

# Les mécanismes de l'intelligence artificielle et le raisonnement

ACFAS 2017

PAR SERGE ROBERT  
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

# L'information

- ▶ L'information, c'est de l'ordre, de l'organisation, l'expression de la néguentropie dans la nature (voir Shannon)
- ▶ L'information est par définition :  
$$I(p) = 1 - P(p)$$
- ▶ L'information, c'est donc improbable (la négation de l'entropie)

# L'intelligence naturelle ou artificielle: ses 4 tâches

- ▶ Notre thèse: l'intelligence: une aptitude à traiter de l'information de manière adaptative, selon 4 tâches :
- ▶ 1) Capter de l'information (par des capteurs, comme des organes sensoriels)
- ▶ 2) Construire l'information manquante ( la pauvreté du stimulus dans les capteurs, voir Quine)
- ▶ 3) Organiser l'information en systèmes
- ▶ 4) Appliquer le système à une situation nouvelle et, surtout, pouvoir le corriger, l'adapter, si nécessaire, à cette nouvelle situation (l'apprentissage)
- ▶ Le défi de l'IA
  - ▶ Le problème de l'IA : comment modéliser et simuler ce traitement intelligent de l'information
  - ▶ Un système intelligent devrait pouvoir accomplir chacune des 4 tâches

# Les deux grands paradigmes informatiques

- ▶ A) L'approche symboliste représentationnaliste
  - ▶ Depuis Turing et von Neumann
  - ▶ Penser est de la manipulation de symboles
  - ▶ Connaître est se représenter adéquatement, par des symboles, l'organisation du monde
- ▶ B) L'approche naturaliste
  - ▶ Surtout depuis les années 80
  - ▶ La cognition est une émergence dans l'évolution de l'histoire naturelle du vivant
  - ▶ La cognition est incarnée, située et sociale (vs a priori, universelle, individuelle)

# A) L'approche symboliste en IA

- ▶ L'IA comme règles de manipulation de symboles : un programme est un ensemble de règles d'inférence syntaxiques du type « if...then » : prémisses, règle, conclusion
- ▶ L'informatique est ainsi possible comme mécanisation de règles d'inférence sur des symboles au sein d'un support matériel

# Les limites de la programmation symbolique de type logique

- ▶ L'approche symboliste peut être logique
- ▶ Une inférence logique est :
  - ▶ non ampliative (n'augmente pas l'information)
  - ▶ certaine (explicite l'information implicite)
  - ▶ monotone (si  $P \supset Q$ , alors  $P \& R \& \dots \supset Q$ )
  - ▶ La logique concerne ainsi la tâche 3
- ▶ La programmation symboliste de type logique ne réalise ainsi que la tâche 3 de l'IA et seulement la première moitié de la tâche 4 :
  - ▶ 3) Organiser l'information en systèmes
  - ▶ 4a) Appliquer le système (sans apprentissage)

# L'approche symboliste non monotone

- ▶ Les inférences créatives (vs les inférences logiques) :
  - ▶ Ampliatives (augmentent l'information)
  - ▶ Non certaines
  - ▶ Non monotones
- ▶ Donc, elles créent de l'information nouvelle (induction, analogie, abduction, probabilité...)
- ▶ Voir le *case-based reasoning* (il utilise des règles d'inférence analogiques)
- ▶ Voir les réseaux bayésiens (ils utilisent la loi de Bayes qui mesure la variation de la probabilité conditionnelle suite à une nouvelle information:  $P(H | E) = P(H) \times P(E | H) / P(E)$ )
- ▶ L'approche symboliste non monotone peut ainsi réaliser la tâche 2 et un peu la tâche 4 de l'IA :
  - ▶ 2) Construire de l'information manquante
  - ▶ 4) Appliquer le système et adapter l'information à l'environnement (apprendre, voir les réseaux bayésiens)

# Quelques critiques de l'approche symboliste en IA

- ▶ Cette conception présume de l'existence de symboles représentationnels pour que l'intelligence soit possible
- ▶ Cette conception de la cognition et de la computation va s'avérer trop rationaliste, trop abstraite, trop désincarnée, trop éloignée de l'histoire du monde naturel et social, trop anthropocentriste
- ▶ Elle ne peut réaliser la tâche 1 de l'IA (générer des symboles à partir du non symbolique) et ne réalise pas de manière optimale la tâche 4 (celle de l'apprentissage par adaptation à l'environnement)

## B) L'approche naturaliste en IA

- ▶ L'esprit humain n'est pas extérieur à la nature et imposé sur la nature, il est un produit émergent de l'histoire naturelle
- ▶ L'origine divine de l'esprit est donc mise entre parenthèses: la laïcisation de la science (voir *Darwin's Dangerous Ideas*, D. Dennett)
- ▶ L'activité mentale est un effet de l'activité d'un système de neurones
- ▶ Les systèmes neuronaux sont un produit de l'évolution biologique
- ▶ La cognition doit donc se comprendre dans une perspective évolutionnaire

# La perspective évolutionniste dans l'approche naturaliste

- ▶ La variation par bricolage sans finalité
- ▶ La sélection des variations les mieux adaptées à l'environnement
- ▶ La contingence des formes de vie et de cognition:
  - ▶ Contingence liée à la spécificité des variations
  - ▶ Contingence liée à la variabilité des environnements
- ▶ La fragilité et la précarité des formes de vie et de cognition
- ▶ La variabilité des formes de vie et de cognition
- ▶ La remise en question de l'anthropocentrisme (il y a une cognition animale)
- ▶ Les doutes sur la réalisabilité multiple de l'esprit (des doutes sur l'IA forte)
- ▶ Le caractère graduel de la complexification du vivant et des capacités cognitives (l'intelligence a une histoire)

- ▶ Selon le paradigme symboliste : l'intelligence est faite de structures a priori et ces structures s'appliquent sur des objets pour en montrer l'organisation
- ▶ Selon l'approche naturaliste :
  - ▶ l'intelligence est acquise par une complexification dynamique d'éléments simples non symboliques permettant l'apprentissage (la tâche 1 devient centrale : capter de l'information avant l'accès aux symboles)
  - ▶ l'intelligence comprend la possibilité de l'apprentissage comme adaptation progressive à l'environnement et à ses changements (la tâche 4 devient centrale: l'apprentissage)
- ▶ Plusieurs approches de l'IA vont dans ce sens : voir, par exemple, les réseaux de neurones et les algorithmes génétiques...

# Les effets du naturalisme sur l'informatique

12

- ▶ De nouvelles conceptions de la programmation : programmer pour mieux modéliser et simuler les processus cognitifs naturels (perspective *bottom up* vs *top down*)
  - ▶ Les algorithmes génétiques : une simulation du processus de sélection naturelle : le programme va aboutir à un apprentissage (tâche 4) à partir de gènes et de chromosomes artificiels (tâche 1)
  - ▶ Les réseaux de neurones : une simulation du fonctionnement neuronal : le programme va aboutir à un apprentissage (tâche 4) à partir du fonctionnement de neurones artificiels (tâche 1)

# Les bases biologiques des algorithmes génétiques

- ▶ Les algorithmes génétiques : une simulation du processus de sélection naturelle
- ▶ L'évolution a généré des « machines » douées d'apprentissage
- ▶ Cette évolution s'est faite par combinaisons et sélection naturelle de certaines combinaisons, générant ainsi des adaptations, des « optimisations », des apprentissages
- ▶ Quatre types de processus : reproduction, mutations, compétition, sélection
- ▶ L'optimisation comme anticipation des changements de l'environnement et aptitude à y réagir pour se maintenir

# Les tâches de l'IA dans les algorithmes génétiques

- ▶ Réalisation de la tâche 1 : générer un système symbolique de traitement de l'information à partir du présymbolique (des gènes et des chromosomes)
- ▶ Réalisation de la tâche 4 : apprentissage à travers la mise en œuvre de l'algorithme:
  - ▶ Définition d'une fonction d'adaptation
  - ▶ Calcul de degré d'adaptation des chromosomes
  - ▶ Reproduction entre les chromosomes les plus adaptés
- ▶ Non-connaissance des mécanismes de la tâche 2 :
  - ▶ L'évolution des chromosomes se fait au hasard (processus stochastiques), pour les premières reproductions, de même que pour les mutations et le crossing-over

# Le fonctionnement d'un neurone artificiel

- ▶ Il reçoit des signaux de l'environnement ou d'autres neurones (selon des poids entre leurs connexions)
- ▶ Le principe de McCulloch & Pitts (1943)
  - ▶ Le neurone additionne les signaux d'input ( $x$ ) selon leurs poids ( $w$ ):  
$$(\sum x w)$$
  - ▶ Il possède un niveau d'activation
  - ▶ Quand ce seuil d'activation est atteint (ou dépassé) par la  $\sum$ , il émet un signal
- ▶ Le signal de sortie va vers d'autres neurones ou constitue une réponse finale du réseau

# Les 4 tâches de l'IA dans les réseaux de neurones

- ▶ Réalisation de la tâche 1 : générer un système symbolique de traitement de l'information à partir du présymbolique (des neurones)
- ▶ Réalisation de la tâche 4 : les réseaux de neurones ont été créés d'abord pour faire des systèmes dotés de capacités d'apprentissage : l'apprentissage par plasticité des connexions entre neurones (selon rétropropagation ou *feedback*) : ajustement dans les poids des connexions, renforcement des connexions utiles, affaiblissement des connexions nuisibles, nouvelles connexions
- ▶ Non-connaissance des tâches 2 et 3 :
  - ▶ Les poids initiaux des connexions sont habituellement attribués au hasard
  - ▶ L'existence de couches cachées

# Les mécanismes d'apprentissage dans un contexte symbolique, selon les sciences cognitives (1)

- ▶ Les sciences cognitives du raisonnement nous apprennent sur les liens entre les tâches 2, 3 et 4
- ▶ Les humains ont tendance à faire des sophismes d'implication:
  - ▶ *Modus ponendo ponens* (valide) :  $((P \supset Q) \& P) \supset Q$
  - ▶ *Modus tollendo tollens* (valide) :  $((P \supset Q) \& \sim Q) \supset \sim P$
  - ▶ Affirmation du conséquent (invalides) :  $((P \supset Q) \& Q) \supset P$
  - ▶ Négation de l'antécédent (invalides) :  $((P \supset Q) \& \sim P) \supset \sim Q$
  - ▶ Ils traitent les  $\supset$  comme des  $\equiv$
- ▶ L'apprentissage logique des lois d'implication (avec élimination des sophismes) par la découverte d'antécédents alternatifs (d'autres causes de Q)
- ▶ Un apprentissage cognitif par complexification de la chaîne causale par multiplication des causes possibles

# Les mécanismes d'apprentissage dans un contexte symbolique, selon les sciences cognitives (2)

- ▶ Les humains ont tendance à faire des suppressions d'inférences valides
- ▶ MPP monotone sur  $\supset$  :  $((P \supset Q) [ R]) \& P \supset Q$
- ▶ MPP supprimé sur  $\supset$  :  $((P \& R) \supset Q) \& P \supset ?$
- ▶ MTT monotone sur  $\supset$  :  $((P \supset Q) [ R]) \& \sim Q \supset \sim P$
- ▶ MTT supprimé sur  $\supset$  :  $((P \& R) \supset Q) \& \sim Q \supset ?$
- ▶ Un apprentissage cognitif non respectueux de la logique (cas de non-monotonie): apprentissage par complexification de la chaîne causale par multiplication des effets possibles (non-R peut neutraliser le MPP et le MTT)

# Conclusion: retour sur les 4 tâches de l'IA et sur les paradigmes symboliste et naturaliste

- ▶ Rappel des 4 tâches :
  - ▶ 1) Capter de l'information (par des organes sensoriels)
  - ▶ 2) Construire l'information manquante
  - ▶ 3) Organiser l'information en systèmes
  - ▶ 4) Appliquer le système et le corriger, adapter l'information à l'environnement (l'apprentissage)
- ▶ L'approche symboliste :
  - ▶ Échec à 1 et faiblesse à 4
  - ▶ 3 réalisé dans la programmation logique
  - ▶ 2 réalisé dans la programmation non monotone
- ▶ L'approche naturaliste :
  - ▶ Réalise bien 1 et 4
  - ▶ Ignorance (hasard) à 2 et néglige 3

# Au-delà de l'opposition entre l'approche symboliste et l'approche naturaliste

- ▶ Les sciences cognitives du raisonnement permettent de comprendre et de modéliser des mécanismes d'apprentissage quand nous manions des symboles (des liens entre les tâches 2, 3 et 4)
- ▶ La programmation naturaliste (comme les réseaux de neurones) permettent de mieux réaliser les tâches 1 et 4 de l'IA, mais en ne révélant pas les mécanismes de génération d'information sous-jacents à l'apprentissage (tâche 2) et négligent l'importance de la tâche 3
- ▶ L'avenir de l'IA est dans le dépassement de l'opposition entre l'approche symboliste et l'approche naturaliste (voir les architectures cognitives hybrides comme CLARION, R. Sun)
- ▶ Une des stratégies pour ce faire, intégrer les résultats des sciences cognitives du raisonnement à la programmation naturaliste