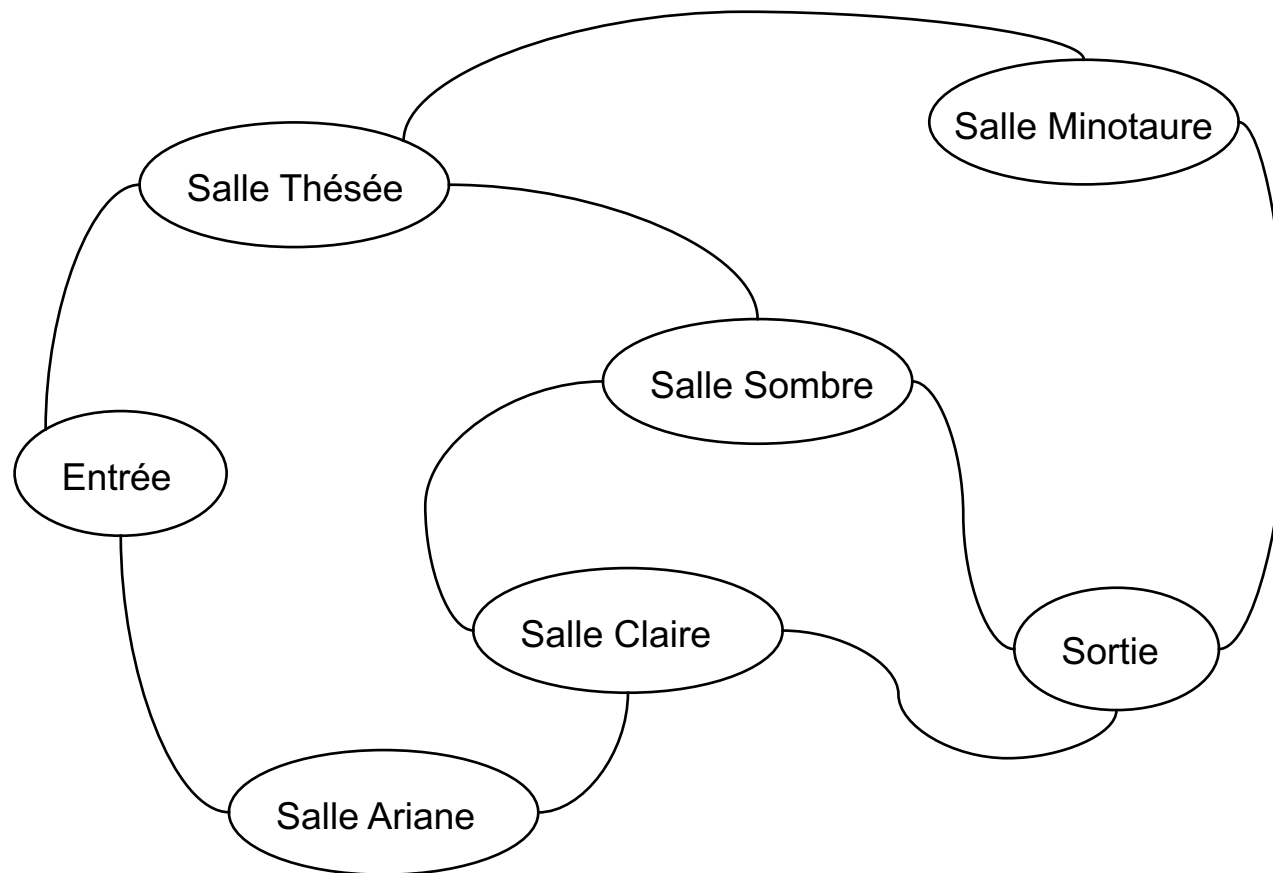
CSP : généralisation

- Prédicats de résolution génériques
- Nécessitent la définition pour chaque problème des prédicats
 - **domaines(L)**
qui génère la liste L des couples
[Variable,Domaine de la variable]
 - **consistants(affectation1,affectation2)**
si les deux affectations sont compatibles

De quoi va-t-on parler ?

- Les débuts
 - Avec Eliza
- Résolution par satisfaction de contraintes (CSP)
 - Avec les N-Reines
- Recherche dans un graphe d'états
 - Avec le labyrinthe
- Décomposition de problèmes
 - Avec les Tours de Hanoi
- Système à base de connaissances en TP...

Un problème de labyrinthe



Généralisation : recherche dans un graphe d'états

- On définit pour chaque problème :
 - Un état initial (ou plusieurs)
 - Un état final (ou plusieurs)
 - Des états interdits (éventuellement)
 - Des opérateurs de transition
- On définit un algorithme général de recherche dans le graphe ainsi construit

Algorithme de recherche

Liste des états
déjà rencontrés

État initial —————> État courant

Opérateur

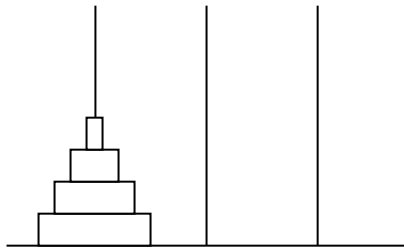
État suivant —————> État final

Liste des
opérateurs à
appliquer

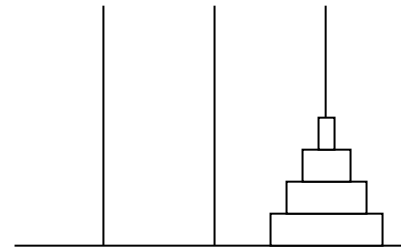
De quoi va-t-on parler ?

- Les débuts
 - Avec Eliza
- Résolution par satisfaction de contraintes (CSP)
 - Avec les N-Reines
- Recherche dans un graphe d'états
 - Avec le labyrinthe
- Décomposition de problèmes
 - Avec les Tours de Hanoi
- Système à base de connaissances en TP...

Les tours de Hanoï

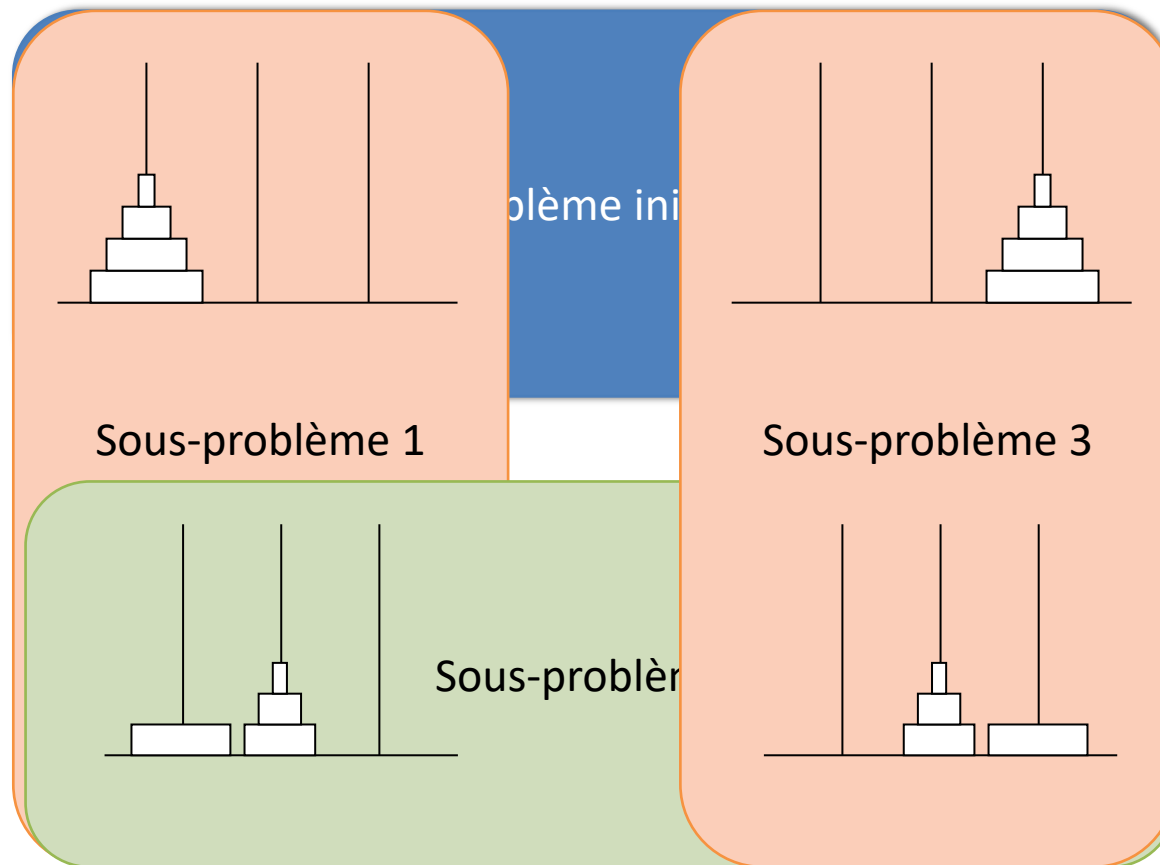


Situation initiale



Objectif

Décomposition un problème en sous-problèmes



De quoi va-t-on parler ?

- Les débuts
 - Avec Eliza
- Résolution par satisfaction de contraintes (CSP)
 - Avec les N-Reines
- Recherche dans un graphe d'états
 - Avec le labyrinthe
- Décomposition de problèmes
 - Avec les Tours de Hanoi
- SBC en TP...