Fondements Ordinaux du Raisonnement Plausible

Didier Dubois
Institut de Recherche en Informatique de Toulouse
118 route de Narbonne
31062, Toulouse, cedex 4, France

Le but de cet exposé est de proposer une synthèse des travaux effectués depuis une quinzaine d'années sur la formalisation du raisonnement plausible à partir d'informations incomplètes avec une formalisation ordinale de l'incertitude. Cette thématique a des liens étroit avec le raisonnement non-monotone, la révision des croyances, les logiques conditionnelles, mais aussi avec des théories de l'incertain comme les probabilités et les possibilités. Il semble que le but recherché par l'Intelligence Artificielle symbolique dans ce domaine soit de faire de l'inférence probabiliste sans probabilité. Pour étayer cette thèse, on considère que les informations détenues par un agent dans une situation donnée sont de trois types : des observations sur la situation courante, des connaissances génériques sur les situations similaires, et des croyances relatives à la situation courante. Le raisonnement plausible consiste précisément à inférer des croyances à partir d'observations locales et de connaissances génériques.

L'approche ordinale suppose que les connaissances de l'agent sont modélisées par une relation d'incertitude sur un ensemble de propositions, typiquement un préordre partiel cohérent avec la déduction classique. Les observations dont l'agent dispose sont modélisées par des propositions classiques formant un contexte qui sert à conditionner la relation d'incertitude. Une croyance acceptée est alors une proposition plus plausible que sa négation dans le contexte des observations disponibles. De plus, on suppose que l'agent considère ses croyances comme vraies (jusqu'à plus ample information), et qu'elles forment un ensemble déductivement clos. Ces conditions suffisent pour pouvoir représenter toute relation d'incertitude par une famille de relations de possibilité comparative (originellement introduites par Lewis), une proposition étant plus plausible qu'une autre si et seulement si elle est plus plausible au sens de tous les éléments de la famille. Les relations de possibilité comparative sont particulièrement simples car chacune d'elles est complètement définie par un préordre complet sur les événements élémentaires (interprétations, états, etc), distinguant ce qui est normal de ce qu'il l'est moins.

La relation d'inférence plausible satisfait alors tous les postulats de l'inférence préférentielle selon Kraus Lehmann et Magidor (à la reflexivité près), et ces postulats la caractérisent complètement. Si la famille de relations de possibilité comparative se réduit à un seul élément, l'inférence plausible satisfait de plus la propriété de monotonie rationnelle et s'avère plus productive. Cette forme d'inférence plausible coïncide avec celle à l'oeuvre dans le système Z de Pearl et la fermeture rationnelle de Lehmann. Mais on retrouve les mêmes propriétés dans les logiques conditionnelles plus anciennes d'Adams (probabilités infinitésimales) et de Lewis (pour les contrefactuels).

En pratique, les connaissances génériques de l'agent prennent souvent la forme de règles que l'on peut modéliser à l'aide d'une base de propositions conditionnelles trivaluées, ou de relations d'indépendance conditionnelle. Cette base délimite une famille de possibilités comparatives. Il existe un principe de minimum d'information qui permet de sélectionner une relation de possibilité comparative dans une famille donnée (principe à l'oeuvre dans le système Z de Pearl).

Ce cadre capture bien sûr la théorie de la révision de Gärdenfors, mais il met quelque peu en doute la thèse selon laquelle le raisonnement non-monotone et la révision seraient les deux faces de la même pièce. En effet, la révision selon Gärdenfors ne capture que l'évolution des croyances d'un agent qui reçoit de nouvelles observations. Notre approche montre bien que le calcul des nouvelles croyances n'utilise pas du tout les anciennes croyances, mais procède par raisonnement plausible à partir des connaissances génériques et de l'ensemble des observations délimitant un nouveau contexte. Ceci explique pourquoi la révision des croyances ne peut pas être itérable. La distinction entre croyances et connaissances permet de donner un sens plus fort à la révision : la révision des connaissances, qui consiste à modifier la relation d'incertitude elle-même, par exemple en ajoutant une nouvelle règle à une base de règles, en modifiant l'ordre de normalité sur les états, etc. Ce type de changement épistémique n'a rien à voir avec la théorie de la révision de Gärdenfors. Il est itérable par nature, et sa formalisation ne fait pas encore l'objet d'un consensus dans la litérature.

Les analogies entre l'approche proposée et le raisonnement probabiliste sont patentes. La relation d'incertitude correspond à une mesure de probabilité ou une famille de telles mesures. Une base de règles génériques se représente par un ensemble de valeurs de probabilités conditionnelles, un cas particulier étant le réseau bayésien. L'inférence plausible probabiliste consiste à calculer la valeur de la probabilité d'une conclusion conditionnée par l'ensemble des observations. Dans cette opération, on ne révise pas la mesure de probabilité, on ne fait que l'exploiter. Dans le cadre ordinal, on cherche à déduire une règle induite par une ou plusieurs distributions de possibilité, règle dont la partie condition représente le contexte défini par les observations. La sélection d'un préordre complet prudent dans une famille de relations de possibilité induites par une base conditionnelle correspond au choix d'une mesure de probabilité à l'aide du principe d'entropie minimale (ou alternativement la valeur de Shapley). Il existe des mesures de probabilité particulières, dites "à grandes marches", compatibles avec la notion de croyance acceptée issue du cadre ordinal ci-dessus. Elles constituent un lien potentiel entre statistiques et raisonnement non-monotone, dans une perspective d'apprentissage.

D'un point de vue calculatoire, l'inférence à partir d'un ensemble de connaissances conditionnelles peut être réalisée avec un prouveur propositionnel classique et revient à une série de tests de cohérence. Si la distribution de possibilité est unique (car on l'a choisie, comme dans le systeme Z), l'inférence plausible peut se coder en logique possibiliste, qui utilise des bases propositionnelles avec priorités.

Cet exposé doit beaucoup à Salem Benferhat, Hélène Fargier, Jérome Lang et Henri Prade et reflète nos travaux communs.

Références

[1] E.W. Adams (1975) *The Logic of Conditionals*. Dordrecht : D. Reidel.

[2] C.E.P. Alchourron, P. Gärdenfors, D. Makinson (1985), *On the logic of theory change : Partial meet functions for contraction and revision*. J. of Symbolic Logic, 50, 510-530.

[3] S. Benferhat, D. Dubois, H. Prade (1997a) *Nonmonotonic reasoning, conditional objects and possibility theory*, Artificial Intelligence, 92, 259-276

[4] S. Benferhat, D. Dubois, H. Prade (1999) *Possibilistic and standard probabilistic semantics of conditional knowledge*. J. Logic and Computation, 9 , 873-895

[5] Boutilier C. (1994). *Modal logics for qualitative possibility theory*, Int. J. Approximate Reasoning, 10, 173-201.

[6] D. Dubois (1986) *Belief structures, possibility theory and decomposable confidence measures on finite sets*. Computers and Artificial Intelligence (Bratislava), 5(5), 403-416.

[7] D. Dubois, H. Prade (1998) *Possibility theory : qualitative and quantitative aspects*. In : : Quantified Representation of Uncertainty and Imprecision (P. Smets, Ed.), Handbook on Defeasible Reasoning and Uncertainty Management Systems - Vol. 1. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands, 169-226

[8] D. Dubois, H. Fargier, H. Prade (1998a) *Comparative uncertainty, belief functions and accepted beliefs*. Proc. of the 14th Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence (G. Cooper, S. Moral, eds.), Madison, WI, Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 113-120.

[9] D. Dubois, J. Lang, and H. Prade. *Possibilistic logic*. In D.M. Gabbay et al., editors, Handbook of Logic in Artificial Intelligence and Logic Programming, Vol. 3, pages 439-513. Oxford University Press, 1994.

[10] D. Dubois, H. Prade (1991) *Epistemic entrechment and possibilistic logic.* Artificial Intelligence, 50, 223-239.

[11] D. Dubois, H. Prade (1995a) *Conditional objects, possibility theory and default rules.* In Conditionals : From Philosophy to Computer Science (G. Crocco, L. Farinas del Cerro, A. Herzig eds.), Oxford University Press, 311-346.

[12] D. Dubois, H. Prade (1995b), *Numerical representations of acceptance.* Proc. of the 11th Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence (P. Besnard, S. Hanks, eds.), 149-156

[13] P. Gärdenfors (1988) *Knowledge in Flux.* MIT Press, Cambridge.

[14] N. Friedman, J. Halpern (1996) *Plausibility measures and default reasoning.* Proc of the 13th National Conf. on Artificial Intelligence (AAAI'96), Portland, 1297-1304. To appear in J. Assoc. for Comp. Mach.

[15] J. Halpern (1997) *Defining relative likelihood in partially-ordered preferential structures.* J. AI Research, 7, 1-24

[16] Koopman B.O (1940) *The bases of probabilty.* Bull. Am. Math. Soc. 46, 763-774.

[17] S. Kraus, D. Lehmann, M. Magidor (1990) *Nonmonotonic reasoning, preferential models and cumulative logics.* Artificial Intelligence, 167-207.

[18] D. Lehmann, M. Magidor (1992) *What does a conditional knowledge base entail ?* Artificial Intelligence, 55(1), 1-60.

[19] D. Lewis (1973) *Counterfactuals.* Basil Blackwell, London.

[20] Pearl J. (1988). *Probabilistic Reasoning Intelligent Systems : Networks of Plausible Inference*, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA.

[21] J. Pearl (1990) *System Z : a natural ordering of defaults with tractable applications to default reasoning.* Proc. of the 3rd Conf. on the Theoretical Aspects of Reasonig About Knowledge (TARK'90), Morgan and Kaufmann, 121-135.

[22] Shoham Y. (1988). *Reasoning About Change - Time and Causation from the Standpoint of Artificial Intelligence*, The MIT Press, Cambridge, MA.

[23] P. Snow (1999) *Diverse confidence levels in a probabilistic semantics for conditional logics.* Artificial Intelligence 113, 269-279.

[24] W. Spohn. *Ordinal conditional functions : A dynamic theory of epistemic states.* In W. Harper, and B. Skyrms, editors, Causation in Decision, Belief Change and Statistics, pages 105-134, 1988.