

# La théorie des fonctions de croyance : de nouveaux horizons pour l'aide à la décision

*A la mémoire de Philippe Smets et de Patrick Vannoorenberghe*

Les exigences opérationnelles, associées à des contextes difficiles à appréhender, exigent dans bien des domaines aujourd'hui la mise en œuvre coopérative d'un nombre plus ou moins important de systèmes élémentaires complémentaires, au sein de structures dénommées communément « systèmes complexes ». L'efficacité du système global ainsi constitué dépend étroitement de sa capacité à exploiter au mieux la diversité des informations véhiculées, et donc les spécificités de chacune d'elles. Ces informations, qui peuvent provenir d'observations, de connaissances *a priori*, ou de sources exogènes, sont par nature imparfaites, puisqu'individuellement insuffisantes pour satisfaire le besoin. Il est donc fondamental de gérer correctement les notions d'incertitude, d'imprécision, d'incomplétude et de fiabilité qui leur sont nécessairement attachées dans ce cadre.

Si les probabilités ont vite montré des limites liées à un formalisme relativement contraint face à ces spécificités, d'autres théories semblent en revanche bien adaptées à leur prise en compte. Ces théories, toutes élaborées dans les années 60/70, étaient alors assez intuitives, et donnaient lieu à des mises en œuvre parfois critiquables. Depuis, bon nombre de travaux ont permis de les asseoir sur des bases théoriques solides, d'affiner leurs concepts d'emploi, et de développer les outils qui permettent d'en assurer une exploitation rigoureuse dans le cadre d'applications d'intérêt.

Parmi ces théories la théorie des fonctions de croyance revêt un intérêt particulier, principalement lié aux degrés de liberté qu'offre son formalisme, mais s'avère corrélativement délicate à mettre en œuvre. L'émergence actuelle de cette

théorie repose en conséquence sur la convergence de deux facteurs catalyseurs : d'une part son potentiel devient nécessaire pour faire face à la complexité croissante du besoin, et d'autre part la mobilisation récente de la recherche dans le domaine a conduit à une maturité du sujet qui permet de maîtriser de façon probante des applications d'intérêt. Différentes approches de cette théorie se sont donc naturellement développées en parallèle, puis les chercheurs engagés dans ces évolutions ont commencé à constituer une communauté qui s'est d'abord réunie entre spécialistes, pour finalement proposer ses premières journées scientifiques ouvertes, qui se sont tenues les 7 et 8 décembre 2005 dans le cadre de la SEE.

Philippe Smets a été un des acteurs majeurs de cette évolution. Il a d'abord enrichi notablement le capital théorique du domaine en explicitant clairement et en étendant un certain nombre de concepts fondamentaux, en apportant des justifications rigoureuses, et en s'attachant à développer des outils qui permettaient d'appliquer les concepts théoriques à des problèmes concrets. Il a ensuite suscité un certain nombre de développements par sa démarche didactique et l'intérêt qu'il a toujours porté aux travaux des uns et des autres. Enfin, il a constamment cherché à fédérer les différents courants conceptuels du domaine pour créer la communauté qui voit le jour aujourd'hui. C'est donc à son instigation et grâce à son soutien qu'avec Thierry Denoeux nous avons organisé ces journées des 7 et 8 décembre 2005, avec un objectif œcuménique. Philippe nous a malheureusement quitté quelques semaines avant cet événement...

Les articles qui constituent le numéro spécial qui suit ont été écrits à partir d'une sélection des pré-

sentations faites lors de ces journées, en vue de donner un panorama cohérent et pluraliste du domaine. Les articles présentés ont ensuite eux-mêmes été à nouveau filtrés dans le cadre du processus habituel de relecture de la revue. Ils stigmatisent assez bien un certain nombre de préoccupations actuelles.

Le premier article traite du problème qui a certainement mobilisé le plus de réflexions, celui du conflit entre les sources à fusionner. Dans le paysage déjà riche des attitudes existantes face à ce problème, Arnaud Martin et Christophe Osswald proposent un compromis sous forme d'une règle de combinaison qui répartit le conflit proportionnellement sur les éléments produisant ce conflit. L'intérêt de cette règle est analysé dans le cadre de deux applications, respectivement dans les domaines de sonar et du radar.

Le deuxième article s'intéresse à une situation privilégiée pour l'utilisation de la théorie des fonctions de croyance, celle où les sources à fusionner fournissent des évaluations sur des référentiels différents. Benjamin Quost, Thierry Denoeux, et Mylène Masson considèrent un cas particulier important au plan opérationnel, celui où les sources à fusionner sont des classifieurs binaires, c'est-à-dire capables chacun de ne discriminer que 2 hypothèses, ces hypothèses étant bien sûr différentes d'un classifieur à l'autre.

Une problématique totalement différente est abordée dans le troisième article, puisqu'il s'agit de l'estimation de modèles de mélanges finis. Patrick Vannoorenberghe s'intéresse au cas où l'information sur le modèle de génération des données n'est que partiellement défini, ce qui le conduit à proposer une extension, dans le cadre de la théorie des fonctions de croyance, de l'algorithme EM (Espérance-Maximisation).

Les trois derniers articles se placent plus directement dans le cadre d'applications industrielles, pour lesquelles ils mettent en évidence le parti qui peut être tiré des fonctions de croyance face à des situations pratiques difficiles. Dans le quatrième article, Sébastien Régis, Andrei Doncescu, et Jacky Desachy montrent plus particulièrement l'exploitation qui peut être faite de la notion de conflit, contrairement à l'élimination qui en était

recherchée dans le premier article, pour ici évaluer la pertinence des sources d'information que sont les paramètres biochimiques dans un bioprocédé fermentaire, afin d'améliorer les processus de classification.

Le cinquième article détaille la mise en œuvre des fonctions de croyance au profit de la reconnaissance d'adresses postales à partir des décisions fournies par différents lecteurs. David Mercier, Geneviève Cron, Thierry Denoeux, et Marie Hélène Masson y détaillent les processus de modélisation et de traitement qui peuvent être élaborés dans une situation bien réelle, pour en particulier gérer de la façon la plus pertinente des déclarations d'adresses partielles ou de nature différente.

Le dernier article présente un projet abouti d'application des fonctions de croyance à un problème industriel complexe, où l'objectif est de localiser des nœuds de communication à partir de mesures de proximité. François Caron, Emmanuel Duflos, Carl Haas, et Philippe Vanheeghe détaillent un processus de modélisation original et réaliste permettant de gérer l'imprécision et l'incertitude inhérentes au problème, l'utilisation du conflit permettant ici de traiter le mouvement des nœuds de communication.

En dépit du succès déjà rencontré au plan pratique, beaucoup reste encore à faire pour tirer tout le bénéfice du gisement que représente les fonctions de croyance. J'apprends malheureusement en achevant ces quelques lignes qu'un des pionniers du domaine et auteur d'un des articles qui suivent, Patrick Vannoorenberghe, vient juste de nous quitter. Nous avons une pensée toute particulière pour lui et pour sa famille.

Le 8 janvier 2007,

Alain APPRIOU  
Directeur de Recherche  
Direction Scientifique Générale de l'ONERA  
Vice-Président de la SEE  
chargé des Clubs Techniques