



HAL
open science

Brève présentation des travaux auxquels on participé Didier Dubois et Henri Prade

Didier Dubois, Henri Prade

► **To cite this version:**

Didier Dubois, Henri Prade. Brève présentation des travaux auxquels on participé Didier Dubois et Henri Prade. Bulletin pour les sous-ensembles flous et leurs applications, 1982, 10, pp.83–93. hal-04559275

HAL Id: hal-04559275

<https://hal.science/hal-04559275>

Submitted on 25 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

BREVE PRESENTATION DES TRAVAUX
AUXQUELS ONT PARTICIPE

Didier DUBOIS

Département d'Etudes et de Recherches
en automatique
Centre d'Etudes et de Recherches de
Toulouse
2, Avenue Edouard Belin, B.P. 4025
31055 TOULOUSE CEDEX

Henri PRADE

Laboratoire Langages et Systèmes informa-
tiques
Université Paul Sabatier
118, Route de Narbonne
31062 TOULOUSE CEDEX

CONCERNANT LES SOUS-ENSEMBLES FLOUS ET LA THEORIE DES POSSIBILITES

La question "A quoi peuvent servir les ensembles flous ?", bien souvent posée par ceux qui s'interrogent sur l'intérêt pratique de la notion d'ensemble flou même s'ils lui reconnaissent un pouvoir de conceptualisation, amènera des réponses sensiblement différentes selon le chercheur auquel elle s'adresse, étant donné les préoccupations quelquefois fort éloignées dont font montre les auteurs ayant placé une bonne part de leurs travaux récents dans le cadre des ensembles flous. Loin d'offrir un panorama de l'ensemble des points de vue existants, la tentative de réponse qui suit s'inscrit presque uniquement dans la perspective des recherches menées par les auteurs de cette note depuis cinq ans. Des domaines d'applications importants pourront ainsi être passés sous silence.

La théorie des ensembles flous et la théorie des possibilités qui en est un des développements les plus remarquables,

offrent une nouvelle approche pour modéliser l'imprécis et l'incertain. Sans doute existe-t-il de sérieuses raisons théoriques de chercher des alternatives à la théorie des probabilités afin de pouvoir prendre en compte certains aspects de l'incertain particulièrement quand il n'est pas d'origine aléatoire. Ainsi peut-on par exemple citer le problème de la modélisation de l'ignorance totale. Encore faut-il que les nouvelles approches aient un statut théorique clair qui permette de comprendre les différences et les liens qu'elles entretiennent avec les approches probabilistes notamment. C'est ce à quoi voudrait contribuer des articles tels que (1) et (2) qui montrent la place essentielle tenue par les mesures de probabilité, les mesures de possibilité et les mesures de nécessité (duales des précédentes) parmi les mesures d'incertain envisageables ; (2) et (3) indiquent comment une mesure de possibilité et une mesure de nécessité peuvent être naturellement associées à un histogramme ; (4) et (5) étudient les aspects modaux des mesures de possibilité et de nécessité et leurs rapports avec les logiques multivalentes ; (6) montre le rôle joué par les mesures d'incertain dans la construction d'indices scalaires de comparaison entre sous ensembles flous ; le degré de vérité d'une proposition peut être alors calculé comme un degré d'adéquation entre les distributions de possibilité représentant le contenu de la proposition et celles représentant ce que nous savons de la réalité (7).

Au-delà de son intérêt théorique, ce qui fait l'attrait de la théorie des possibilités c'est son aptitude à représenter

de façon naturelle l'incertain tout en conduisant à des calculs dont le traitement en machine ne pose en général aucun problème particulier. Une des caractéristiques essentielles de la théorie des possibilités est qu'une distribution de possibilité peut à la fois être interprétée et manipulée de façon ensembliste en tant qu'ensemble flou - ce qui permet de modéliser des entités imprécises - et servir au calcul de la possibilité et de la nécessité d'un événement en tant que l'analogue d'une densité de probabilité - ce qui permet de quantifier l'incertain, d'autant plus que ces deux quantités peuvent être souvent considérées comme formant un encadrement de la probabilité du dit événement.

Une distribution de possibilité peut représenter une quantité numérique imprécisément connue pour laquelle certaines valeurs apparaissent plus possibles que d'autres, on parle alors de "nombre flou". La manipulation arithmétique des nombres flous (8), (9), (10), (11), est aujourd'hui complètement maîtrisée et permet une généralisation des calculs d'erreurs ; de plus, la mise en oeuvre informatique des opérations arithmétiques sur les nombres flous ne présentent aucune difficulté. Un calcul de sensibilité peut ainsi être mené à bien directement plutôt que par l'intermédiaire d'une simulation. Les systèmes d'équations ou d'inéquations linéaires à coefficients flous (12) semblent pouvoir être résolus sans trop de problèmes. Les fonctions de variable réelle à valeur floue ont pu recevoir un début de traitement analytique (13). Une réponse satisfaisante semble avoir été apportée au problème de la comparaison des

nombres flous (14) par la considération des ensembles de valeurs qui sont respectivement possiblement et nécessairement plus grandes (ou plus petites) qu'un nombre flou (15). D'une certaine façon la théorie des possibilités prend au pied de la lettre la célèbre formule de Rutherford " Qualitative is nothing but poor quantitative" en permettant de traiter le qualitatif comme du quantitatif : ainsi un nombre réel n'est qu'un cas particulier de nombre flou.

La Recherche Opérationnelle apparaît ainsi être un domaine exemplaire d'application des ensembles flous et de la théorie des possibilités puisque les données numériques y sont souvent mal connues en pratique (16), (17), (18), (19), (20), (21). L'extension des méthodes de recherche arborescente, largement utilisées en Recherche Opérationnelle comme en Intelligence Artificielle, peut être envisagée afin de prendre en compte des estimations imprécises (22). Des nombres flous peuvent également être utilisés en Théorie de la Décision pour représenter des évaluations d'alternatives au sens d'un critère donné, des niveaux de préférences, des pondérations (23), (24). Une distribution de possibilité peut également représenter un ensemble d'alternatives plus ou moins possibles au sens d'un critère ; les problèmes de décision ou de choix multi-critères apparaissent dans cette perspective essentiellement comme des problèmes de combinaisons ensemblistes de telles distributions (25), (26), (27). Plus fondamentalement, on peut essayer de reconsidérer la théorie classique de l'utilité dans le cadre de la théorie des possibilités (24). Choisir

entre plusieurs alternatives, dont on possède des évaluations globales sous forme de distributions de possibilités, revient ainsi à comparer des nombres flous (14), (24), (26), ce qui permet d'apprécier dans quelle mesure une alternative peut être déclarée meilleure qu'une autre malgré les incertitudes existantes sur les diverses estimations et sur l'importance relative des critères.

Grossièrement, on peut distinguer deux types (qui ne s'excluent pas mutuellement) d'"algorithmes flous" : ceux qui manipulent de façon déterministe des grandeurs imprécises et ceux qui expriment mathématiquement la description imprécise d'un ensemble de manipulations (28). On a affaire à des algorithmes du premier type chaque fois que dans les données d'entrée se trouvent être des nombres flous. Ceux du second type, correspondant à des procédures imprécisément décrites, ne sont pas sans rappeler les règles de conduite, utilisées par l'être humain dans nombre d'activités, quoiqu'elles ne soient pas toujours spécifiées dans le détail et que leur efficacité puisse ne pas être complètement certaine. Dans le cadre de l'Intelligence Artificielle, on a cherché à développer, ces dernières années, des systèmes informatiques experts dans des domaines spécialisés de la connaissance ou du savoir faire ; le savoir de ces systèmes experts est souvent formalisé sous forme de règles du type "si... alors...", dites "règles de production". Dans la mesure où ces règles véhiculent une connaissance souvent imprécise et/ou incertaine, des distributions de possibilités, correspondant soit au sens d'un mot relativement vague apparaissant dans une spécification soit à un ensemble d'éventualités plus ou moins possibles, peuvent être utilisées pour représenter leur contenu

(29). De plus, le degré de confiance dans la règle peut être quantifié par un nombre flou, représentant la valeur d'une mesure d'incertain, exprimé sous forme linguistique. L'enchaînement de telles règles nécessite bien évidemment une théorie du raisonnement approché et une logique où les valeurs de vérité sont floues (30). Par ailleurs, dans nombres de systèmes experts, le déclenchement des règles est effectué après avoir vérifié l'adéquation du contenu du prémisses de la règle à l'état courant de la base de données qui décrit la situation à laquelle le système a à faire face ; quand le prémisses de la règle ou les données sont imprécises, la procédure de déclenchement doit être adaptée en conséquence (31), (32).

D'autres applications proprement informatiques peuvent être considérées. Ainsi une approche basée sur les mesures de possibilité et de nécessité semble se révéler particulièrement intéressante pour modéliser les informations incomplètes dans une base de données (une distribution de possibilité indique alors les valeurs plus ou moins possibles que peut prendre un attribut donné pour un objet donné) (33), (34). Par ailleurs, la prise en compte de requêtes imprécises dans un système d'interrogation de base de données (27), (31), (32) nécessite l'emploi de techniques développées dans le cadre de la théorie des ensembles flous et des possibilités. Enfin, la conception assistée par ordinateur (35) pourrait être un nouveau domaine d'application particulièrement riche des ensembles flous dans la mesure où un objet à concevoir ne saurait être défini d'emblée de façon complètement précise.

Les distributions de possibilité, qui bien souvent ne font qu'exprimer le résultat de contraintes "souples" qui limitent les valeurs possibles d'une variable, en étant manipulées soit en tant qu'ensembles flous soit en tant que "densités" attachées à des mesures d'incertain, apparaissent constituer un outil digne de considération pour la représentation et le calcul de l'imprécision et de l'incertitude, vu le caractère intuitif et la simplicité de cette notion. D'autres apports importants sont sans doute à attendre de l'étude de mesures d'incertain autres que les probabilités, notamment dans le domaine de l'inférence statistique.

Il doit être clair que le contenu de la présente note ne fait que refléter une démarche de recherche et que d'autres points de vue ne pourraient qu'apporter des enrichissements ou de nouvelles orientations. Il reste sans doute encore beaucoup à faire tant en ce qui concerne la maîtrise de la théorie que pour ce qui est de la réalisation d'applications pratiques d'envergure (ce qui nécessite l'assimilation des apports récents de la théorie par un certain nombre de chercheurs) ; néanmoins, les auteurs de la présente note, en essayant de répondre à la question "A quoi peuvent servir les ensembles flous ?", espèrent avoir contribué à rendre un peu plus crédible l'intérêt pratique de la théorie des ensembles flous et des possibilités.

BIBLIOGRAPHIE SELECTIVE ET THEMATIQUE DES ECRITS DES AUTEURS
DE LA PRESENTE NOTE

. Mesures d'incertain.

- (1) D. DUBOIS, H. PRADE - A class of fuzzy measures based on triangular norms. A general framework for the combination of uncertain information. Int. J. of General Systems. Vol. 8, N° 1, pp 43-61, 1982.
- (2) D. DUBOIS, H. PRADE - On several representations of an uncertain body of evidence. A paraître dans "Fuzzy Information and Decision Processes" (M.M. GUPTA, E. SANCHEZ, eds.) North-Holland, 1982.
- (3) D. DUBOIS, H. PRADE - Unfair coins and necessity measures Proc. 3rd Int. Seminar on Fuzzy Set Theory (E.P. KLEMENT, ed.), Johannes Kepler Univ., Linz, Austria, Sept. 7-11, 1981, pp 223-231.
- (4) H. PRADE - Modal semantics and fuzzy set theory. Proc. Int Cong. on Applied Systems Research and Cybernetics, Acapulco, Dec. 12-15, 1980, (G.E. LASKER, ed.), Vol. VI, pp 2953-2958, Pergamon Press, 1981. Version complète dans "Fuzzy Set and Possibility Theory : Recent Developments" (R.R. YAGER, ed.) Pergamon Press, 1982.
- (5) H. PRADE - Possibility sets, fuzzy sets and their relation to Łukasiewicz logic. Proc. 12th. IEEE Int. Symp. on Multiple-Valued Logic, Paris, May 24-27, 1982.
- (6) D. DUBOIS, H. PRADE - A unifying view of comparison indices in a fuzzy set - theoretic framework. dans "Fuzzy Set and Possibility Theory : Recent Developments" (R.R. YAGER, ed.), Pergamon Press, 1982.
- (7) D. DUBOIS, H. PRADE - Degree of truth and truth-functionality, Proc. 2nd World Conf. on Mathematics at the Service of Man, Las Palmas, Canary Islands, June 28 - July 3, 1982.

. Nombres flous.

- (8) D. DUBOIS, H. PRADE - Operations on fuzzy numbers. Int. J. of Systems Science Vol. 9, N° 6, pp 613-626, 1978.
- (9) D. DUBOIS, H. PRADE - Fuzzy real algebra : some results. Fuzzy Sets and Systems Vol. 2, n° 4, pp. 327-348, 1979.
- (10) D. DUBOIS, H. PRADE - Fuzzy Sets and Systems : Theory and Applications. Academic Press, 1980.

- (11) D. DUBOIS, H. PRADE - Additions of interactive fuzzy numbers. IEEE Trans. on Aut. Cont. Vol. 26, N° 4, pp 926-936, 1981.
- (12) D. DUBOIS, H. PRADE - Systems of linear fuzzy constraints. Fuzzy Sets and Systems, vol. 3, N° 1, pp 37-48, 1980.
- (13) D. DUBOIS, H. PRADE - "Towards fuzzy differential calculus. Part. 1 : Integration of fuzzy mappings. Part 2 : Integration over fuzzy intervals. Part 3 : Fuzzy differentiation. A paraître dans Fuzzy Sets and Systems.
- (14) D. DUBOIS, H. PRADE - Ranking fuzzy numbers in the setting of possibility theory. En soumission.
- (15) D. DUBOIS, H. PRADE - Fuzzily-bounded domains : a topological-like point of view. Proc. 3rd Int. Seminar on Fuzzy Set Theory (E.P. KLEMENT, ed.) Johannes Kepler Univ., Linz, Austria, Sept. 7-11, 1981, pp 191-209.
- . Recherche Opérationnelle - Optimisation.
- (16) D. DUBOIS - A fuzzy-set-based method for the optimization of machining operations. Proc. IEEE Int. Conf. on Cybernetics and Society, Atlanta, Oct. 26-28, 1981, pp 331-334.
- (17) D. DUBOIS - A fuzzy, heuristic, interactive approach to the optimal network problem. A paraître dans "Advances in Fuzzy Set Theory and Applications" (P.P. WANG, ed.) Plenum Publ. Corp., 1982.
- (18) D. DUBOIS, H. PRADE - Algorithmes de plus courts chemins pour traiter des données floues RAIRO-Oper. Res., Vol.12 N° 2, pp 213-227, 1978.
- (19) D. DUBOIS, H. PRADE - The advantages of fuzzy set approach in OR/MS demonstrated on two examples of resource allocation problems. 5th Europ. Meeting on Cybernetics and Systems Research, Vienne, Apr. 8-11, 1980. Progress in Cybernetics and Systems Research, Vol. 8, Hemisphere Publ. Corp. (A paraître).
- (20) H. PRADE - Using fuzzy set theory in a scheduling problem : A case study. Fuzzy Sets and Systems, Vol. 2, N° 2, pp 153-165, 1979.
- (21) H. PRADE - Operations Research with fuzzy data. dans "Fuzzy Sets : Theory and Applications to Policy Analysis and Information Systems" (P.P. WANG, S.K. CHANG, eds). Plenum Publ. Corp., pp 155-170, 1980.
- (22) H. FARRENY, H. PRADE - Search methods with imprecise estimates. Proc. Int. Conf. on Systems Methodology, Washington, D.C, Jan. 5-9, 1982, pp. 442-445.

. Théorie de la Décision.

- (23) D. DUBOIS, H. PRADE - Decision-making under fuzziness dans "Advances in Fuzzy Set Theory and Applications (M.M. GUPTA, R.K. RAGADE, R.R. YAGER, eds.) pp. 279-302, North-Holland, 1979.
- (24) D. DUBOIS, H. PRADE - The use of fuzzy numbers in decision analysis, dans "Fuzzy Information and Decision Processes" (M.M. GUPTA, E. SANCHEZ, eds.) North-Holland 1982 (A paraître).
- (25) D. DUBOIS, H. PRADE - New results about properties and semantics of fuzzy-set-theoretic operators, dans "Fuzzy sets : Theory and Applications to Policy Analysis and Information Systems" (P.P. WANG, S.K. CHANG, eds.), Plenum Publ. Corp., pp 59-75, 1980.
- (26) D. DUBOIS, H. PRADE - Criteria aggregation and ranking of alternatives in the framework of fuzzy set theory, dans "Fuzzy Sets and Decision Analysis" (L.A. ZADEH, H.J. ZIMMERMANN, eds.) TIMS Studies in Management Sciences, North Holland 1982 (A paraître).
- (27) D. DUBOIS - Processing vague queries in man-machine systems : a fuzzy set approach. Proc. IFAC Symp. on Theory and Application of Digital Control, New-Dehli, Jan. 5-7, 1982.
- . Raisonnement Approché. Systèmes Experts. Banque de données. CAO.
- (28) H. FARRENY, H. PRADE - La programmation floue : Pourquoi et comment ? Quelques exemples et suggestions. Actes Congrès AFCET Informatique, Gif-sur-Yvette, 18-20 Nov., 1981, pp 283-292.
- (29) M. CAYROL, H. FARRENY, H. PRADE - Fuzzy reasoning based on multivalent logics in the framework of production rules systems. Proc. 10th IEEE Int. Symp. on Multiple-Valued Logic, Evanston, IL., June 3-5, 1980, pp 143-148.
- (30) D. DUBOIS, H. PRADE - Operations in a fuzzy-valued logic. Information and Control., Vol. 43, N° 2, pp. 224-240, 1979.
- (31) M. CAYROL, H. FARRENY, H. PRADE - Possibility and necessity in a pattern matching process, Proc. IXth Int. Cong. on Cybernetics, Namur, Sept. 8-13, 1980 pp 53-65.
- (32) M. CAYROL, H. FARRENY, H. PRADE - Fuzzy pattern matching. Kybernetes (A paraître).

- (33) H. PRADE - The connection between Lipski's approach to incomplete information data bases and Zadeh's possibility theory. Proc. Int. Conf. on Systems Methodology, Washington, D.C., Jan. 5-9, 1982, pp 402-408.
- (34) H. PRADE - Lipski's approach to incomplete information data bases restated and generalized in the setting of Zadeh's possibility theory. En soumission.
- (35) D. DUBOIS - Ensembles flous et conception assistée par ordinateur. Rappels théoriques, perspectives et exemple. Rapport de Recherche n° 199, Lab. "Mathématiques Appliquées et Informatique", IMAG, Université de Grenoble, Avril 1980.