

## **Chapitre 2**

### **Modèles graphiques probabilistes pour la modélisation des connaissances : inférence, apprentissage et applications**

Les modèles graphiques probabilistes sont classiquement définis comme étant le mariage entre la théorie des probabilités et la théorie des graphes. Les probabilités permettent à ces modèles de prendre en compte l'aspect incertain présent dans les applications réelles. La partie graphique offre un outil intuitif inégalable et attractif dans de nombreux domaines d'applications où les utilisateurs ont besoin de "comprendre" ce que raconte le modèle qu'ils utilisent. Réciproquement, cela permet aussi à un expert des modèles graphiques de construire plus facilement un modèle pour une application précise en s'appuyant sur les avis des spécialistes de ce domaine.

L'utilisation conjointe des probabilités et des graphes nous offre une famille de modèles de connaissance très riche, avec par exemple les réseaux bayésiens, les modèles de Markov cachés et leurs dérivés ou les filtres de Kalman.

L'apparition d'un formalisme commun pour représenter et manipuler ces modèles donne maintenant lieu à de fructueux échanges où un travail original sur l'un de ces modèles peut être adapté ou généralisé aux autres, et ouvrir de nouvelles pistes de recherche. Citons par exemple le cas des réseaux bayésiens dynamiques, qui utilisent à la fois des algorithmes développés originalement soit pour les réseaux bayésiens statiques, soit pour les modèles de Markov cachés, soit pour les filtres de Kalman, le tout en apportant un pouvoir expressif supplémentaire par rapport à ces premiers modèles.

Nous proposons dans cet atelier de dresser un panorama des activités de recherche dans le domaine des modèles graphiques probabilistes, tant au niveau théorique que pour les aspects applicatifs. Le but était donc de rassembler, dans le cadre de la conférence EGC 2005, et sous le parrainage de CAFE, Collège Apprentissage, Fouille et Extraction de l'AFIA, les chercheurs intéressés par le sujet et de fournir un lieu de discussion sur ses derniers développements.

Les présentations devaient aborder un des thèmes suivants :

- inférence : nouveaux algorithmes d'inférence exacte ou approchée
- stratégies et algorithmes d'apprentissage : élicitation de données, prise en compte de données incomplètes / variables manquantes, modélisation biomimétique
- modèles graphiques probabilistes : réseaux bayésiens temporels, réseaux bayésiens orientés objets, diagrammes d'influence, réseaux de neurones
- relations avec d'autres formalismes de représentation de l'incertain
- applications réelles
- outils logiciels

Afin de couvrir les nombreuses facettes du sujet tout en gardant du temps pour discuter, cet atelier s'est déroulé sur une journée entière, avec sept présentations couvrant un spectre assez large, de part les types de modèles graphiques utilisés (réseaux bayésiens « classiques », modèles causaux, modèles dynamiques, réseaux bayésiens de niveau deux), les algorithmes mis en oeuvre (inférence, apprentissage) et les domaines d'application concernés (diagnostic multiple de systèmes complexes, reconnaissance de caractères manuscrits, détection d'intrusion, systèmes multi-agents, traitement de la parole).

La première série d'articles traite des modèles graphiques dynamiques. F. Bach et M.I. Jordan utilisent des modèles de Markov cachés pour une application de traitement de signal, l'estimation de plusieurs fréquences fondamentales. Ce travail utilise de nombreuses avancées récentes des modèles graphiques probabilistes temporels.

Le second article de cette série est consacré à l'inférence dans les Modèles de Markov cachés hiérarchiques et factorisés. Ce travail, présenté par S. Gelly, N. Bredeche et M. Sebag, propose un changement de formalisme permettant de "simplifier" ces modèles pour être capable de leur appliquer des algorithmes d'inférence exacts.

L. Likforman-Sulem et M. Sigelle nous décrivent ensuite une application des réseaux bayésiens dynamiques pour la représentation et la reconnaissance de caractères manuscrits.

La dernière série d'articles est consacrée à d'autres modèles graphiques probabilistes. Les travaux de V. Delcroix, M.A. Maalej et S. Piechowiak passent en revue l'utilisation des réseaux bayésiens pour le diagnostic multiple de systèmes complexes.

A. Faour, Ph. Leray et C. Foll décrivent ensuite l'utilisation de réseaux bayésiens au sein d'une architecture de data-mining destinée à filtrer les alarmes dans les systèmes de détection d'intrusion informatique.

Nous passons ensuite des réseaux bayésiens "classiques" aux réseaux bayésiens causaux, et plus précisément les modèles causaux multi-agents avec le travail de S. Maes, S. Meganck et B. Manderick, qui décrit un algorithme d'inférence pour ces modèles spécifiques.

L'article de L. Smail et J.P. Raoult conclut cette série d'articles en développant un nouveau formalisme, les réseaux bayésiens de niveau deux et en illustrant le principe fondamental de séparation dans ces modèles.

Comité de programme et d'organisation :

P. Leray (Laboratoire PSI - FRE CNRS 2645, INSA Rouen - [philippe.leray@insa-rouen.fr](mailto:philippe.leray@insa-rouen.fr))

M.R. Amini (LIP6, Université Paris 6),  
T. Artières (LIP6, Université Paris 6),  
M. Bouissou (EDF / LAMA, Université de Marne la Vallée),  
F. Druaux (GREAH, Université du Havre),  
A. Faure (GREAH, Université du Havre),  
O. François (PSI, INSA Rouen),  
P. Gallinari (LIP6, Université Paris 6),  
Y. Kodratoff (LRI, Université Paris Sud),  
P. Naïm (Elseware),  
O. Pourret (EDF),  
J.P. Raoult (LAMA, Université de Marne la Vallée),  
L. Smail (LAMA, Université de Marne la Vallée),  
P.H. Willemin (LIP6, Université Paris 6).

Remerciements

Nous aimerions remercier F. Cloppet et les responsables de la conférence EGC 2005 pour avoir accueilli cet atelier, et M. Sebag pour son aide concernant la diffusion de l'appel d'offre.