

# Raisonnements Plausibles, Décision, Méthodes de Preuves RPDMP

## ■ Problématique et résultats

L'équipe « Raisonnements Plausibles, Décision, Méthodes de Preuves » (RPDMP) a une activité ancienne, importante, et reconnue en matière de représentation de l'incertain, de formalisation du raisonnement et de la décision.

Les dernières années ont été aussi l'occasion d'un élargissement de ses préoccupations à l'argumentation, l'apprentissage, la recherche d'information et l'étude des petits mondes hiérarchiques. On se borne dans la suite, à une brève évocation des principaux développements apportés par l'équipe sur de ces différents thèmes.

### REPRÉSENTATIONS DE L'INCERTAIN

Il est apparu fructueux d'introduire, à côté de la notion bien connue d'ensemble flou, l'idée d'élément flou (défini comme une fonction de l'ensemble des niveaux d'appartenance dans le référentiel de l'ensemble flou). Outre qu'un ensemble flou devient une réunion d'éléments flous, cela a l'avantage de renouveler le calcul des intervalles flous, comme ensembles authentiquement bornés par des éléments (appelés aussi dans ce cas « fronts ») flous.

Ceci a contribué à la résolution exacte d'extensions floues de problèmes de la recherche opérationnelle. L'étude des liens entre logique floue, théorie des possibilités et théorie des probabilités a continué de se développer de manière féconde. Ainsi, il a été montré qu'un nombre flou triangulaire symétrique contenait tous les intervalles de confiance des distributions de probabilité symétrique ayant même mode et même support que le nombre flou [4629].

Plus généralement, l'utilisation du cadre possibiliste pour représenter des familles de mesures de probabilités s'avère très prometteuse pour les calculs de propagation de statistiques imprécises [5660]. Un résultat récent a permis de rapprocher par ailleurs les notions informationnelles de spécificité et d'entropie, au cœur respectivement des théories des possibilités et des probabilités.

Tous ces résultats concernent ce qu'il est convenu d'appeler la théorie des possibilités numériques (c-à-d à valeur sur  $[0,1]$ ). L'équipe a aussi continué à développer le versant purement qualitatif de la théorie des possibilités en relation avec l'étude des représentations ordinales de l'incertitude et de l'indépendance [6052].

### PERSONNEL

#### Directeurs de recherche

*Didier Dubois*  
*Henri Prade*

#### Chargés de recherche

*Leila Amgoud*  
*Jean-François Bonnefon*  
*(Laboratoire Travail et Cognition (LTC) et IRIT, 10/04→)*  
*Hélène Fargier*  
*Sébastien Konieczny*  
*(→02/04)*  
*Jérôme Lang, HDR*

#### Professeurs

*Claudette Cayrol*  
*Martin Cooper*  
*Henri Farreny*  
*Gilles Richard (04/02→01/03)*

#### Maîtres de conférence

*Salem Benferhat (→02/03)*  
*Jean-Christophe Buisson, HDR*  
*Florence Dupin de Saint Cyr (04/05→)*  
*Bernard Fade*  
*Bruno Gaume (09/04→)*  
*Marie-Christine Lagasquie-Schiex*

Jérôme Mengin  
Pierre Régnier, HDR

### Doctorants

Cédric Baudrit (10/02→10/05)

Siham Belabbes (01/04→)

Nahla Ben Amor (→06/02,

aussi Univ. of Tunis)

Asma Brini (10/03R, aussi SIG)

Elise Bonzon (10/04→)

Sylvain Bouveret (10/04→)

Olivier De Mouzon (→10/03)

Sylvie Doutre (→12/02)

Rania El-Badia (→02/03)

Jérôme Fortin (10/03→)

Allel Hadj-Ali (→12/02)

Hazaël Jones (10/04→)

Souhila Kaci (→05/02)

Sylvain Lagrue (→02/03,

aussi Univ. de Toulon)

Noel Laverny

(09/02→12/05, aussi LILAC)

Yannick Loiseau

(→12/04, aussi SIG)

Frédéric Maris (12/04→)

Thomas Polacsek

(→06/04, aussi LILAC)

Nicolas Parrod (10/02→09/05)

Nasolo Ravoanjanahary

(10/04→)

Mathieu Serrurier

(10/02→12/05)

### Contractuel

Katia Santrisse (11/02→)

### Collaborateurs occasionnels

Farid Aiche (U. Mouloud

Mammeri, Tizi-Ouzou,

Algérie, 03/05)

Sylvie Galichet (LISTIC,

en délégation, →07/03)

Radko Mesiar (Slovak U.

of Technology,

Bratislava, 05/05)

Shin-Ichi Ohnishi

(Hokkai-Gakuen U.,

Japon, 10/02→09/03)

Claude St-Jacques

(U. of Ottawa, Quebec,

07/02 ; 10-11/02)

Enfin, l'idée de représentations bipolaires [www.irit.fr/recherches/ASRTP11/](http://www.irit.fr/recherches/ASRTP11/) a fait l'objet d'une investigation systématique tant pour la représentation des connaissances que des préférences, en séparant ce qui est positivement affirmé de ce qui l'est négativement, conduisant ainsi à distinguer ce qui est « garanti possible » de ce qui est simplement « pas impossible ».

## RAISONNEMENT

L'équipe poursuit depuis longtemps une activité importante en matière de formalisation de diverses formes de raisonnement de sens commun qui sortent du cadre du raisonnement déductif classique.

Certains de ces types de raisonnement s'inscrivent directement dans le prolongement du volet précédent : le raisonnement en présence d'informations incertaines a suscité le développement de formalismes alliant logique et représentations de l'incertain, que ce soient des représentations de type numérique (logique possibiliste [4198] et ses extensions), ou ordinal (raisonnement non-monotone). Ainsi la fusion d'informations a fait l'objet de différents travaux tant au niveau de la nature des informations combinées [4199], que de sa définition syntaxique en accord avec la sémantique [3126], ou de son axiomatique [6051].

Les aspects dynamiques du raisonnement ont été abondamment étudiés au cours de ces quatre dernières années, qu'il s'agisse de la révision des croyances, du raisonnement temporel incertain, ou du raisonnement sur les mondes dynamiques (représentation des actions, mise à jour des croyances, extrapolation de croyances à partir de données à différents instants). Le raisonnement à partir de cas, le diagnostic, et depuis peu la causalité, ont également fait l'objet de travaux récents.

## DÉCISION

L'équipe a poursuivi l'étude de formalismes et le développement d'outils de calcul pour la prise de décision. Une partie des travaux réalisés se situent à la frontière de l'économie mathématique et de la psychologie cognitive (étude axiomatique de modèles qualitatifs et ordinaux pour la décision dans l'incertain [4023], et de leur relation avec l'utilité espérée [5791]).

Une autre partie concerne, in fine, l'automatisation des processus de prise de décision (en vue de la programmation d'agents autonomes) pour différentes classes de problèmes : décision séquentielle (planification [4864], ordonnancement) en présence éventuelle d'incertitude et/ou d'observabilité partielle, décision de groupe (vote, partage équitable de ressources), satisfaction de contraintes [4450] ; les résultats obtenus vont de l'étude de langages logiques [6050] ou graphiques pour la représentation compacte de préférences (expressivité, complexité, efficacité spatiale) [4649] à l'étude et l'expérimentation d'algorithmes pour les classes de problèmes mentionnées ci-dessus [5086].

Ces méthodes et outils ont été utilisés dans deux champs d'application : le partage équitable de ressources satellitaires et la gestion de contraintes diététiques.

## ARGUMENTATION

Le raisonnement argumentatif, a d'abord été étudié dans l'équipe pour sa capacité à appréhender des situations d'inférence à partir d'informations incohérentes [3980] car émanant de plusieurs sources ou reflétant plusieurs points de vue, ayant éventuellement des niveaux de priorité différents [5423].

Il s'avère également jouer un rôle crucial dans des tâches de décision (où il faut peser le pour et le contre, compte tenu de ce que l'on sait), de dialogue [4101] et de négociation [5537] où chaque agent doit faire valoir son point de vue, l'argumenter, contre-argumenter, réagir à des offres ou en proposer de nouvelles, sur un mode éventuellement coopératif. La formation de coalitions d'agents a été aussi étudiée dans cette perspective. Ces recherches s'inscrivent donc aussi dans le prolongement des deux volets précédents, en agrandissant les perspectives.

## APPRENTISSAGE

L'apprentissage en tant que tel est un sujet de recherche récent de l'équipe. Cette thématique apparaît de plus en plus complémentaire avec d'autres préoccupations telles que le raisonnement à partir de cas, le raisonnement par défaut, ou le résumé d'informations.

Les résultats obtenus portent essentiellement sur i) la découverte de règles par défaut (en construisant par regroupement des structures probabilistes très particulières compatibles avec le raisonnement par défaut), ii) la spécification de fonction mal-connues à l'aide de règles floues graduelles [4315], iii) l'étude des règles d'association floues [6065], iv) l'induction de règles floues en Programmation Logique Inductive, permettant un gain d'expressivité, et v) l'induction en logique possibiliste, qui permet de résoudre de manière plus satisfaisante des problèmes d'apprentissage multi-classes trouvant à la fois des règles générales et des règles spécifiques pour les cas exceptionnels.

Par ailleurs, les idées d'apprentissage réactif, issues de Piaget, ont été modélisées au plan informatique et appliquées à des problèmes de perception sonore [4546] ou visuelle notamment.

## RECHERCHE D'INFORMATION

L'équipe a développé depuis longtemps un intérêt pour l'évaluation de requêtes flexibles adressées à une base de données (éventuellement imprécises ou floues [3677]). Cette problématique a été étendue à l'intégration de documents semi-structurés dont on ne connaît pas a priori la structure.

Par ailleurs, en collaboration avec l'équipe SIG de l'IRIT, différentes idées issues du cadre représentationnel de la théorie des possibilités ont été introduites en recherche d'information (utilisation d'ontologies pondérées, approche bayésienne possibiliste, amélioration du classement des documents pertinents).

## PETITS MONDES HIÉRARCHIQUES

Un ensemble de travaux développés depuis quelques années [4455] concerne l'étude de graphes de type « petits mondes hiérarchiques », tant d'un point de vue fondamental (étude métrologique de ces graphes) qu'applicatif (étude de graphes linguistiques générés à partir de dictionnaires, donnant naissance à des travaux à la croisée de la linguistique, de la psychologie cognitive et de l'informatique ; étude du graphe des pages du web).

En dehors des nombreux résultats théoriques et méthodologiques marqués par un intérêt privilégié pour les représentation qualitatives, et bipolaires, nous tenons à souligner une participation importante à la conception et au développement de la plate-forme PRETI (Plate-forme de Recherche et d'Expérimentation en Traitement de l'Information), [www.irit.fr/projets/PRETI.html](http://www.irit.fr/projets/PRETI.html)

Thomas Sudkamp  
(Wright State U., Dayton,  
USA, 10/02→07/03 ;  
06/04 ; 06/05)

## RÉFÉRENCES

- [3126] Salem Benferhat, Didier Dubois, Souhila Kaci, Henri Prade.  
*Possibilistic merging and distance-based fusion of propositional information.*  
Dans : *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, V. 34 N. 1-3, p. 217-252, 2002
- [3677] Martine De Calmes, Didier Dubois, Eyke Hüllermeier, Henri Prade, Florence Sèdes.  
*Flexibility and fuzzy case-based evaluation in querying: An illustration in an experimental setting.*  
Dans : *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, world Scientific, V. 11 N. 1, p. 43-66, février 2003
- [3980] Claudette Cayrol, Sylvie Doutre, Jérôme Mengin.  
*On Decision Problems Related to the Preferred Semantics or Argumentation Frameworks.*  
Dans : *Journal of Logic and Computation*, Oxford University Press, V. 13 N. 3, p. 377-403, 2003
- [4023] Didier Dubois, Hélène Fargier, Patrice Perny.  
*Qualitative decision theory with preference relations and comparative uncertainty: An axiomatic approach.*  
Dans : *Artificial Intelligence*, V. 148, p. 219-260, 2003

**[4101]**Leila Amgoud, Simon Parsons,  
Michael Wooldridge.*Properties and complexity  
of some formal inter-agent  
dialogues.* Dans : *Journal of Logic  
and Computation*,  
V. 13 N. 3, p. 347-376, 2003**[4198]**Didier Dubois,  
Sébastien Konieczny, Henri Prade.*Quasi-possibilistic logic  
and its measures  
of information and conflict.*  
Dans : *Fundamenta Informaticae*,  
V. 57 N. 2-4, p. 1001-125, 2003**[4199]**

Didier Dubois, Henri Prade.

*On the use of aggregation  
operations in information  
fusion processes.*  
Dans : *Fuzzy Sets and Systems*,  
V. 142, p. 143-161, 2004**[4315]**Sylvie Galichet, Didier Dubois,  
Henri Prade.*Imprecise specification  
of ill-known functions  
using gradual rules.*  
Dans : *International Journal  
of Approximate Reasoning*,  
V. 35, p. 205-222, 2004**[4450]**

Martin Cooper.

*Cyclic consistency:  
A local reduction operation  
for binary valued constraints.*  
Dans : *Artificial Intelligence*,  
V. 155 N. 1-2, p. 69-92, 2004**[4455]**Bruno Gauvre, Karine Duvignau,  
Olivier Gasquet,  
Marie-Dominique Gineste.*Forms of meaning, meaning  
of forms.* Dans : *Journal of  
Experimental and Theoretical  
Artificial Intelligence (JETAI)*,  
V. 14 N. 2, p. 61-74, 2002**[4546]**

Jean-Christophe Buisson.

*A rhythm recognition computer  
program to advocate interactivist  
perception..*  
Dans : *Cognitive Science*, Elsevier,  
V. 28 N. 1, p. 75-87, février 2004

## ■ Prospective

Les perspectives de recherche de l'équipe s'articulent naturellement autour des activités qu'elle déploie actuellement sur les grands sujets que sont :

- la représentation de l'incertain, les liens entre théorie des possibilités et statistiques imprécises,
- la fusion d'informations,
- la représentation des préférences, les modèles qualitatifs de la décision et l'algorithme de la décision et de la planification,
- les modèles formels de l'argumentation et leur application à la décision, la négociation et le dialogue,
- des outils pour l'apprentissage relationnel et la fouille de données,
- des collaborations avec des psychologues cogniticiens autour des questions de décision qualitative, d'argumentation, et de perception de la causalité.

Cette ouverture pluridisciplinaire se retrouve aussi dans le travail engagé autour de la réalisation de modules d'apprentissage sensori-moteur inspiré de Piaget.

## ■ Thèses et habilitations

- **Mathieu Serrurier.** Programmation logique inductive floue et possibiliste. Thèse UPS, 12/2005
- **Cédric Baudrit.** Représentation et propagation de connaissances imprécises et incertaines : Application à l'évaluation des risques liés aux sites et aux sols pollués. Thèse UPS, 10/2005
- **Pierre Régnier.** Algorithmes pour la planification. HDR UPS, 09/2005
- **Olivier De Mouzon.** Une approche du diagnostic basée sur la logique floue : application aux bancs d'essais de moteurs automobiles. Thèse UPS, 09/2003
- **Jérôme Lang.** Contribution à l'étude de modèles, de langages et d'algorithmes pour le raisonnement et la prise de décision en intelligence artificielle. HDR UPS, 09/2003
- **Souhila Kaci.** Connaissances et Préférences : représentation et fusion en logique possibiliste. Thèse UPS, 05/2002
- **Allel Hadj Ali.** Raisonnement Qualitatif sur les Ordres de Grandeur Relatifs : Formalisation et Traitement en Logique Floue. Thèse UPS, 12/2002
- **Sylvie Doutre.** Autour de la sémantique préférée des systèmes d'argumentation. Thèse UPS, 12/2002

## THÈSES EN CO-DIRECTION

- **Asma Brini.** Application des réseaux bayésiens possibiliste à la recherche d'information. Thèse UPS, 12/2005 (avec SIG)
- **Yannick Loiseau.** Recherche flexible d'information par filtrage flou qualitatif. Thèse UPS, 12/2004 (avec SIG)
- **Thomas Polacsek.** Une logique pour la planification en environnement partiellement observable. Thèse UPS, 06/2004 (avec LILaC)

- **Nahla Ben Amor.** Qualitative possibilistic graphical models : from independence to propagation algorithms. Thèse, 06/2002 (avec Institut Supérieur de Gestion de Tunis)
- **Nicolas Parrod.** Analyse d'un processus de coopération entre donneur d'ordres et sous-traitant au sein d'une chaîne logistique projet : une approche par simulation. Thèse, 09/05 (avec ENSAE - SUPAERO)

## ■ Collaborations, contrats et transfert

- 2004-2006 : 6th PCRDT ASPIC : Argumentation Service Platform with Integrated Components
- 2002-2004 : 5th PCRDT E-Court (Recherche d'Informations Juridiques, en collaboration avec SIG)
- 2002-2005 : Incertitude dans l'évaluation du risque d'exposition de l'homme aux polluants avec le BRGM, IRSN, INERIS
- 2004-2005 : Partage équitable de ressources satellitaires avec le CERT et le CNES
- 2003-2005 : Projet TCAN Modélisation du raisonnement causal et de l'explication des actions : Pragmatique et non-monotonie
- 2004 : Action Spécifique du RTP « Raisonnement et décision » : Bipolarité en décision et raisonnement
- 2002-2004 : Évaluation multicritère de la charge mentale avec l'INRS
- 2005 : Étude sur l'intérêt des techniques de régression floue avec le BRGM
- 2004-2005 : Collaboration EGID avec l'Université de Technologie de Wrocław
- 2005 : projets BQR : Validation cognitive de modèles bipolaires et qualitatifs de la décision
- 2005 : projets BQR : Répondre coopérativement à des questions dans un univers incomplet et incertain

## RÉALISATION DES SYSTÈMES :

- Nutri-Expert, <http://diabeto.enseeiht.fr/buisson/index.html#nutri-expert>
- Nutri-Advice, <http://diabeto.enseeiht.fr/buisson/index.html#nutri-advice>
- Nutri-Kiosk, <http://diabeto.enseeiht.fr/buisson/index.html#nutri-kiosk> pour le conseil diététique (génération de menus équilibrés / évaluation et rééquilibrage de menus) à base de méthodes de recherche ordonnée et de calcul sur des quantités floues.

## ■ Animation, gestion et vulgarisation de la recherche

- Responsabilité de la revue Fuzzy Sets and Systems, 24 numéros /an, 600 articles soumis /an.
- Participation au comité éditoriaux de revues : ACM Trans. on Computational Logic, Artificial Intelligence, Computers and Artificial Intelligence, Fundamenta

### [4629]

*Didier Dubois, Laurent Foulloy, Gilles Mauris, Henri Prade.*

*Probability-possibility transformations, triangular fuzzy sets, and probabilistic inequalities.*

*Dans : Reliable Computing, V. 10, p. 273-297, 2004*

### [4649]

*Jérôme Lang, Leendert W. N. Van Der Torre, Emil Weydert.*

*Utilitarian desires. Dans : Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, V.5, p. 329-363, 2002*

### [4864]

*Pierre Régnier, Vincent Vidal.*

*Algorithmique de la planification en I.A., Cépaduès Toulouse, 2004.*

### [5086]

*Hélène Fargier, Marie-Catherine Vilarem.*

*Compiling CSPs into tree-driven automata for interactive Solving. Dans : Constraints, Kluwer, V. 9, p. 263-287, 2004*

### [5423]

*Claudette Cayrol, Marie-Christine Lagasque-Schieux.*

*Graduality in argumentation. Dans : Journal of Artificial Intelligence Research, V. 23, p. 245-297, 2005*

### [5537]

*Leila Amgoud, Henri Prade.*

*Handling threats, rewards and explanatory arguments in a unified setting.*

*Dans : International Journal Of Intelligent Systems., V., p. To appear, 2005*

### [5660]

*Dominique Guyonnet, Bernard Bourgine, Didier Dubois, Hélène Fargier, Bernard Côme, Jean-Paul Chilès.*

*Hybrid Approach for Addressing Uncertainty in Risk Assessments. Dans : Journal of Environmental Engineering, V. 129 N. 1, p. 68-78, janvier 2003*

**[5791]***Hélène Fargier, Régis Sabbadin.**Qualitative decision under uncertainty: back to expected utility.**Dans : Artificial Intelligence, V. 164, p. 245-280, 2005***[6050]***Jérôme Lang.**Logical preference representation and combinatorial vote.**Dans : Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, V. 42, p. 37-71, 2004.***[6051]***Sébastien Konieczny, Jérôme Lang, Pierre Marquis.**DA2 merging operators.**Dans : Artificial Intelligence, V. 157 N. 1-2, p. 49-79, 2004.***[6052]***Jérôme Lang, Paolo Liberatore, Pierre Marquis.**Conditional Independence in Propositional Logic. Dans : Artificial Intelligence, V. 141, p. 1-2, 2002.***[6065]***Didier Dubois, Henri Prade, Thomas Sudkamp.**On the representation, measurement, and discovery of fuzzy associations.**Dans : IEEE Transactions on Fuzzy Systems, V. 13, p. 250-262, 2005.*

Informaticae, Fuzzy Optimization and Decision Making, Fuzzy Sets and Systems, Information Sciences, IEEE Trans. on Fuzzy Systems, Int. J. of Approximate Reasoning, Int. J. of General Systems, Int. J. of Intelligent Systems, Int. J. of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, Journal Électronique d'Intelligence Artificielle, J. of Applied Logic, J. of Applied Non-Classical Logics, J. of Artificial Intelligence Research, J. of Intelligent Information Systems, Mathware & Soft Computing, Revue d'Intelligence Artificielle, Revue Information-Interaction-Intelligence, Soft Computing Trans.on Rough Sets.

- Participation à de nombreux Comités de programme de conférence dont ECAI'02, ECAI'04, ECSQUARU'03, ECSQUARU'05, FUZZ-IEEE'02, FUZZ-IEEE'03, FUZZ-IEEE'04, FUZZ-IEEE'05, IEA-AIE'04, IFSA'03, IFSA'05, IJCAI'05, IPMU'02, IPMU'04, ISIPTA'03, ISIPTA'05, KR'02, KR'04, RFIA' 02, RFIA'04, UAI'02, UAI'03, UAI'04, UAI'05.
- Co-responsabilité (J. Lang) du GDR i3 (Information-Interaction-Intelligence).
- Co-responsabilité de l'animation du projet « Société de l'information » intitulé De l'intelligence artificielle aux sciences de la décision : modèles formels et mise en oeuvre de processus de prise de décision individuelle ou collective.