

**Plan de cours
IFT609
Informatique cognitive
Automne 2016**

Professeurs Hélène Pigot
Bureau D4-2002
téléphone: 821 8000 (ext. 63078)
courriel helene.pigot@usherbrooke.ca

Horaire

Vendredi : 9 h 30 à 12 h 20
Local : D4 - 2021
Laboratoire:
Local: D4-1023

Objectifs :

Acquérir les concepts de base de l'informatique cognitive pour comprendre le mécanisme de fonctionnement du cerveau humain ;
Apprendre et appliquer les fondements des architectures cognitives dans la résolution de problèmes.

Contenu

Concepts de base sur la cognition humaine : perception, attention, mémorisation, planification et apprentissage. Approche informatique de la cognition. Fondements théoriques d'une architecture cognitive : représentation symbolique et sub-symbolique, activation des connaissances. Principales architectures cognitives. Résolution de problèmes à l'aide d'une architecture cognitive.

Préalable

IFT 615 ou l'équivalent

Mise en contexte

L'informatique cognitive est une discipline émergente à la frontière entre la psychologie cognitive et l'intelligence artificielle. Son domaine est la modélisation computationnelle des processus cognitifs, que ce soit l'intelligence, la mémoire, l'attention, la perception, la prise de décision, la résolution de problème ou les émotions. Elle cherche à modéliser l'intelligence humaine autant par des méthodes symboliques, que par des méthodes simulant les processus biologiques sous-jacents aux phénomènes psychologiques. L'informatique cognitive pose des défis importants à la grande majorité des sous-disciplines de l'intelligence artificielle : ingénierie des connaissances, réseau de neurone, planification, inférence, apprentissage automatique... L'informatique cognitive contribue à l'avancement des sciences cognitives en proposant des architectures cognitives qui sont des modèles computationnels, complets et cohérents de la cognition. En intégrant des modèles computationnels de l'utilisateur aux systèmes informatiques qui interagissent avec les humains, elle permet à ceux-ci de prendre en compte les forces et les faiblesses de la cognition humaine.

Objectifs spécifiques

De façon plus précise, à la fin de cette activité pédagogique, l'étudiante ou l'étudiant devra :

1. maîtriser les notions de base de la cognition humaine ;
2. acquérir une vision informatique des processus cognitifs humains ;
3. avoir une connaissance de quelques architectures cognitives;
4. être capable de concevoir un modèle d'une activité humaine en utilisant une architecture cognitive.
5. s'initier à la présentation de travaux scientifiques.

Pour atteindre les deux premiers objectifs, une initiation à la psychologie cognitive permettra de comprendre comment le comportement humain est simulé par les architectures cognitives. Une architecture cognitive (ACT-R) est étudiée en profondeur afin dans un premier temps de comprendre comment le fonctionnement cognitif est simulé, partant de la perception jusqu'à la mémorisation et l'interaction avec le monde extérieur, puis dans un deuxième temps pour développer un modèle de l'humain mémorisant, résolvant des problèmes ou interagissant avec l'environnement.

Le cinquième objectif permet de réaliser tout au long du cours un travail de recherche sur un sujet choisi par l'étudiant : de la recherche bibliographique, à l'élaboration du problème, l'implantation du modèle et la présentation orale et écrite selon des standards de recherche scientifique.

Contenu détaillé

Le cours se concentre sur la modélisation des processus cognitifs et leur intégration en tant que modèle de l'utilisateur.

Thème	Contenu	Heures	Objectifs
1	Concepts de base de la psychologie cognitive Perception, attention, mémoire (sensorielle, sémantique, procédurale, épisode, de travail, prospective), résolution de problème, fonctions exécutives	9	1, 2
2	Architecture cognitive Notions de base ; étude d'architectures: ACT-R, SOAR, CS-SAS, EPIC, GOMS ...); processus symboliques et subsymboliques ; représentation des connaissances acquisition des connaissances ; exemples de modèles d'activités humaines avec des architectures	24	2, 3, 4
3	Modélisation d'activités humaines par l'architecture cognitive ACT-R	6	2, 4, 5

Le cours de BSc comprend un projet et des exercices à réaliser en laboratoire. Le projet est réalisé en équipe et a pour objet la modélisation cognitive d'une activité humaine avec l'architecture ACT-R.

Planification du cours

Semaine		Contenu
1	2 septembre	Présentation du plan de cours Introduction aux architectures cognitives [9, 11,12]
2	9 septembre	Présentation de diverses architectures cognitives: SOAR, ACT-R [9, 11]
3	16 septembre	Traitement de l'information : les processus perceptuels et attentionnels
4	23 septembre 9h 30 - 10h20 <i>Laboratoire 1</i> 10h30 -12h20	Architecture cognitive ACT-R [1] – chapitres 2, 3, 4; [3] Laboratoire: Description des connaissances (tutoriel ACT-R 1)
5	30 septembre	Traitement de l'information : la mémoire
6	7 octobre <i>Laboratoire 2</i> 10h30 -12h20	Projet étudiants : Présentation de la problématique Laboratoire perceptuel: tutoriel ACT-R 2 et 3
7	<i>Examen</i> 14 octobre	Examen périodique QCM en laboratoire <i>Laboratoires à confirmer</i>
8	17 au 21 octobre	Relâche
9	28 octobre <i>Laboratoire 3</i> 10h30 -12h20	Représentation sub-symbolique, niveau d'activation des chunks (tutoriel ACT-R 4) Laboratoire: Représentation sub-symbolique: Similarité entre chunks (tutoriel 5)
10	4 novembre 10h 30 - 11h20 <i>Laboratoire 4</i> 11h30 -12h20	Représentation sub-symbolique: Projet étudiants : Représentation des données Laboratoire Propagation des niveaux d'activation et fan effect (tutoriel ACT-R 4 et 5)
11	11 novembre <i>Laboratoire 4 (suite)</i> 11h30 -12h20	Représentation sub-symbolique des règles de production Présentation orale étudiants gradués : Critique d'article
12	18 novembre	Représentation de la mémoire de travail en ACT-R [22]

	<i>Laboratoire 5</i> <i>11h30 -12h20</i>	Présentation orale étudiants gradués : Critique d'article (suite) Laboratoire: utilité des règles de production
13	25 novembre	Modèle de Norman et Shallice des fonctions exécutives
14	2 décembre	Représentation de l'évolution de la maladie d'Alzheimer par ACT-R Perspective philosophique sur la modélisation de l'activité humaine par les ordinateurs.
15	9 décembre	Projet étudiants : Présentation orale
16	13 au 23 décembre	Examen - date à confirmer

Travaux étudiants

A. Laboratoires

Les laboratoires débuteront pendant les séances consacrées aux laboratoires mais seront à remettre sur le site de Moodle la semaine suivante. Ces laboratoires sont des exercices de modélisation de comportement humain avec l'architecture cognitive ACT-R.

Laboratoire	Date du laboratoire	Date de remise
1.Représentation des connaissances	23 septembre	30 septembre
2.Perception visuelle	7 octobre	14 octobre
3.Représentation sub symbolique	28 octobre	4 novembre
4.Représentation sub-symbolique	4 et 11 novembre	18 novembre
5.Utilité des productions	18 novembre	25 novembre

Les laboratoires devront être réalisés par équipe de 2.

B. Projet

Le projet consiste à utiliser l'architecture ACT-R pour résoudre un problème. Les étudiants pourront s'inspirer des articles proposés en référence.

Ce projet comporte une partie d'analyse qui décrit comment le problème est résolu selon un mode se rapprochant de la cognition humaine. La deuxième partie consiste à appliquer le problème avec l'architecture ACT-R. Ce projet est réalisé par équipe de 3 à 4 étudiants.

Projet avec ACT-R	Date de remise
Présentation orale sur le sujet du problème (10 minutes)	7 octobre
Présentation orale sur la représentation des données et de la méthode de résolution. (10 minutes)	4 novembre
Présentation orale du projet (30 mns)	9 décembre
Rapport écrit (8 pages + modèle ACT-R)	9 décembre

Exemples de problèmes de projets avec ACT-R

- jeu logique (tic-tac-toe, tour de Hanoi)
- commander un dîner par téléphone,
- se déplacer dans un édifice,
- prise de décision au croisement d'une route,
- conduire une voiture en téléphonant pour aviser de son heure de retour,
- reconnaître un animal selon certaines caractéristiques,
- apprendre une langue étrangère,
- modéliser un comportement humain dans un jeu, rôle des émotions dans les stratégies.

C. Critique d'un article de modélisation de la cognition humaine par ACT-R

(Travail spécifique aux étudiants de maîtrise)

La critique d'un article est un travail individuel où l'étudiant présente un article de recherche sur la modélisation de comportement humain par l'architecture d'ACT-R. Certains articles sont disponibles sur le site d'ACT-R ou dans des revues scientifiques. La critique consiste en un exposé oral qui a pour but d'expliquer à tous les étudiants de la classe le problème posé, sa réalisation et les critiques que l'on peut y faire. Le rapport écrit reprendra le même schéma de présentation. L'article est à choisir parmi la liste établie par le professeur et doit auparavant être validé.

Critique d'un article sur ACT-R	Date de remise
Présentation orale (15 mns présentation + 5 mns questions)	11 ou 18 novembre
Rapport écrit (3 pages)	18 novembre

Évaluation

La note finale pour les étudiants au BSc sera calculée selon les proportions suivantes :

	Pondération	Critères
Examens	40	Réponses adéquates Clarté
Intra		10 QCM - en laboratoire
Final		30
Laboratoires (5)	20	Résolution du problème Clarté de la réponse
Projet	40	
Présentation orale sur le sujet du problème		5 Compréhension de la problématique Clarté Réponse aux questions
Présentation orale sur la représentation des données et de la méthode de résolution		5 Compréhension de la méthode utilisée Clarté Réponse aux questions
Présentation orale		8 Compréhension et résolution Clarté Concision Réponse aux questions
Rapport écrit (8 pages + modèle ACT-R)		22 Présentation du problème Représentation des données Méthode de résolution adaptée Représentations symboliques et sub-symboliques d'ACT-R Test de validation Critique du modèle

Pour chaque évaluation 10% de la note est réservée à la qualité du travail et à l'orthographe.

Liste d'articles comprenant un modèle intéressant de ACT-R

Thème	Article
Théorie de la cognition	
Analyse du raisonnement selon l'imagerie de résonance magnétique	Anderson, J. R. & Fincham, J. M. (2013). Discovering the sequential structure of thought. <i>Cognitive Science</i> , 37(6), 1-31.
Interface Humain Machine	
Simulation d'un jeu vidéo	Ritter, F. E., van Rooy, D., St. Amant, R., & Simpson, K. (2006). Providing user models direct access to interfaces: An exploratory study of a simple interface with implications for HRI and HCI. <i>IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Part A, Systems and Humans</i> , 36(3), 592-601.
L'utilisation du téléphone cellulaire affecte-t-elle les performances en conduite automobile ?	Salvucci, D. D. (2001). Predicting the effects of in-car interfaces on driver behavior using a cognitive architecture. In <i>Human Factors in Computing Systems: CHI 2001 Conference Proceedings</i> (pp. 120-127). New York: ACM Press.
Comparaison de modèles d'IHM dans une tâche de reconnaissance d'objets	Chikhaoui, B. & Pigot, H. (2008). Evaluation of a contextual assistant interface using cognitive models. In <i>Proceedings of the 5th International Conference on Human Computer Interaction</i> (pp. 36-43). Venice, Italy.
Utilisation de la sélection par un menu sur un téléphone cellulaire – comparaison de modèles d'IHM	St. Amant, R., Horton, T. E., & Ritter, F. E. (2007). Model-based evaluation of expert cell phone menu interaction. <i>ACM Transactions on Computer-Human Interaction</i> , 14(1), Article 1 (May 2007), 24 pages. St. Amant, R., Horton, T. E., & Ritter F. E. (2004). Model-based evaluation of cell phone menu interaction. In <i>Proceedings of the CHI'04 Conference on Human Factors in Computer Systems</i> 343-350. New York, NY: ACM.
Utilisation d'un clavier pour téléphone cellulaire	Das, A., & Stuerzlinger, W. (2007). A Cognitive Simulation Model for Novice Text Entry on Cell Phone Keypads. In <i>Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics: ECCE 2007</i> (pp. 141-147). London, UK.
Double tâche	
Effet de la fatigue et de l'âge sur la conduite automobile	Brumby, D.P., Howes, A., & Salvucci, D.D. (2007). A cognitive constraint model of dual-task trade-offs in a highly dynamic driving task. In the <i>Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2007)</i> (pp. 233-242). New York, NY: ACM Press. Salvucci, D. D., Chavez, A. K., & Lee, F. J. (2004) Modeling effects of age in complex tasks: A case study in driving. In proceedings of the <i>26th Annual Conference of the Cognitive Science Society</i> (pp. 1197-1202) . August 4-7, Chicago, USA
Double tâche avec piano	Nguyen, T. M. & Salvucci, D. D. (2006). Piano Playing: A model of sight-reading and rhythmic timing. In <i>Proceedings of the Seventh International Conference on Cognitive Modeling</i> (pp. 208-212). Trieste, Italy.
Passer d'une tâche à l'autre	Sohn, M.-H., & Anderson, J. R. (2001). Task preparation and task repetition: Two-component model of task switching. <i>Journal of</i>

	<i>Experimental Psychology: General.</i>
Théorie des jeux	
Influence du choix dans une série	Altmann, E. M. & Burns, B. D. (2005). Streak biases in decision making: data and a memory model. <i>Cognitive Systems Research</i> , 6, 5-16.
Comparaison de 2 méthodes de décision pour parier	Belvakin, R. V. (2006). Towards a theory of decision-making without paradoxes. In <i>Proceedings of the Seventh International Conference on Cognitive Modeling</i> (pp. 38-43). Trieste, Italy.
Choix d'une meilleure stratégie. Exploration de 4 modèles ACT_R	Gray, W. D., Schoelles, M. J., & Sims, C. R. (2004). Learning to choose the most effective strategy: Explorations in expected value. In <i>Proceedings of the sixth International Conference on Cognitive Modeling</i> (pp. 112-117). Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University/University of Pittsburgh.
Jeux et activités	
Comment retrouver son chemin?	Reitter, D. & Lebiere, C. (2010). A cognitive model of spatial path planning. <i>Computational and Mathematical Organization Theory</i> , 16(3):220-245.
Jeu de roche-papier-ciseaux	Lebiere, C., & West, R. L. (1999). A dynamic ACT-R model of simple games. In <i>Proceedings of the Twenty-first Conference of the Cognitive Science Society</i> , pp. 296-301. Mahwah, NJ: Erlbaum.
Le jeu de Backgammon	Sanner, S., Anderson, J. R., Lebiere, C., & Lovett, M. (2000). Achieving efficient and cognitively plausible learning in backgammon. In <i>Proceedings of the Seventeenth International Conference on Machine Learning</i> (pp. 823-830). San Francisco: Morgan Kaufmann.
Jeu d'attaque dans l'espace	Moon, J., & Anderson, J. R. (2012). Modeling Millisecond Time Interval Estimation in Space Fortress Game. In <i>Proceedings of the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society</i> (pp.767-772).
Comparaison de 2 modèles : chaîne de Markov et ACT-R dans la simulation de lancer de baseball	Lebiere, C., Gray, R., Salvucci, D. & West R. (2003) Choice and Learning under Uncertainty: A Case Study in Baseball Batting. In <i>Proceedings of the 25th Annual Meeting of the Cognitive Science Society</i> . pg 704-709.
Modélisation d'un partenaire de jeu crédible	Taatgen, N.A., van Oploo, M., Braaksma, J. & Niemantsverdriet, J. (2003). How to construct a believable opponent using cognitive modeling in the game of Set. In F. Detje, D Dörner and H. Schaub (eds.), <i>Proceedings of the fifth international conference on cognitive modeling</i> (pp. 201-206). Bamberg: Universitätsverlag Bamberg.
Apprentissage et conduite de robot	
L'apprentissage de pilotage d'avion est-il facilité par des instructions immédiates?	Fu, W.-T., Bothell, D., Douglass, S., Haimson, C., Sohn, M.-H., & Anderson, J. A. (2006), Toward a Real-Time Model-Based Training System. <i>Interacting with Computers</i> , 18(6), 1216-1230.
Modélisation d'un opérateur de contrôle aérien	Lebiere, C, Anderson, J. R., & Bothell, D. (2001). Multi-tasking and cognitive workload in an ACT-R model of a simplified air traffic control task. In <i>Proceedings of the Tenth Conference on Computer Generated Forces and Behavior Representation</i> . Norfolk, VA.
Conduite d'un robot	Ritter, F. E., Kukreja, U., & St. Amant, R. (2007). Including a model of visual processing with a cognitive architecture to model a simple teleoperation task. <i>Journal of Cognitive Engineering and Decision Making</i> , 1(2), 121-147.
Tuteur intelligent pour	Corbett, A. T. & Anderson, J. R. (1995). Knowledge tracing: Modeling

apprendre la programmation en LISP	the acquisition of procedural knowledge. <i>User Modeling and User-Adapted Interaction</i> , 4, 253-278.
Perception et attention	
Modèle temporel du temps de perception visuelle des stimuli	Taatgen, N., van Rijn, H., & Anderson, J. R. (2004). Time perception: Beyond simple interval estimation. In <i>Proceedings of the sixth International Conference on Cognitive Modeling</i> (pp. 296-301). Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University/University of Pittsburgh.
Modèle attentionnel	Wang, H., Fan, J., & Johnson, T. R. (2004). A symbolic model of human attentional networks. <i>Cognitive Systems Research</i> , 5, 119-134.
Mémoire	
Comparaison de modèles mathématiques pour prédire la rétention mnésique	Lindsey, R., Lewis, O., Pashler, H., & Mozer, M. (2010). Predicting Students' Retention of Facts from Feedback during Study. Poster presented at the <i>32nd Annual Conference of the Cognitive Science Society</i> . Portland, OR.
Différence individuelle de la mémoire de travail (article de 40 pages, ne présenter qu'une expérimentation)	Daily, L. Z., Lovett, M. C., & Reder, L. M. (2001). Modeling individual differences in working memory performance: A source activation account in ACT-R. <i>Cognitive Science</i> 25, 315-353.
Influence de la Planification dans la résolution de problèmes	Gunzelmann, G., & Anderson, J. R. (2003). Problem solving: Increased planning with practice. <i>Cognitive Systems Research</i> , 4, 57-76.
Fatigue et émotion	
Comment la fatigue affecte l'adaptation de stratégies	Jongman, L. & Taatgen, N. A. (1999). An ACT-R model of individual differences in changes in adaptivity due to mental fatigue (pp. 246-251). In <i>Proceedings of the twenty-first annual conference of the cognitive science society</i> . Mahwah, NJ: Erlbaum.
Langage	
Compréhension du sens commun	Lebiere, C., Pirolli, P., Thomson, R., Paik, J., Rutledge-Taylor, M., Staszewski, J., & Anderson, J. (2013). A Functional Model of Sensemaking in a Neurocognitive Architecture. <i>Computational Intelligence and Neuroscience; Special Issue on Neurocognitive Models of Sense Making</i> .
Apprentissage des verbes irréguliers en anglais	Taatgen, N.A. & Anderson, J.R. (2002). Why do children learn to say "broke"? A model of learning the past tense without feedback. <i>Cognition</i> , 86(2), 123-155.
Lecture de phrases	Pyke, A. West, R. L., & LeFevre, J. (2007b). How readers retrieve referents for nouns in real time: A memory-based model of context effects on referent accessibility. In <i>Proceedings of the 8th International Conference on Cognitive Modeling (ICCM)</i> , pp. 7-12. New York, NY: Taylor & Francis/Psychology Press.

Références

Structure cognitive fonctionnelle du cerveau humain

1. Psychologie cognitive. Une approche de traitement de l'information. (2003). Claudette Fortin, Robert Rousseau. Presses de l'université du Québec. Télé-université.
2. Cognition : Théories et applications. (1999) S.F. Reed . Ed ITP DeBoeck Université
3. La mémoire humaine : théorie et pratique (1993) A. Baddeley. Ed Presses universitaires de Grenoble
4. Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions (1998) J.F. Richard. Ed Armand Colin
5. La mémoire (1996) F.Eustache . Ed ITP DeBoeck Université
6. Relations entre perception, mémoire de travail et mémoire à long terme (2001) S. Majerus Ed Solal.
7. La neuropsychologie cognitive (2002) X. Seron. Que Sais-je? Ed Puf.

Architectures cognitives

Introduction

8. <http://ai.eecs.umich.edu/cogarch2/index.html>
9. Sashank Varma (2011) Criteria for the Design and Evaluation of Cognitive Architectures. *Cognitive Science*. Vol. 35 (7). P 1329-1351
10. Grant, S. (unpublished) Developing cognitive architecture for modelling and simulation of cognition and error in complex tasks. *Paper given at a RoHMI project meeting*, Valenciennes, February 1996. <http://www.simongrant.org/pubs/val/text.html>
11. Gray, W. D. (Ed.). (2007). Integrated models of cognitive systems. New York: Oxford. University Press. (ISBN13: 9780195189193)
12. Langley, P., Laird, J.E., & Rogers, S. (2009). Cognitive architectures: Research issues and challenges. *Cognitive Systems Research* 10, 141-160. <http://code.google.com/p/soar/wiki/Publications>
13. McClelland, J. L. (2009). The Place of Modeling in Cognitive Science. *Topics in Cognitive Science* 1, 11–38 <http://www-psych.stanford.edu/~jlm/papers/McClelland09PlaceOfModelingtopiCS.pdf>

1. ACT-R

<http://act.psy.cmu.edu/>

14. Anderson, J.R. (1993) *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ :Lawrence. Erlbaum Associates.
15. Anderson, J. R. & Lebiere, C. (1998). *The atomic components of thought*. Mahwah, NJ:Erlbaum.
16. Anderson, J. R. (2007). *How can the human mind exist in the physical universe?* New York: Oxford University Press.
17. Anderson, J. R., & al. (2004). An integrated theory of the mind. *Psychological Review*, 111, 1036–1060.
18. Fonctionnement ACT-R6. <http://act-r.psy.cmu.edu/actr6/ACT-R6proposal.pdf>
19. Liste des paramètres d'ACT-R 4. http://act-r.psy.cmu.edu/older/ACT-R_4.0/release/manual.html

2. SOAR

<http://ai.eecs.umich.edu/soar/>

20. Newell, A. (1990) *Unified theories of cognition* Cambridge, Ma : Harvard University

Press

21. Laird, J., Newell, A., Rosenbloom, P. (1987). Soar : an architecture for general intelligence, vol 33, 1- 64.
22. Wang, Y., and Laird, J.E. (2006). Integrating Semantic Memory into a Cognitive Architecture.
23. http://ai.eecs.umich.edu/soar/sitemaker/docs/pubs/smem_tech.pdf

3. EPIC (Executive-Process/Interactive Control)

<http://www.eecs.umich.edu/~kieras/epic.html>

24. Kieras, David E; Meyer, David E. (1997) Overview of the EPIC architecture for cognition and performance with application to human-computer interaction. Human-Computer Interaction, vol. 12, no. 4, pp. 391-438, 1997. Publisher LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, INC

4. COSIMO

<http://www.simongrant.org/pubs/val/text.html>

25. Cacciabue, P.C. & al. (1992) COSIMO : a cognitive simulation model of human decision making and behavior in accident management of complex plants. IEEE Trans.Systems, Man and Cybernetics, 22 (5), 1058-1074

5. CIRCA

26. D. Musliner, M. Pelican, R. Goldman, K. Krebsbach, and E. Durfee (2008) The Evolution of CIRCA, a Theory-Based AI Architecture with Real-Time Performance Guarantees, Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Architectures for Intelligent Theory-Based Agents, Stanford University, Palo Alto, CA, March 26-28, 2008. <http://rpgoldman.real-time.com/papers/SS08-02-008.pdf>
27. Goldman, R. P.; Musliner, D. J.; and Pelican, M. J.(2002). Exploiting implicit representations in timed automaton verification for controller synthesis. In Proceedings of the 2002 Hybrid Systems: Computation and Control Workshop. <http://www.springerlink.com/content/72bggkwe04fugrxm/fulltext.pdf>