

INF7470

Systèmes Tutoriels Intelligents

1. Présentation du cours
2. Introduction: les fondements de l'IA (1)

Roger Nkambou, Professeur titulaire
Assisté par: Ange Tato, Doctorante

Motivation du cours: pourquoi des STIs?

- ◆ Qu'est-ce qu'enseigner?
- ◆ Manière multiples
 - instruction, questions, démonstration, supervision, interactions de groupe, etc.
- ◆ Pourquoi des systèmes artificiels?
 - contraintes physiques, temporelles, humaines

Quelques éclaircissements

◆ Multiples appellations:

- STI: Système Tutoriel Intelligent --- *ITS*
- SABC: Système d'Apprentissage à Base de Connaissances
- EIAH: Environnement Intelligent/Interactif d'Apprentissage Humain

◆ Différents des systèmes "non intelligents"

- CBT: *Computer-Based Training*
- ILE: *Interactive Learning Environment*

Description du cours

- ◆ Utilisation de l'intelligence artificielle dans la création de systèmes d'aide à l'apprentissage humain.
- ◆ Représentation du domaine d'apprentissage, théories d'apprentissage et d'instruction, modélisation du tutorat, modélisation de l'usager-apprenant.
- ◆ Planification du contenu et des activités d'apprentissage, stratégies tutorielles, production de systèmes tutoriels intelligents (outils auteurs).
- ◆ Standardisation et apport du Web sémantique, distribution de ressources d'apprentissage, apprentissage social. Études de cas.

Objectifs spécifiques

- ◆ À la fin de la session, l'étudiant(e) devrait être capable de :
 - comprendre et de décrire les composants d'un système tutoriel intelligent (STI)
 - comprendre le rôle joué par l'intelligence artificielle (IA) dans la conception de STIs
 - comprendre l'enjeu des recherches dans le domaine de l'AIED (Artificial Intelligence in Education) ainsi que les défis actuels et grandes questions de recherche dans ce domaine.
 - concevoir, implémenter et déployer, à l'aide d'outils appropriés, un petit système tutoriel intelligent.

Contenu

◆ Introduction à l'Intelligence Artificielle (2 à 3 séances)

- Historique
- Les systèmes experts
- Résolution de problèmes
- Représentation de connaissances

◆ Introduction aux STI (1 à 2 séances)

- Besoins et objectifs
- Apport de l'intelligence artificielle
- Architectures
- Domaine d'application

Contenu

- ◆ La conception de STI – Approches (3 séances)
 - Tour d'horizon de quelques ITS populaires
 - Modélisation du domaine d'apprentissage
 - Modélisation de la pédagogie et du tutorat
 - Modélisation des apprenants

- ◆ Présentation du projet 1 (2 séances)

- ◆ La création de STI - Les systèmes auteurs (1 séances)
 - Les systèmes auteur pour la création de STI
 - Rôle de l'ingénierie ontologique
 - CTAT (<http://ctat.pact.cs.cmu.edu/index.php?id=examples>)

- ◆ Approches multi-agents pour le développement des STI (2 séances)
 - ◆ Introduction aux agents et aux SMA : concepts et outils
 - ◆ Les agents pédagogiques

Méthode pédagogique et évaluation

◆ Méthode

- ◆ Séance typique:
 - ◆ Cours magistral
 - ◆ Présentations des étudiants + discussions globales

◆ Évaluation

- ◆ Quiz IA : 15 %
 - ◆ Individuel
- ◆ Projet 1: 45%
 - ◆ Individuel
- ◆ Projet 2: 40%
 - ◆ En équipe

Introduction à l'intelligence artificielle

Partie 1

- Histoire

L'intelligence *artificielle*

- ◆ L'intelligence artificielle produit des machines **imitant les humains**
 - **Simule** les **processus** intelligents de l'humain
 - **Reproduit** les méthodes ou les résultats du raisonnement ou de l'intuition humaine

«IA» : Quelques définitions

◆ Selon Marvin Minsky

- « ... the science of making machines do things that would require intelligence if done by humans»

◆ Selon E. Feigenbaum

- «AI is the part of computer science concerned with designing intelligent computer systems»

IA : Définitions selon quatre orientations

- ◆ L'IA est une discipline qui systématise et automatise les tâches intellectuelles pour créer des machines capables de:

PENSER comme un humain (sciences cognitives → modélisation cognitive)	penser RATIONNELLEMENT (approche logique)
« <i>[The automation of] activities that we associate with human thinking, activities such as decision-making, problem-solving, learning...</i> » (Bellman, 1978)	« <i>The study of mental faculties through the use of computational models.</i> » (Charniak and McDermott, 1985)
AGIR comme un humain (test de Turing)	agir RATIONNELLEMENT (atteindre un but)
« <i>The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people.</i> » (Kurzweil, 1990)	« <i>Computational Intelligence is the study of the design of intelligent agents.</i> » (Poole <i>et al.</i> , 1998)

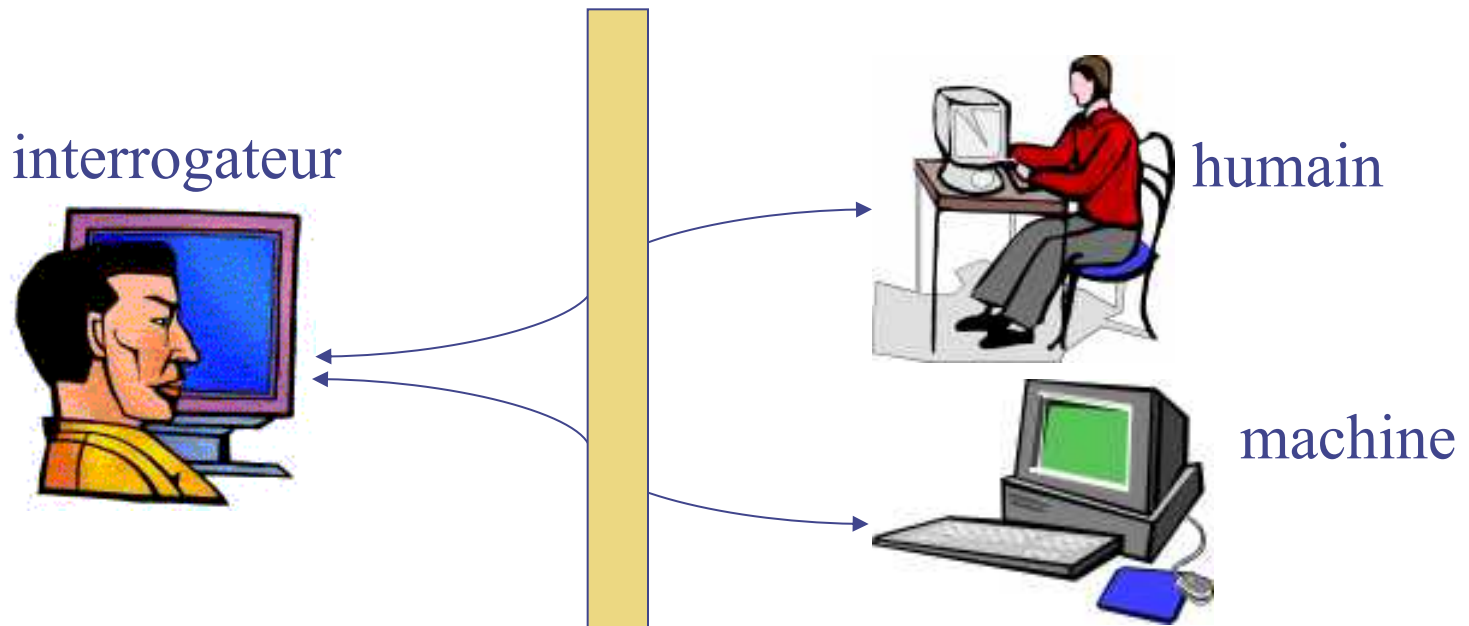
Source: Russell et Norvig, 2003

Agir comme un humain

- ◆ IA est l'art de créer des machines qui réalisent des fonctions exigeant de l'intelligence lorsqu'elles sont effectuées par des humains
- ◆ Méthodologie: Identifier une tâche intellectuelle dans laquelle l'homme est bon et la faire réaliser par un ordinateur
 - prouver un théorème
 - enseigner
 - jouer aux échecs
 - planifier une opération chirurgicale
 - diagnostiquer une maladie
 - se déplacer dans un bâtiment
- Capacités cognitives nécessaires pour faire ces tâches
 - Perception
 - Apprentissage
 - Raisonnement
 - Décision et Action

Test de Turing: une définition opérationnelle

- ◆ En 1950 Alan Turing publie son papier "*Computing Machinery and Intelligence*" dans lequel il décrit une méthode pour tester un système d'intelligence artificielle
 - prédit qu'avant l'an 2000, une machine aurait 30% de chance de tromper une personne non avertie pendant 5 minutes
 - principales composantes d'un système d'IA:
 - ♦ connaissances, raisonnement, compréhension du langage naturel, apprentissage
- ◆ Test de Turing: un individu communique à l'aide d'un terminal d'ordinateur avec un interlocuteur invisible. Il doit décider si l'interlocuteur est un être humain ou un système d'IA imitant un être humain.
- ◆ <http://www.turing.org.uk/turing/>



PENSER comme un humain

◆ Nous devons ici entrer dans l'esprit humain

- introspection
- études psychologiques
 - ◆ Reproduire les agissements et le synchronisme observé
 - ◆ selon les mécanismes qu'on croit probables

◆ Allen Newell et Herbert Simon : GPS

- "General Problem Solver"
- faire plus que juste résoudre des problèmes: le faire comme les humains.
 - ◆ comparer les étapes suivies à celles observées chez les humains

Penser RATIONNELLEMENT

- ◆ Fondée sur la tradition des logiciens.
- ◆ 19e siècle: création d'une notation précise pour la logique
- ◆ But: machines qui prennent des décisions sans faille, explicables

- ◆ Difficultés:
 - difficile de traduire le savoir informel ou implicite
 - difficile de suivre la trace d'un savoir incertain...

 - QUESTION POUR VOUS:
À quel genre de monde cela peut-il convenir?

AGIR rationnellement

◆ L'approche *agent*

- du latin *agere*, «faire»
- vise des agents *rationnels*
- QUESTION POUR VOUS:
«Qu'est-ce qu'agir rationnellement?»

- ✓ agir pour atteindre le meilleur résultat
- ✓ Dans l'incertain: agir pour atteindre le meilleur résultat espéré

Fondements de l'IA

◆ Philosophie

- logique, méthodes de raisonnement, esprit comme système physique
- fondements: apprentissage, langage, rationalité

◆ Mathématiques

- représentations formelles et preuves, incomplétude
- algorithmes (PGCD d'Euclide), (in)décidabilité, explosion combinatoire, probabilité

◆ Psychologie

- William James: psychologie cognitive: le cerveau est un organe de traitement de l'info.
- agents à base de connaissances (stimulus → représ. internes → traitement → action)
- adaptation; phénomènes de perception et de contrôle moteur; techniques expérimentales
- Helmholtz: il y a des inférences inconscientes

◆ Économie

- utilité
- théorie de la décision (probabilité + utilité *vs.* incertitude): les groupes *vs.* l'individu)

◆ Linguistique

- représentation des connaissances
- grammaire

◆ Neurosciences

- substrat physique et biologique de l'activité mentale: comment le cerveau traite l'info?

◆ Informatique / recherche opérationnelle

Les grands inspireurs

- ◆ Mc Culloch et Pitts : réseaux neuronaux artificiels (approche physiologique)
- ◆ Shannon : théorie de l'information
- ◆ Von Neumann : architecture d'un ordinateur
- ◆ Turing : théorisation des fonctions calculables par machine

Une histoire en train de s'écrire...

1956: Fondations

- ◆ Acte de naissance : 1956, Dartmouth College (New Hampshire, USA)
 - John McCarthy (tenant de la logique): l'expression «Artificial Intelligence»
 - Marvin Minsky (tenant d'une approche par schémas): apprendre à penser sur des micro-mondes
- ◆ Genèse autour de la notion de « machines à penser »
- ◆ Comparaison du cerveau avec les premiers ordinateurs
- ◆ IA: ne peut s'inclure sous une autre science spécifique
- ◆ 1952-1969: enthousiasme et espoirs sans borne
 - ♦ 1952: programmes pour jouer aux Dames et apprendre à jouer
 - ♦ 1958: McCarthy
 - LISP – pour représenter des connaissances générales sur le monde
 - "Programs with common sense» (Advice Taker: 1ere description d'un pgm IA complet)
 - ♦ 1959: Geometry Theorem Prover (Samuel); meilleur que les étudiants!
 - ♦ suivi du General Problem Solver
 - qui progresse dans la résolution en évaluant la différence entre la situation du solveur et le but à atteindre.
 - ♦ 1962 : amélioration de l'apprentissage de Hebb dans Adaline & Perceptron
 - ♦ 1963: représentation en multiples éléments simples (→ robustesse + parallélisme)

Premiers défis...

- ◆ Programmes capables de jouer'%' aux échecs (premières idées en 1950 par Shannon!) -> première victoire sur un maître en 1997 [Deep Blue bat Kasparov](#) (loin des prévisions de Simon en 1957 qui donnait 10 ans pour que cela se produise)
- ◆ Test « d'intelligence » ([Evans 1963](#)) : trouver la suite d'une série de figures.
- ◆ Dialogue en « langage naturel »
 - [ELIZA](#), Weizenbaum 1966 (voir page suivante)
 - [SHRDLU](#), Winograd 1971

ELIZA :

Un programme qui simule l'intelligence

a conversation between eliza and a young woman

- ◆ **young woman:** Men are all alike.
- ◆ **eliza:** In what way?
- ◆ **young woman:** They're always bugging us about something specific or other.
- ◆ **eliza:** Can you think of a specific example?
- ◆ **young woman:** Well, my boyfriend made me come here.
- ◆ **eliza:** Your boyfriend made you come here?
- ◆ **young woman:** He says I'm depressed much of the time.
- ◆ **eliza:** I am sorry to hear you are depressed.
- ◆ **young woman:** It's true. I'm unhappy.
- ◆ **eliza:** Do you think coming here will help you not to be unhappy?
- ◆ **young woman:** I need some help, that much seems certain.
- ◆ **eliza:** What would it mean to you if you got some help?
- ◆ **young woman:** Perhaps I could learn to get along with my mother.
- ◆ **eliza:** Tell me more about your family.
- ◆ **young woman:** My mother takes care of me.
- ◆ **eliza:** Who else in your family takes care of you?
- ◆ **young woman:** My father.
- ◆ **eliza:** Your father.
- ◆ **young woman:** You are like my father in some ways.
- ◆ **eliza:** What resemblance do you see?
- ◆ **young woman:** You are not very aggressive but I think you don't want me to notice that.
- ◆ **eliza:** What makes you think I am not very aggressive?
- ◆ **young woman:** You don't argue with me.
- ◆ **eliza:** Why do you think I don't argue with you?
- ◆ **young woman:** You are afraid of me.
- ◆ **eliza:** Does it please you to believe I am afraid of you?
- ◆ **young woman:** My father is afraid of everybody.
- ◆ **eliza:** What else comes to mind when you think of your father?
- ◆ **young woman:** Bullies.
- ◆ **eliza:** Does that have anything to do with the fact that your boyfriend made you come here?

Exemple: ALICE et autres chatbots et le test de Turing

- ◆ <http://alicebot.blogspot.ca/>
- ◆ Chatter avec Alice:
http://sheepridge.pandorabots.com/pandora/talk?botid=b69b8d517e345aba&skin=custom_iframe
- ◆ Parler avec Captain Kirk:
<http://sheepridge.pandorabots.com/pandora/talk?botid=fe38cb4de345ab1&skin=iframe-voice>
- ◆ Que vaut Siri!!!! Passe pas le test!
<http://alicebot.blogspot.ca/2013/07/turing-test-no-sirie.html>

AIML: Artificial Intelligence Markup Language

- ◆ AIML is an XML-compliant language that's easy to learn, and makes it possible for you to begin customizing an Alicebot or creating one from scratch within minutes.
- ◆ The most important units of AIML are:
- ◆ `<aiml>`: the tag that begins and ends an AIML document
- ◆ `<category>`: the tag that marks a "unit of knowledge" in an Alicebot's knowledge base
- ◆ `<pattern>`: used to contain a simple pattern that matches what a user may say or type to an Alicebot
- ◆ `<template>`: contains the response to a user input
- ◆ There are also 20 or so additional more tags often found in AIML files, and it's possible to create your own so-called "custom predicates". Right now, a beginner's guide to AIML can be found in the [AIML Primer](#).
- ◆ The [free A.L.I.C.E. AIML](#) includes a knowledge base of approximately 41,000 categories. Here's an example of one of them:

```
<category>
  <pattern>WHAT ARE YOU</pattern>
  <template>
    <think><set name="topic">Me</set></think>
    I am the latest result in artificial intelligence,
    which can reproduce the capabilities of the human brain
    with greater speed and accuracy.
  </template>
</category>
```

Une histoire en train de s'écrire...

1966-1973 Une dose de réalisme

- ◆ 1957, Simon: Un ordinateur vaincra l'humain aux échecs d'ici 10 ans
 - ◆ il fallut plutôt 40 ans (1997: Deep Blue vs. Kasparov)
- ◆ Expérimentations en "*évolution des machines*" (algorithmes génétiques): solution par recombinaison
- ◆ Écueils:
 - explosion combinatoire.
 - ◆ insuffisant: tester les multiples combinaisons syntaxiques
 - ◆ Les succès à petite échelle (sur micromondes) ne peuvent simplement grossir et affronter le "vrai" monde et sa complexité (explosion combinatoire)
 - ◆ Leçon: il faut une connaissance du monde.
 - 1969, Minsky & Papert: livre *Perceptron*: Les RN sont super-bons pour faire presque rien (trop faible capacité de représentation)
 - 1973... Rapport Lighthill: IA ne mérite pas des fonds de recherche

Une histoire en train de s'écrire...

1969-1979 *Systèmes à base de connaissances*

- ◆ Les années 70 et 80 virent un véritable engouement pour les systèmes experts:

- ✓ DENDRAL (en chimie)

- Le premier système *à base de connaissances*: une vaste collection de règles spécifiques
- a mené au projet *Heuristic Programming Project* :
 - ◆ pour confronter l'idée de systèmes experts à des domaines autres que les molécules

- ✓ MYCIN (infections sanguines): 450 règles dans une domaine où n'existait aucun modèle théorique général

- La nouveauté: interviews pour extraire le savoir implicite.

- ✓ Générateurs de systèmes experts

- [GURU](#)
- [CLIPS](#)

MYCIN (1976)

- ◆ Heuristiques: pistes pour orienter vers la solution, et élaguer les candidats peu intéressants.

- MYCIN: HAS THE PATIENT RECENTLY HAD SYMPTOMS OF PERSISTENT HEADACHE OR OTHER ABNORMAL NEUROLOGIC SYMPTOMS (DIZZINESS, LETHARGY, ETC.)?
- HUMAN: YES.
- MYCIN: HAS THE PATIENT RECENTLY HAD OBJECTIVE EVIDENCE ABNORMAL NEUROLOGIC SIGNS (MUSCLE RIGIDITY, COMA, SEIZURES, ETC.) DOCUMENTED BY PHYSICIAN OBSERVATION OR EXAMINATION?
- HUMAN: YES.
- MYCIN: THE CSF CULTURES WILL BE CONSIDERED TO BE ASSOCIATED WITH MENINGITIS. PLEASE GIVE THE DATE ON WHICH CLINICAL EVIDENCE (SYMPTOMS, SIGNS OR LABORATORY TESTS) OF MENINGITIS FIRST APPEARED. PLEASE ENTER CSF FINDING. IS MENINGITIS A HOSPITAL-ACQUIRED INFECTION?
- HUMAN: WHY?
- MYCIN: THIS WILL AID IN DETERMINING THE ORGANISMS (OTHER THAN THOSE SEEN ON CULTURES OR SMEARS) WHICH MIGHT BE CAUSING THE INFECTION. IT HAS ALREADY BEEN ESTABLISHED THAT
 - (2.1) The infection which requires therapy is meningitis,
 - (2.2) organisms were not seen on the stain of the pending csf culture,
 - (2.3) the type of infection is bacterial,
 - (2.4) neurosurgery is not one of the relevant items from the history of this patient,
 - (2.5) the age of this patient is greater than ten days, therefore, if
 - (2.6) the infection was acquired while the patient was hospitalized then there is evidence that the organisms (other than those seen on cultures or smears) which might be causing the infection are e. coli (75), staphylococcus-coag-pos (3), pseudomonas-aeruginosa (5).

Systèmes experts

Leurs limites

(source: <http://www.cs.unm.edu/%7Eluger/ai-final/chapter1.html>)

- ◆ Il est difficile d'y transférer
 - les connaissances du quotidien (*common sense*)
 - ◆ Par exemple, MYCIN, poursuivant son diagnostic, pose la question au sujet d'un patient : «Le patient porte-il un bébé?», même s'il savait déjà que le patient était un homme...
 - les connaissances fondamentales sous-jacentes
 - ◆ MYCIN, par exemple, n'incorpore ni le rôle du sang, ni la fonction de la colonne vertébrale dans ses raisonnements diagnostiques.
- ◆ Ils ne s'appuient pas sur des connaissances premières (fondamentales)
 - auxquelles ils pourraient retourner en cas de cul-de-sac, afin d'ouvrir de nouvelles avenues de recherche.
 - Ne peuvent fournir une explication fondamentale. Les experts fournissent habituellement les étapes de leur diagnostic, sans nécessairement pouvoir fournir la raison profonde justifiant la justesse de ce diagnostic.
- ◆ Les systèmes experts sont souvent dénués d'une capacité d'apprentissage
 - Ils opèrent à partir d'un savoir reçu et statique.

Une histoire en train de s'écrire...

1986-aujourd'hui: réseaux neuronaux. Le retour...

- ◆ Des domaines autres que l'IA ont continué d'explorer les réseaux neuronaux:
 - En physique: John Hopfield (1982):
 - ◆ propriétés des réseaux (d'atomes) pour l'enregistrement et l'optimisation
 - Psychologie: Rumelhart:
 - ◆ r.n. comme modèles de la mémoire
 - ◆ 1986: rétro-propagation: gros succès
- ◆ La tendance actuelle avec l'apprentissage profond par les réseaux de neurone donne une autre dimension à l'IA avec des résultats spectaculaires...

A suivre...

Langages de programmation pour l'IA ?

Hier

- ◆ LISP, Scheme, etc.
- ◆ PROLOG
- ◆ Langages de logique de description ou de Frame

Aujourd'hui

- ◆ Java
- ◆ Python
- ◆ R

Plusieurs frameworks et librairies sont offerts dans ces langages

Ex: Tensorflow (en Python)

D'autres grandes réalisations...

- ◆ Aujourd'hui quelques industries (automobile, électronique) sont très robotisées et on trouve de plus en plus de robots...
 - des robots domestiques
 - des robots ont exploré Mars
 - des robots humanoïdes sont opérationnels et disponibles à la location

- ◆ Mais aussi, un progrès spectaculaire dans:
 - les jeux y compris les jeux de stratégies (ex. AlphaGo)
 - le TAL (ex: traduction automatique, analyse de sentiment, forage d'opinion, ...)
 - le traitement d'images (reconnaissance de forme, annotation d'image, etc.)

- ✓ ***Ces algorithmes s'applique de une panoplie de domaines...***

Industrie	Application
Banque	Prêts et scoring
Cartes de crédit	Détection des fraudes
Finance	Analyse d'investissements et de fluctuations des taux de change
Assurance	Couverture assurantielle et estimation des réserves
Marketing	Ciblage des prospections, mesures et comparaisons des campagnes et des méthodes
Archéologie	Identification et datation de fossiles et d'ossements
Défense	Identification de cibles
Environnement	Prévisions de la qualité de l'air et de l'eau
Sécurité	Identification de terroristes potentiels
Production	Contrôles qualité
Médecine	Diagnostics médicaux
Energies	Estimations des réserves, prévisions de prix
Pharmacie	Efficacité de nouveaux médicaments
Psychologie	Prévisions comportementales
Immobilier	Études de marchés
Recherche	Identification de spécimens, séquençages de protéines
Télécom	Détection des pannes de réseaux
Transport	Maintenance des voies

RoboCup, une compétition annuelle de soccer pour robots depuis 1996 !

ROBOCUP2013: <http://www.robocup2013.org/>

Plusieurs ligues:

- Humanoid
- Middle Size
- Simulation
- Small Size
- Standard Platform



Question tendance de l'IA

➤ L'apprentissage

Pourquoi?

- Confronter l'humain dans des activités compétitives difficiles (ex: jeux de stratégies)
- Aider à la réalisation de tâches complexes
 - Traduction automatique
 - Reconnaissance de formes
 - Analyse et interprétation d'images
- S'adapter à des situations changeantes
- **Assister l'apprentissage humain !**
- Gérer des dialogues entre «agents» hétérogènes
- Construire des robots toujours plus intelligents.