

Introduction à l'intelligence artificielle et à la robotique

Damien Pellier
damien.pellier@imag.fr

Université Pierre Mendès-France
Département d'Informatique
Licence MASS



Plan de cours

1. Introduction à l'intelligence artificielle
2. Agents intelligents
3. Algorithmes classiques de recherche en IA
4. Algorithmes et recherches heuristiques
5. Programmation des jeux de réflexion
6. Problèmes de satisfaction de contraintes
7. Agents logiques
8. Logique du premier ordre
9. Inférence en logique du première ordre
10. Introduction à la programmation logique avec Prolog
11. Planification
12. Apprentissage

Objectifs du cours

- ▶ Présenter les fondements de l'intelligence artificielle et de la robotique
- ▶ Former les étudiants aux techniques classique d'intelligence artificielle
- ▶ Confronter les étudiants à l'intégration pratique de techniques d'IA dans un robot

Pré-requis souhaitables

- ▶ Algorithmique
- ▶ Complexité
- ▶ Programmation (impérative ou orientée objets)
- ▶ Connaissance d'un environnement de développement intégré
- ▶ Sensibilisation aux problématiques de l'embarqué

Compétences visées

- Poser une démarche de résolution de problème
- Implémenter les algorithmes classiques de l'intelligence artificielle
- Maîtriser les limites des algorithmes présentés en termes d'activités et de complexité
- Maîtriser les limites d'un système embarqué temps réel
- Savoir concevoir les logiciels d'un robot autonome simple

Organisation des travaux pratiques

1. Définition des objectifs	Semaine 1	
2. Analyse des besoins	Semaine 2	
3. Spécification	Semaine 3	Cahier des charges
4. Conception	Semaine 4	
5. Développement	Semaine 5	Plan de développement
6. Développement	Semaine 6	
7. Développement	Semaine 7	
8. Développement	Semaine 8	
9. Développement	Semaine 9	
10. Intégration	Semaine 10	Plan de tests
11. Recette	Semaine 11	Code source / doc. interne
12. Évaluation	Semaine 12	Rapport final

Objectifs des travaux pratiques

- Programmer un robot capable de ramasser un maximum de palets sur un plateau en un minimum de temps
- Contraintes (Le détail du règlement de la compétition est sur le site web du cours)
 - Le programme devra être embarqué sur le robot
 - la forme des robots vous est imposée
 - L'évaluation consistera à opposer vos différents robots lors d'une compétition au bout de 12 semaines de préparation
 - Le projet est à réaliser en quadrinôme

Modalités de contrôle de connaissances

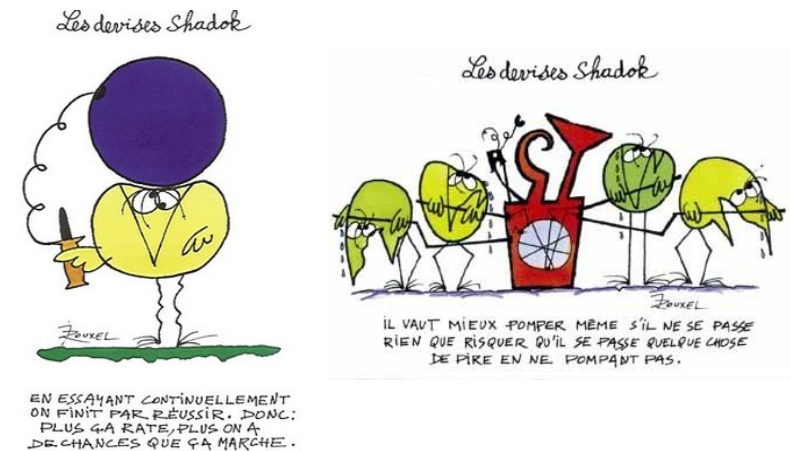
- Note finale : 50% examen final et 50% travaux pratiques et projet
 - La note de projet tient compte des évaluations hebdomadaires ainsi que des documents à rendre.
- ECTS : 6
- Volume horaire : 24h de cours et 24h de TD/TP

Bibliographie

- ▶ S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence : A Modern Approach* , Prentice Hall, 2002
- ▶ J-G. Ganascia, *L'intelligence artificielle* . Flammarion, 1993.
- ▶ I. Bratko, *Programmation en Prolog pour l'intelligence artificielle* , 2001
- ▶ J. Alliot et T. Schiex, *Intelligence Artificielle et Informatique Théorique* , Cépaduès Editions, 1993.
- ▶ N. Nilsson, *Artificial Intelligence : A New Synthesis* , Morgan Kaufmann, 1998.

Comment réussir ce module ?

Deux devises Shadock



Comment réussir ce module ?

Les règles du succès



Règle 1 : Assistez à tous les cours, TD et TP

- ▶ En cas d'absence à un cours rattrapez rapidement
- ▶ Une absence non rattrapée \Rightarrow un décrochage

Règle 2 : Lisez le sujet de TP ou TD avant la séance encadrée

- ▶ Vous gagnerez beaucoup de temps

Règle 3 : Posez des questions !

- ▶ Les enseignants sont là pour y répondre

Règle 4 : Ne laissez pas passer un mot ou un concept sans le comprendre

- ▶ Demandez systématiquement à un enseignant

Règle 5 : Relisez votre TD ou TP le soir après l'avoir fait

- ▶ Profitez de la séance suivante pour poser les questions que vous aurez préalablement préparées

Première partie I

Introduction à l'intelligence Artificielle

Plan

1. Introduction à l'intelligence artificielle
2. Agents intelligents
3. Algorithmes classiques de recherche en IA
4. Algorithmes et recherches heuristiques
5. Programmation des jeux de réflexion
6. Problèmes de satisfaction de contraintes
7. Agents logiques
8. Logique du premier ordre
9. Inférence en logique du première ordre
10. Introduction à la programmation logique avec Prolog
11. Planification
12. Apprentissage

Qu'est-ce que l'Intelligence Artificielle (IA) ?

- ▶ Terme inventé par John Mc Carthy
- ▶ Définition (Marvin Lee Minsky) :

"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."

En bref ...

Qu'est-ce que l'Intelligence Artificielle (IA) ?

Un peu d'histoire

Que peut on faire avec l'IA ?

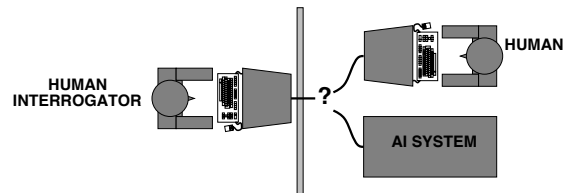
Qu'est-ce que l'Intelligence Artificielle (IA) ?

Des systèmes qui ...

pensent comme des êtres humains	pensent de manière rationnelle
agissent comme des êtres humains	agissent de manière rationnelle

Agir comme un être humain : le test de Turing

- ▶ Alan Turing (1950) "Computing machinery and intelligence" :
 - ▶ "Les machines peuvent-elles penser ?"
 - "Les machines peuvent-elles se comporter intelligemment ?"
 - ▶ Test opérationnel pour établir un comportement intelligent : l'imitation



Problème

Le test de Turing n'est pas reproductible et ne se prête pas à une analyse scientifique

Penser comme un être humain : l'approche cognitive

- ▶ La "révolution cognitive" des années 60 : le traitement de l'information a remplacé l'orthodoxie en vigueur du **behaviourisme**
- ▶ Etablir des théories scientifiques sur l'activité interne du cerveau.
 - ▶ Quel est le niveau d'abstraction ? "connaissance" ou "circuit" ?
 - ▶ Comment valider ?
 1. Prédire et tester le comportement de sujets humains ou animaux (top-down)
 2. Identifier directement à partir de données neurologiques (bottom-up)
- ▶ Les **sciences cognitives** et les **neurosciences cognitives** sont désormais distinctes de l'IA
- ▶ Elles partagent avec l'IA la caractéristique suivante :

les théories disponibles n'expliquent rien au niveau général de l'intelligence humaine
- ▶ Les 3 domaines vont dans la même direction !

Les prédictions d'Alan Turing

- ▶ Alan Turing a prédit :
 - ▶ qu'en 2000, une machine aurait 30% chance de tromper une personne pendant 5 minutes
 - ▶ les principaux arguments contre l'IA pour les 50 années suivantes
 - ▶ les principales composantes de l'IA : représentation des connaissances, TALN, raisonnement, compréhension, apprentissage

Penser rationnellement : les "lois de la pensée"

- ▶ **Normative** (ou **préscriptive**) plutôt que **descriptive**
- ▶ Aristote : quels sont les arguments et les processus de pensée corrects ?
- ▶ Plusieurs écoles de philosophie grecques ont développé différentes formes de **defnlogique** : une *notation* et des *règles de dérivation* de la pensée (peuvent être vues comme préalable à l'automatisation)
- ▶ En ligne directe depuis les mathématiques et la philosophie jusqu'à l'IA moderne

Problèmes

1. Un comportement intelligent ne passe pas forcément par un raisonnement logique
2. Quel est le but de la pensée ? Quelles pensées (logiques ou non) concevoir par rapport à l'ensemble des possibles ?

Agir rationnellement

- Comportement **rationnel** : faire la chose adéquate
- La chose adéquate : celle qui, étant données les informations disponibles, doit permettre d'atteindre au mieux l'objectif
- Cela n'implique pas nécessairement une réflexion (ex : clignement d'oeil / réflexe) mais la réflexion doit être service de l'action rationnelle
- Aristote (Ethique à Nicomaque) : *Tout art et toute investigation, et pareillement toute action et sa suite, est pensé pour viser quelque chose de bon*

Préhistoire de l'IA

Philosophie	logique, méthodes de raisonnement esprit perçu comme un système physique fondations de l'apprentissage, langage, rationalité
Mathématiques	représentation formelle et preuve algorithmes, (in)calculabilité, (in)décidabilité, (im)praticabilité, probabilité
Psychologie	adaptation phénomène de perception contrôle moteur techniques expérimentales (psychophysique, etc.)
Economie	théorie formelle des décisions rationnelles
Linguistique	représentation de la connaissance grammaire
Neurosciences	plasticité du substrat physique pour l'activité mentale
Théorie du contrôle	systèmes homéostatiques, stabilité conception d'agents optimaux simples

Les agents rationnels

- Un **agent** is une entité qui perçoit et qui agit.
- Ce cours concerne la conception d'**agents rationnels**

De manière abstraite, un agent est une fonction qui fait correspondre à un **historique de perceptions** un **ensemble d'actions** :

$$f : \mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A}$$

- Pour une classe donnée d'environnements et de tâches, nous cherchons l'agent (ou classe d'agents) avec la meilleure performance

Attention !

Les limites computationnelles rendent la rationalité parfaite inatteignable

→ conception du meilleur programme étant données les ressources de la machine

Résumé de l'histoire de l'IA

1943	McCulloch & Pitts : Modèle du cerveau avec un circuit booléen
1950	Turing's "Computing Machinery and Intelligence"
1952-69	Les grandes espérances
années 50	Premiers programmes d'IA, jeux d'échecs de Samuel, Théoricien logique de Newell & Simon, moteur géométrique de Gelernter
1956	Conférence de Dartmouth : adoption du terme "Intelligence Artificielle"
1965	Algorithme complet pour le raisonnement logique de Robinson
1966-74	l'IA découvre la complexité computationnelle La recherche sur les réseaux de neurones disparaît presque
1969-79	Premiers développements des systèmes fondés sur les connaissances
1980-88	Explosion de l'industrie des systèmes experts
1988-93	Fin de l'industrie des systèmes experts : "l'hiver de l'IA"
1985-95	Retour en grâce des réseaux de neurones
1988-	Résurgence des modèles probabilistes ; l'IA devient une science
	"Nouvelle IA" : vie artificielle, algorithmes génétiques, soft computing
1995-	Des agents partout ...
2003-	IA de niveau humain de retour sur l'agenda, big data

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Anderssone (1988)

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Anderssone (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Anderssone (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table?
 - ▶ Oui , le robot d'Andersson (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table?
 - ▶ Oui , le robot d'Andersson (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table?
 - ▶ Oui , le robot d'Andersson (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table?
 - ▶ Oui , le robot d'Andersson (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Anderssone (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement, sauf pour des produits limités

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Anderssone (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement, sauf pour des produits limités
- ▶ Jouer correctement au bridge ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Anderssone (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement, sauf pour des produits limités
- ▶ Jouer correctement au bridge ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Anderssone (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement, sauf pour des produits limités
- ▶ Jouer correctement au bridge ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème
- ▶ Découvrir et prouver un nouveau théorème mathématique ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Andersson (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement, sauf pour des produits limités
- ▶ Jouer correctement au bridge ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème
- ▶ Découvrir et prouver un nouveau théorème mathématique ?
 - ▶ Oui, pour certain mais pas pour tous

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Andersson (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement, sauf pour des produits limités
- ▶ Jouer correctement au bridge ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème
- ▶ Découvrir et prouver un nouveau théorème mathématique ?
 - ▶ Oui, pour certain mais pas pour tous
- ▶ Concevoir et réaliser un programme de recherche en biologie moléculaire ?
 - ▶ Non, pas encore

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Andersson (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement, sauf pour des produits limités
- ▶ Jouer correctement au bridge ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème
- ▶ Découvrir et prouver un nouveau théorème mathématique ?
 - ▶ Oui, pour certain mais pas pour tous
- ▶ Concevoir et réaliser un programme de recherche en biologie moléculaire ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Andersson (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement, sauf pour des produits limités
- ▶ Jouer correctement au bridge ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème
- ▶ Découvrir et prouver un nouveau théorème mathématique ?
 - ▶ Oui, pour certain mais pas pour tous
- ▶ Concevoir et réaliser un programme de recherche en biologie moléculaire ?
 - ▶ Non, pas encore
- ▶ Ecrire une histoire drôle

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Jouer correctement au tennis de table ?
 - ▶ Oui , le robot d'Anderssone (1988)
- ▶ Conduire en toute sécurité à Paris dans une artère bondée ?
 - ▶ Non pas encore mais des gens y travaille ⇒ cf. Darpa Project
- ▶ Commander sur le web une semaine de nourriture ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème et au meilleur prix
- ▶ Faire les courses de la semaine dans un centre commercial ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement, sauf pour des produits limités
- ▶ Jouer correctement au bridge ?
 - ▶ Oui, sans aucun problème
- ▶ Découvrir et prouver un nouveau théorème mathématique ?
 - ▶ Oui, pour certain mais pas pour tous
- ▶ Concevoir et réaliser un programme de recherche en biologie moléculaire ?
 - ▶ Non, pas encore
- ▶ Ecrire une histoire drôle
 - ▶ Non, pas intentionnellement

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé
 - ▶ Oui, dans des domaines spécilisés du droit

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé
 - ▶ Oui, dans des domaines spécilisés du droit
- ▶ Traduire de l'anglais au suédois en temps réel ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé
 - ▶ Oui, dans des domaines spécilisés du droit
- ▶ Traduire de l'anglais au suédois en temps réel ?
 - ▶ Oui, pour des texts limités

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé
 - ▶ Oui, dans des domaines spécilisés du droit
- ▶ Traduire de l'anglais au suédois en temps réel ?
 - ▶ Oui, pour des texts limités
- ▶ Discuter pendant une heure avec un être humain ?
 - ▶ Non, mais je peux faire illusion quelques instants.

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé
 - ▶ Oui, dans des domaines spécilisés du droit
- ▶ Traduire de l'anglais au suédois en temps réel ?
 - ▶ Oui, pour des texts limités
- ▶ Discuter pendant une heure avec un être humain ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé
 - ▶ Oui, dans des domaines spécilisés du droit
- ▶ Traduire de l'anglais au suédois en temps réel ?
 - ▶ Oui, pour des texts limités
- ▶ Discuter pendant une heure avec un être humain ?
 - ▶ Non, mais je peux faire illusion quelques instants.
- ▶ Réaliser une opération chirurgicale complexe ?

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé
 - ▶ Oui, dans des domaines spécilisés du droit
- ▶ Traduire de l'anglais au suédois en temps réel ?
 - ▶ Oui, pour des texts limités
- ▶ Discuter pendant une heure avec un être humain ?
 - ▶ Non, mais je peux faire illusion quelques instants.
- ▶ Réaliser une opération chirurgicale complexe ?
 - ▶ Oui mais sous surveillance d'un chirurgien

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé
 - ▶ Oui, dans des domaines spécilisés du droit
- ▶ Traduire de l'anglais au suédois en temps réel ?
 - ▶ Oui, pour des texts limités
- ▶ Discuter pendant une heure avec un être humain ?
 - ▶ Non, mais je peux faire illusion quelques instants.
- ▶ Réaliser une opération chirurgicale complexe ?
 - ▶ Oui mais sous surveillance d'un chirurgien
- ▶ Vider un lave-vaisselle et tout ranger ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement.
- ▶ Tondre la pelouse ?
 - ▶ Oui, sans problème

Que peut on faire avec l'IA ?

- ▶ Donner un conseil juridique avisé
 - ▶ Oui, dans des domaines spécilisés du droit
- ▶ Traduire de l'anglais au suédois en temps réel ?
 - ▶ Oui, pour des texts limités
- ▶ Discuter pendant une heure avec un être humain ?
 - ▶ Non, mais je peux faire illusion quelques instants.
- ▶ Réaliser une opération chirurgicale complexe ?
 - ▶ Oui mais sous surveillance d'un chirurgien
- ▶ Vider un lave-vaisselle et tout ranger ?
 - ▶ Non, pas encore malheureusement.