

# Introduction à l'Intelligence Artificielle

Cours 1 – mercredi 28 septembre 2022

Adrien Revault d'Allonnes

[ara@up8.edu](mailto:ara@up8.edu)

Université Paris 8 – Vincennes à Saint-Denis

IIA – sept. à déc., 2022

# Adrien Revault d'Allonnes

- Maître de conférences

- enseignant-chercheur
- service statutaire : 192 HeqTD
- $\frac{1607}{(192 \times 2)} \approx 4.2$

MCF ou PU

Décret n°84-431 du 6 juin 1984 (art. 7)



# Adrien Revault d'Allonnes



- Maître de conférences

- enseignant-chercheur
- service statutaire : 192 HeqTD
- $\frac{1607}{(192 \times 2)} \approx 4.2$

MCF ou PU

Décret n°84-431 du 6 juin 1984 (art. 7)



# Adrien Revault d'Allonnes



- Maître de conférences

- enseignant-chercheur
- service statutaire : 192 HeqTD
- $\frac{1607}{(192 \times 2)} \approx 4.2$

MCF ou PU

Décret n°84-431 du 6 juin 1984 (art. 7)



# Adrien Revault d'Allonnes



- Maître de conférences

- enseignant-chercheur
- service statutaire : 192 HeqTD
- $\frac{1607}{(192 \times 2)} \approx 4.2$

MCF ou PU

Décret n°84-431 du 6 juin 1984 (art. 7)



# Adrien Revault d'Allonnes



- Maître de conférences

- enseignant-chercheur
- service statutaire : 192 HeqTD
- $\frac{1607}{(192 \times 2)} \approx 4.2$

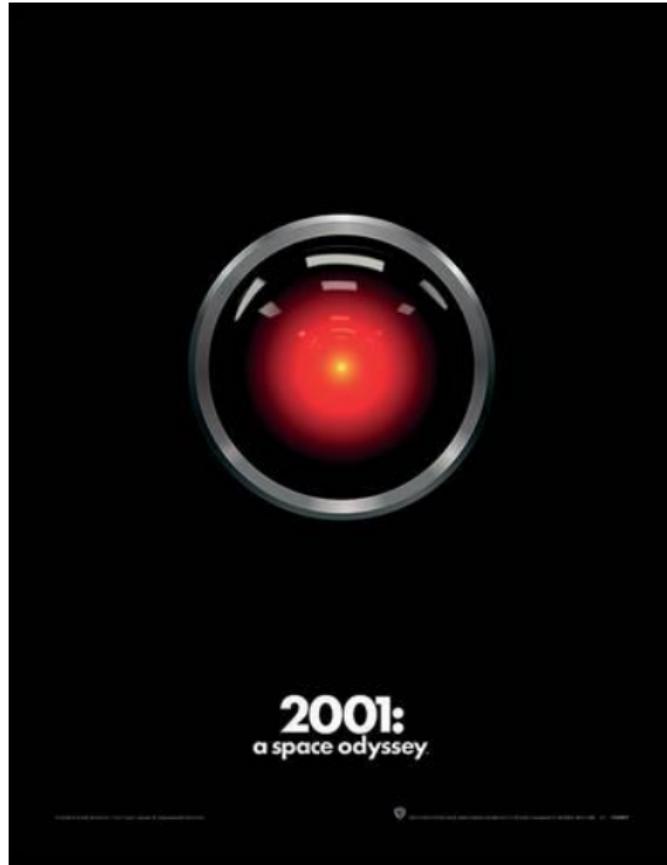
MCF ou PU

Décret n°84-431 du 6 juin 1984 (art. 7)

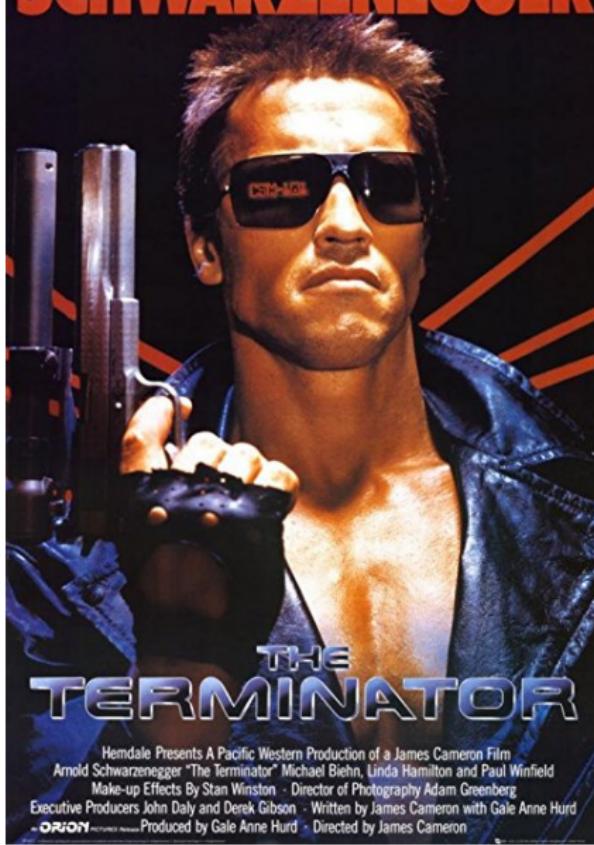


# Objectifs du cours

- Introduction à l'**intelligence artificielle**
  - comprendre ce que c'est que l'IA
- Acquisition des fondamentaux
  - représentation de connaissances
  - résolution de problèmes
  - raisonnement
  - apprentissage artificiel (ou automatique)



# SCHWARZENEGGER



Hemdale Presents A Pacific Western Production of a James Cameron Film

Arnold Schwarzenegger "The Terminator" Michael Biehn, Linda Hamilton and Paul Winfield

Make-up Effects By Stan Winston - Director of Photography Adam Greenberg

Executive Producers John Daly and Derek Gibson - Written by James Cameron with Gale Anne Hurd

- Produced by Gale Anne Hurd - Directed by James Cameron

ORION PICTURES



David is 11 years old.  
He weighs 60 pounds.  
He is 4 feet, 6 inches tall.  
He has brown hair.  
  
His love is real,  
But he is poor.



ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**SUMMER 2001** 

## A. Revault d'Allonnes

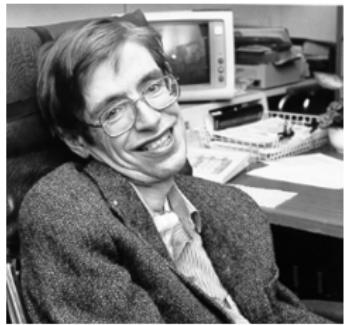
FIA - 4

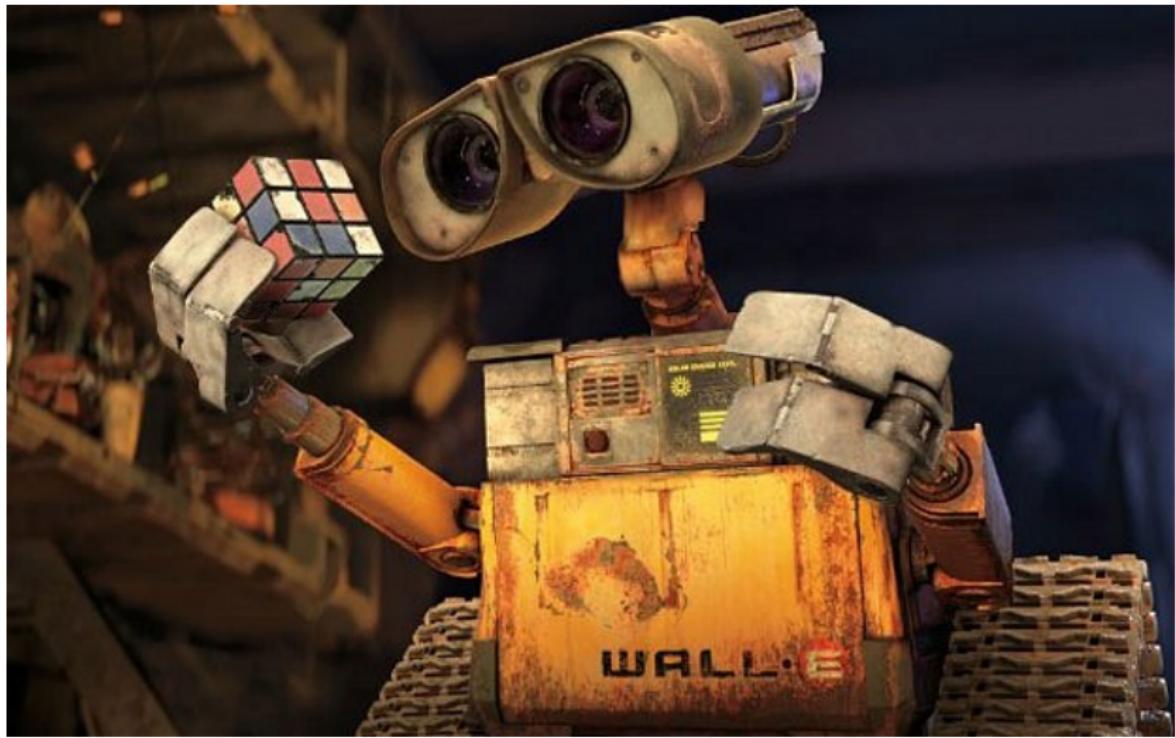


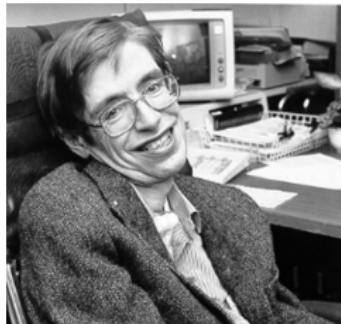
















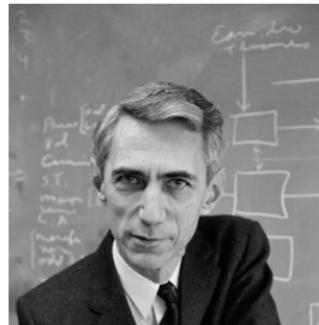


# Qu'est-ce que l'IA ?

- Informatique heuristique
  - science dont le but est de faire faire par la machine des activités que l'homme accomplit grâce à son intelligence
  - étude des activités intellectuelles pour lesquelles aucune méthode n'est, a priori, connue [Laurière]
  - problèmes pour lesquels il n'existe pas d'algorithme connu qui les résolve en temps raisonnable
- Approches de résolution
  - choix guidés par des **heuristiques**
  - représentation et simplification de l'espace des solutions
- Quelques exemples
  - reconnaissance de formes
  - résumé de textes, traduction, reconnaissance de styles d'auteurs
  - prise de décision (diagnostic médical, résolution de pannes, ...)
  - modélisation de systèmes complexes (biomimétiques, ...)
  - jeux : échecs, go, gestion de PNJ, moteur de jeu (IA)

## Quelques dates

- 1949 : Claude Shannon
    - algorithme pour jouer aux échecs



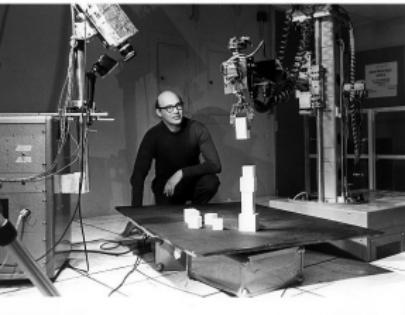
# Quelques dates

- 1949 : Claude Shannon
  - algorithme pour jouer aux échecs
- 1950 : **Alan Turing** 'Computing machinery and intelligence'
  - le jeu de l'imitation (test de Turing)
    - *A* (homme), *B* (femme), *C* (interrogateur)
    - peut-on concevoir une machine capable de jouer à ce jeu ?



# Quelques dates

- 1949 : Claude Shannon
  - algorithme pour jouer aux échecs
- 1950 : **Alan Turing** 'Computing machinery and intelligence'
  - le jeu de l'imitation (test de Turing)
    - A (homme), B (femme), C (interrogateur)
    - peut-on concevoir une machine capable de jouer à ce jeu ?
- 1956 : Conférence de Dartmouth College
  - Marvin Minsky, John McCarthy, Herbert Simon, ...
  - 'Logic Theorist' : démonstrateur de théorèmes
  - but : simuler le raisonnement humain



# Quelques dates

- 1949 : Claude Shannon
  - algorithme pour jouer aux échecs
- 1950 : **Alan Turing** 'Computing machinery and intelligence'
  - le jeu de l'imitation (test de Turing)
    - *A* (homme), *B* (femme), *C* (interrogateur)
    - peut-on concevoir une machine capable de jouer à ce jeu ?
- 1956 : Conférence de Dartmouth College
  - Marvin Minsky, John McCarthy, Herbert Simon, ...
  - 'Logic Theorist' : démonstrateur de théorèmes
  - but : simuler le raisonnement humain
- ...
- 2005 : DARPA Grand Challenge
  - Université de Stanford (Sebastian Thrun) : voiture sans pilote







# Domaines d'application

- Industriels

- aide à la décision ; diagnostic (finance, médical, ...)
- recherche d'informations (Google, ...)
- jeux vidéos
- logistique (gestion de plannings, tournées, ...)
- robotique (civile, militaire)
- interfaces (agents conversationnels, ...)
- électroménager (machines à laver, aspirateurs, ...)
- ...

- Universitaires

- modélisation des connaissances et raisonnement
- démonstrations
- enseignement assisté
- simulation
- ...

# Résolution de problèmes

- 'Trouver une séquence d'actions pour atteindre un but désiré'  
(Russel & Norvig)
  - jouer un coup aux échecs
  - optimiser son parcours pour faire ses courses
  - planifier son emploi du temps
  - trouver le coupable au Cluedo
  - trouver les mots pertinents pour traduire un texte
- Approche de résolution
  - modéliser le problème
  - méthodes exhaustives de résolution
  - méthodes heuristiques
- 'Human problem solving' de Newell & Simon, 1972
  - première démarche standard de résolution

# Résolution d'un problème

- (Comprendre l'énoncé)
- Modéliser le problème
  - trouver les *états*
  - énoncer les *contraintes*
  - définir les *actions* possibles
- Formaliser le problème
  - représentation non ambiguë
  - plusieurs solutions peuvent être possibles
- **Espace des états**
  - définir les états possibles
  - donner l'état initial
  - énoncer les états buts (finaux, terminaux)
- Actions réalisables : *transitions* entre états
  - une action permet de changer d'état
- Exploration de l'espace des états
  - trouver un chemin (optimal ?) de l'état initial vers un état but

# Exemple : le problème du fermier (1)

- Un fermier veut traverser une rivière avec une poule, un renard et du grain
  - il a un bateau avec une seule place, en plus de lui
  - il ne peut laisser seuls
    - le grain avec la poule
    - la poule avec le renard
  - comment faire la traversée ?
- Modélisation
  - états : différentes situations possibles
    - position de chaque acteur (berge 1 ou berge 2) : (F,P,R,G)
    - état initial : (1, 1, 1, 1)
    - état but : (2, 2, 2, 2)
  - contraintes : états interdits
    - (1, 2, 2, 1), (1, 2, 1, 2), (1, 2, 2, 2)
    - (2, 1, 1, 2), (2, 1, 2, 1), (2, 1, 1, 1)
  - actions : passage d'un état à un autre
    - (1, 1, 1, 1) → (2, 2, 1, 1) : le fermier traverse avec la poule
    - (2, 2, 1, 1) → (1, 2, 1, 1) : le fermier revient tout seul

# Résolution du problème

- Trouver une séquence d'actions de l'état initial à l'état but
  - construction du **graphe des états**
- Stratégies de résolution
  - méthodes **exhaustives** : parcours de tout l'espace des états
    - méthode aléatoire
    - recherche en profondeur
    - recherche en largeur
  - méthodes **informées** ou **heuristiques** : parcours de l'espace des états une seule fois
    - algorithme glouton
    - algorithme A\* : utilisation d'une *heuristique*

# Exemple : problème du fermier (2)

- Trouver une séquence d'actions de  $(1, 1, 1, 1)$  à  $(2, 2, 2, 2)$ 
  - combien d'états possibles ?
    - $2^4$  états (16)
  - combien de transitions possibles ?
    - pour chaque état, entre 1 et 4
- Méthode aléatoire
- Recherche en profondeur
- Recherche en largeur

# Méthode exhaustive : la recherche aléatoire

- **Principe** : explorer systématiquement l'espace des états
- Algorithme
  - initialisation
    - $e_0$  : état initial,  $B$  : ensemble d'états buts (ici,  $B = \{(2, 2, 2, 2)\}$ )
    - $E = \emptyset$  : ensemble des états déjà visités
    - $P = \emptyset$  : historique (pile d'états)
  - on pose  $e = e_0$  ( $e$  est l'état courant)
  - tant que  $e \notin B$  et qu'il n'y a pas d'échec
    - $S = \{e' \notin E \text{ tel que } e \rightarrow e'\}$
    - si  $S = \emptyset$ 
      - si  $P = \emptyset$  alors **échec** : pas de solution
      - sinon, choisir  $e$  parmi les états dans  $P$
    - sinon, choisir aléatoirement  $e'$  dans  $S$  et mettre  $e'$  dans  $P$
    - choisir un nouvel  $e$  dans  $P$

# Méthode exhaustive : recherche en profondeur

- **Principe** : avancer le plus loin possible avant de changer de chemin
- Mise en œuvre
  - ordre d'examen des états
  - relation de préférence entre les actions
  - choisir le prochain état parmi les successeurs de l'état actuel
- Algorithme récursif :  $\text{rechProf}(G, e)$
- - marquer( $e$ )
  - si  $e \in B$ , alors terminer la recherche
  - sinon, pour chaque  $e'$  successeur de  $e$  faire
    - si non(marquer( $e'$ )) alors  $\text{rechProf}(G, e')$

# Méthode exhaustive : recherche en largeur

- **Principe** : explorer tous les successeurs immédiats de  $e$  avant d'avancer
- Mise en œuvre
  - ordre d'examen des états
  - relation de préférences entre les actions
- Algorithme récursif :  $\text{rechLarg}(G, e)$ 
  - $F = \text{FileDEtats}()$
  - ajouter( $e, F$ )
  - tant que non-vide( $F$ )
    - $x = \text{retirerUnEtat}(F)$
    - tant que existeFils( $x$ )
      - $y = \text{filsSuivant}(x)$
      - si nonMarqué( $y$ ), alors marquer( $y$ ) et ajouter( $y, F$ )

# Méthodes exhaustives : conclusion

- Méthodes peu efficaces, en général
- Recherche aléatoire
  - indépendante de la modélisation
- Recherche en profondeur
  - problèmes avec les cycles
  - efficace pour les graphes très larges
    - beaucoup d'actions pour peu de buts
- Recherche en largeur
  - souvent efficace
    - recherche du plus court chemin, ...
  - coûteuse en mémoire en général

# Exercice

- Résoudre le problème du fermier en appliquant chacune des méthodes suivantes
  - votre propre méthode ‘à la main’
  - la recherche aléatoire
  - la recherche en profondeur
  - la recherche en largeur
- Combien d’états sont visités pour chaque méthode ?
- Quelle méthode semble la plus adaptée pour ce problème ?