Introduction à l'Intelligence Artificielle

M1 Miage 2017–2018 *Intelligence Artificielle*

Stéphane Airiau

LAMSADE

DAUPHINE
UNIVERSITÉ PARIS

Pourquoi avoir un cours d'IA

- Qu'est-ce que l'IA ?
  question difficile, les contours de l'IA sont parfois assez flous
- Qu'est ce que l'IA fait pour vous ?
  - traduction automatique (par exemple Mandarin $\rightarrow$ Français)
    par exemple, essayez `deepl.com`.
  - identification d'objet dans des images (ex : chaises, visages, etc)
    essayez *Rasta* (stage réalisé au lamsade)
  - plier votre linge
  - démontrer ou aider à démontrer de nouveaux théorèmes
  - assistants (médical, légal, ex IBM Watson)
  - robots (aides aux personnes âgées, aides musées)
  - **voitures autonomes**
  - **jouer au jeu de Go**
  - **jouer au pocker** Brains Vs. AI

Intelligence Artificielle

Terme créé par John McCarthy (aussi développeur du langage LISP) autour de 1956

> *Construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisantes par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique.*
>
> Marvin Minsky

Un enjeu politique

- France IA
- The Administration's Report on the Future of Artificial Intelligence

Le test de Turing

- Turing (1950) “Computing machinery and intelligence”
- Le test est créé pour donner une définition opérationnelle satisfaisante de l’intelligence
- Un ordinateur passe ce test si un homme, après avoir posé des questions écrites ne sait pas s’il s’adresse à un autre humain ou à une machine.

Tracks at IJCAI 2015

International Joint Conference on Artificial Intelligence

Agent and Multiagent Systems
Constraint Optimization
Ontologies
Game Theory
Heuristic Search
Graphical Models
Robotics and Vision
Natural Language Processing
Planning
Relational Learning
Satisfiability
Social Choice Theory
Vision and Perception
Web Mining

Artificial Intelligence and Social Sciences
Auctions and Market-Based Systems
Distributed Search/CSP/Optimization
Knowledge Representation, Reasoning, and Logic
Knowledge Acquisition
Machine Learning
Multidisciplinary Topics and Applications
Constraints, Satisfiability, and Search
Recommender Systems
Model Verification / Model Checking
Sequential Decision Making
Social Networks
Web and Knowledge-Based Information Systems
Special Track on Artificial Intelligence and the Arts

Special Track on Computational Sustainability
Special Track on Knowledge Representation and Reasoning
Special Track on Machine Learning

Tracks at IJCAI 2015

Economie ?

Agent and Multiagent Systems
Constraint Optimization
Ontologies
Game Theory
Heuristic Search
Graphical Models
Robotics and Vision
Natural Language Processing
Planning
Relational Learning
Satisfiability
Social Choice Theory
Vision and Perception
Web Mining

Artificial Intelligence and **Social Sciences**
Auctions and Market-Based Systems
Distributed Search/CSP/Optimization
Knowledge Representation, Reasoning, and Logic
Knowledge Acquisition
Machine Learning
Multidisciplinary Topics and Applications
Constraints, Satisfiability, and Search
Recommender Systems
Model Verification / Model Checking
Sequential Decision Making
Social Networks
Web and Knowledge-Based Information Systems
Special Track on Artificial Intelligence and the Arts

Special Track on Computational Sustainability
Special Track on Knowledge Representation and Reasoning
Special Track on Machine Learning

Tracks at IJCAI 2015

Logique ?

Agent and Multiagent Systems
Constraint Optimization
Ontologies
Game Theory
Heuristic Search
Graphical Models
Robotics and Vision
Natural Language Processing
Planning
Relational Learning
Satisfiability
Social Choice Theory
Vision and Perception
Web Mining

Artificial Intelligence and Social Sciences
Auctions and Market-Based Systems
Distributed Search/CSP/Optimization
Knowledge Representation, Reasoning, and Logic
Knowledge Acquisition
Machine Learning
Multidisciplinary Topics and Applications
Constraints, Satisfiability, and Search
Recommender Systems
Model Verification / Model Checking
Sequential Decision Making
Social Networks
Web and Knowledge-Based Information Systems
Special Track on Artificial Intelligence and the Arts

Special Track on Computational Sustainability
Special Track on Knowledge Representation and Reasoning
Special Track on Machine Learning

Tracks at IJCAI 2015

Optimisation Combinatoire ?

Agent and Multiagent Systems
Constraint Optimization
Ontologies
Game Theory
Heuristic Search
Graphical Models
Robotics and Vision
Natural Language Processing
Planning
Relational Learning
Satisfiability
Social Choice Theory
Vision and Perception
Web Mining

Artificial Intelligence and Social Sciences
Auctions and Market-Based Systems
Distributed Search/**CSP/Optimization**
Knowledge Representation, Reasoning, and Logic
Knowledge Acquisition
Machine Learning
Multidisciplinary Topics and Applications
Constraints, Satisfiability, and Search
Recommender Systems
Model Verification / Model Checking
Sequential Decision Making
Social Networks
Web and Knowledge-Based Information Systems
Special Track on Artificial Intelligence and the Arts

Special Track on Computational Sustainability
Special Track on Knowledge Representation and Reasoning
Special Track on Machine Learning

Tracks at IJCAI 2015

Agent and Multiagent Systems
Constraint Optimization
Ontologies
Game Theory
Heuristic Search
Graphical Models
Robotics and Vision
Natural Language Processing
Planning
Relational Learning
Satisfiability
Social Choice Theory
Vision and Perception
Web Mining

Artificial Intelligence and Social Sciences
Auctions and Market-Based Systems
Distributed Search/CSP/Optimization
Knowledge Representation, Reasoning, and Logic
Knowledge Acquisition
Machine Learning
Multidisciplinary Topics and Applications
Constraints, Satisfiability, and Search
Recommender Systems
Model Verification / Model Checking
Sequential Decision Making
Social Networks
Web and Knowledge-Based Information Systems
Special Track on Artificial Intelligence and the Arts

Special Track on Computational Sustainability
Special Track on Knowledge Representation and Reasoning
Special Track on Machine Learning

Tracks at IJCAI 2017

- **Machine Learning** (Classification, Feature Selection, Data Mining, Learing Graphical Model, Active Learning, Relational learning, Time series and Data Stream, Classification, Kernel Methods, Deep Learning, Data Mining and Personalisation, Semi supervised Learning, Reinforcement learning
- **Constraint Satisfaction** (Constraint Satisfaction 2, Solvers and tools,)
- **Uncertainty in AI** (Approximate Probabilistic inference 2, MDP)
- **Robotique** (Vision and Perception, motion and path planning, tobotics and vision)
- **Search** (Search in planning and scheduling, Heuristic search, planning algorithms, Satisfiability, Activity and plan recognition)
- **Systemes multiagents** (Agent theories, Cooperative Games, Noncooperative games, Economic Paradigms, Agent based simulations, etc)
- **Traitement automatique des langues** (Natural Language semantics, Natural Language processing, applications and tools, Discourse, Sentiment analysis and Text mining, Machine Translation)
- **Knowledge representation** (Common sense reasoning, automated reasoning and theorem proving, Description Logics and Ontologies, Geometric spatial and temporal reasoning,Computational Complexity of Reasoning, Belief change)

Plan du cours (pas complètement final)

- Algorithmes de recherche
- Algorithmes de recherche et heuristiques
- Problème de satisfaction de contraintes
- Jeux à deux joueurs

  minimax et élagage α-β

  un peu de théorie de jeux

} Good old fashion AI (GOFAI)

- Apprendre un arbre de décision
- Réseaux de neuronnes
- Apprentissage par renforcement

} Apprentissage automatique

- Intelligence Artificielle et Ethique

Contrôle des connaissances

- un examen (janvier) : 60%
- un projet : 40%
  - travail effectué
  - rapport
  - soutenance

Nouveauté cette année : des séances TD-TP
⇨ pour coder et exécuter les algorithmes.

Résolution d'un problème grace à la recherche dans un graphe

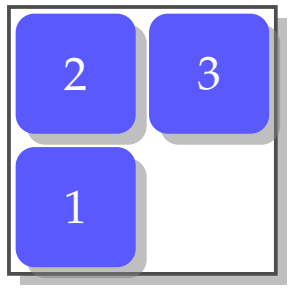
M1 Miage 2017–2018 *Intelligence Artificielle*

Stéphane Airiau

LAMSADE

DAUPHINE
UNIVERSITÉ PARIS

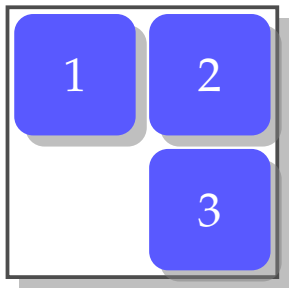
Exemple d'un jeu à résoudre : le taquin



taquin 2×2

Un taquin $n \times n$ est constitué de $n^2 - 1$ jetons carrés à l'intérieur d'un carré pouvant contenir n^2 jetons : on a donc une **case vide**.
Les coups permis sont ceux qui font glisser dans la case vide un des 2, 3 ou 4 jetons contigus.

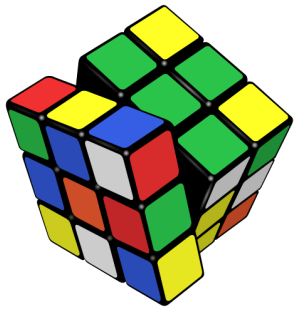
But : partir de l'état du taquin ci-dessus pour arriver à l'état du taquin ci-dessous.

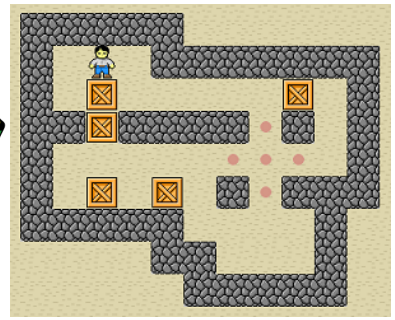


Un programme peut il résoudre ce type de problèmes pour n=2,3,4,5… ?

Jeux dans le même esprit

- poser n reines sur un échiquier de taille $n \times n$ sans qu'aucune reine n'attaque une autre reine.
- résoudre un "rubik's cube"





- résoudre un niveau de "Sokoban"
- jouer "aux chiffres" de l'emission des chiffres et des lettres.
- trouver un itinéraire d'un point A à un point B à l'aide d'une carte
- trouver un itinéraire qui passe exactement une fois par chaque ville

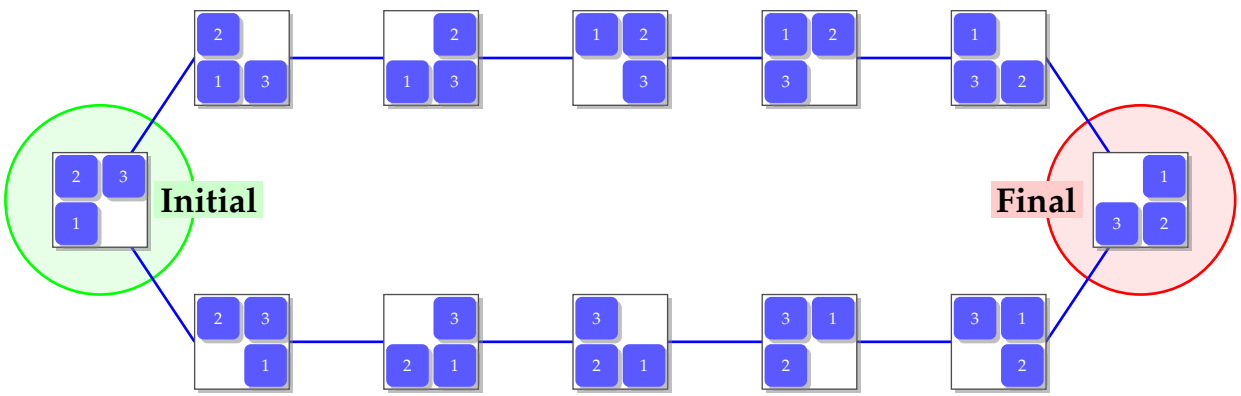
On peut aussi se poser des question **d'optimisation** :

- résoudre le taquin en un minimum de coups
- trouver un itinéraire qui minimise le temps de parcours
- …

Définition du problème : la modélisation

- 1ière étape : décider ce que sont les états et les actions.
- 2nde étape : bien définir le problème avec
  - un état de **départ**.
  - les **actions** possibles pour chaque état
  - le modèle de **transition** : c'est une fonction qui donne l'état qui résulte d'avoir effectué une action depuis un état.

  ⇨ on peut représenter l'état de départ, les actions et le modèle de transition par un **graphe**.
  - une fonction qui teste si le but est **atteint**.
  - éventuellement une fonction de coût pour chaque action dans chaque état.



Graphe pour le taquin 2×2

Définition du problème : la modélisation

- un état de **départ**.
- les **actions** possibles pour chaque état
- le modèle de **transition**
- une fonction qui teste si le but est **atteint**.
- éventuellement une fonction de coût pour chaque action dans chaque état.

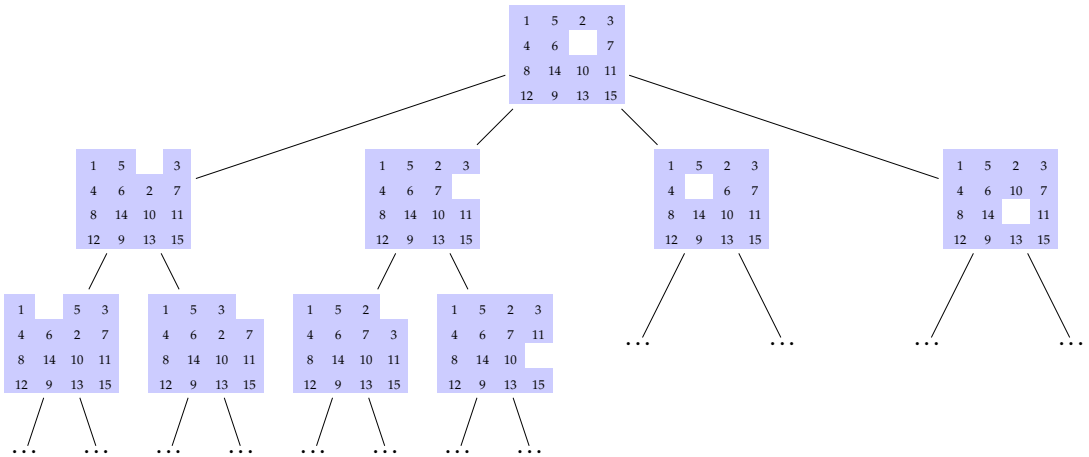
Une fois que le problème est modélisé
⇨ on peut utiliser des algorithmes génériques / solveurs indépendants

⇨ force brute de l'ordinateur
mais une certaine intelligence : avoir une méthode/algorithme qui résoud plein de problèmes
(quelques efforts faits par un humain pour bien modéliser le problème)

Résolution

La séquence d'actions possibles à partir de l'état initial forme un **graphe de recherche** :

- les noeuds représentent les états
- les branches représentent les différentes actions
- la racine est l'état initial

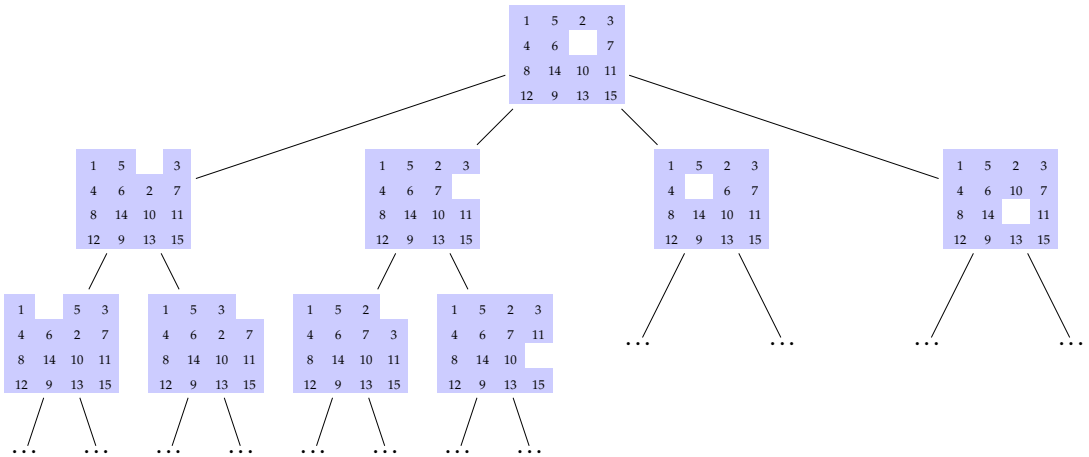


- Pour résoudre : on choisit un noeud à développer et on teste si les fils sont des états finaux.
- Quelle politique pour choisir le noeud à développer ?
- Attention : on peut répéter des noeuds ⇨on peut tourner en boucle (sauf si on se rappelle des états visités) !

Résolution

La séquence d'actions possibles à partir de l'état initial forme un **graphe de recherche** :

- les noeuds représentent les états
- les branches représentent les différentes actions
- la racine est l'état initial



Attention : pour expliquer un algorithme, on dessine/parcourt un graphe **mais** lors de l'exécution de l'algorithme, tout le graphe n'est pas forcément stocké en mémoire.

Taquin $n \times n$

- résoudre un problème de taquin 2×2 a l'air facile !
- Pensons au taquin 4×4
  - Combien y a-t-il de sommets exactement ?
  - ?
  - ⇨ la réponse est un entier proche de 2.10^{13}
  - Certains problèmes sont impossibles (il n'existe pas de chemin de l'état initial à l'état final).
  - en fait pour le 4×4, le graphe possède deux composantes connexes
  - ⇨ si on tire au sort l'état initial et l'état final
    on a 50% de chance qu'une solution existe.
  - il existe un test simple pour le savoir.
- Peut-on utiliser des algorithmes de la théorie des graphes ?

⇨ suppose que le graphe puisse être stocké en mémoire
peut être possible pour 4×4, pas sûr pour 5×5 ou 6×6 !

- on peut utiliser des algorithmes enseignés en cours d'algorithmique.

Résoudre avec des algorithmes de base

- expansion d'un graphe en largeur d'abord
  (**"breadth-first search" (BFS)**)
- expansion d'un graphe en profondeur d'abord
  (**"depth-first search" (DFS)**)
- expansion d'un graphe avec côut uniforme (**"Uniform-cost search"**) :
  développer le noeud qui a le coût le plus bas.
- recherche en profondeur limitée (**"depth-limited search"**) :
  utilise DFS jusqu'à une profondeur l donnée
  cela évite le problème du chemin infini, mais pause problème si la solution est plus profonde que l.
- recherche en profondeur itérative (**"iterative deepening DFS"**) :
  combine DFS et BFS : itérativement utilise DFS jusqu'à une profondeur de 1, 2, … jusqu'à trouver le but.
  les états sont générés de nombreuses fois
- recherche bidirectionnelle (**"Bidirectional search"**) : effectue deux recherche : une de l'état initial vers l'état final, l'autre dans le sens inverse (donc depuis l'état final).

Répétition des états

On ajoutera à ces stratégies la faculté de se souvenir ou non des noeuds visités

- sans mémoire : **“tree-search”** risque que les états se répètent
  ⇨risque de boucle
- avec mémoire : **“graph-search”** nécessite des ressources de stockage
  évite les boucles !

⇨ on ajoute une liste d’états visités (parfois appelée “explored set” ou “closed list”)

Critères pour comparer ces algorithmes

- **Complétude** : a-t-on une garantie de trouver une solution quand elle existe ?
- **Complexité du temps de calcul** : combien de temps a-t-on besoin (dans le pire des cas)
- **Complexité de l'espace mémoire** : combien d'espace mémoire a-t-on besoin (dans le pire des cas)
- **Optimalité** : est-ce-que la solution trouvée est optimale ?

Comparaison

	BFS	Uniform-Cost	DFS	Depth-limited	Iterative-deepening	Bidirectional
complet ?	✔ ? ✘	✔ ? ✘	✔ ? ✘	✔ ? ✘	✔ ? ✘	✔ ? ✘
complexité temps	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$
complexité mémoire	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$	$\mathcal{O}(?)$
optimal ?	✔ ? ✘	✔ ? ✘	✔ ? ✘	✔ ? ✘	✔ ? ✘	✔ ? ✘

- b sera le facteur de branchement de l'arbre
- d est la profondeur de la solution la moins profonde
- m est la profondeur maximale de l'arbre de recherche
- l est la limite de profondeur