

# DESCRIPTIF DU SUJET ET ARGUMENTAIRE DU DIRECTEUR DE THESE

**Nom et prénom du directeur de thèse : DESTERCHE Sébastien**

**Nom et prénom des co-directeurs/co-encadrants de thèse : Patrice Perny et Olivier Spanjaard**

**Intitulé du sujet de thèse (en français) : Gestion de l'imprécision et de l'inconsistance en décision sur domaine combinatoire**

**Résumé du sujet de thèse (Décrire en français les objectifs visés en 1500 caractères maximum)**

Ce projet a pour but de mettre en œuvre des outils riches de modélisation de l'incertitude pour modéliser l'incertitude et gérer l'inconsistance présentes dans des problèmes de décision où l'espace des solutions est de nature combinatoire, ces incertitudes et inconsistances pouvant se trouver dans les préférences du décideur ou dans la description des instances. L'incertitude proviendra le plus souvent d'un manque de connaissance initial, et l'inconsistance sera typiquement générée par des réponses du décideur qui seront soit inconsistantes entre elles (erreurs du décideur), soit inconsistante avec les hypothèses de modèles faites (erreur de choix de modèle) par l'analyste.

## DESCRIPTIF DU SUJET (en 3 pages minimum)

### 1) Le sujet de recherche choisi et son contexte scientifique et économique :

Il existe de nombreux problèmes de décision en intelligence artificielle où l'espace des solutions est de nature combinatoire : choix social computationnel (répartition de biens indivisibles, ...), planification (transports autonomes, agents virtuels, ...), choix de configuration de produits (voyages touristiques, ...). Deux sources d'incertitudes peuvent survenir dans ce type de problèmes : d'une part une incertitude sur les préférences du décideur concernant les solutions possibles, d'autre part une incertitude liée aux contraintes limitant l'espace des solutions possibles.

Deux moyens classiques pour modéliser cette incertitude et réaliser des inférences malgré cette dernière sont les approches robustes d'une part (typiquement minimax ou regret minimax) [1], et les approches probabilistes d'autre part [2]. Alors que les premières fournissent des garanties fortes (particulièrement utiles dans des applications critiques) au prix d'hypothèses fortes (certitude dans le choix du modèle et réponses du décideur sans erreurs), les secondes ne fournissent au mieux que des garanties en espérance (dont la pertinence peut être mise en doute sur des problèmes non-répétés ou non-statistiques) mais permettent d'intégrer l'incertitude dans les réponses du décideur (par exemple par une approche Bayésienne) ou dans le choix du modèle (par exemple via des scores de vraisemblance).

L'utilisation d'autres modèles d'incertitude, venant compléter et enrichir les probabilités, permettent de conserver les garanties fortes des approches robustes tout en s'affranchissant de leurs hypothèses restrictives. Par exemple, la mise en œuvre d'un modèle possibiliste permet d'obtenir de meilleurs résultats en présence d'erreur du décideur, et permet de détecter de possibles inconsistances [3]. Si l'utilisation de tels modèles est prometteuse, elle ouvre également de nouveaux problèmes et de nouvelles questions :

- D'une part, leur utilisation s'est pour le moment concentrée sur les cas où l'incertitude concerne les préférences du décideur et où l'espace des solutions n'est pas de nature combinatoire et peut donc être énumérer explicitement. Il serait donc nécessaire d'étendre l'utilisation de ces modèles à des problèmes de nature combinatoire, et où l'incertitude peut concerner les contraintes des instances [4] (e.g., incertitudes liées à des conditions météorologiques pour les véhicules autonomes, ou à des importances ou coûts mal définis) aussi bien que les préférences.

- D'autre part, si de telles approches étendent les approches ensemblistes et permettent d'observer et de quantifier des inconsistances, il n'existe pas à ce jour d'approche générique permettant d'identifier la source des inconsistances et de proposer des réparations adéquates. Sur ce dernier point, il serait par exemple possible de s'inspirer de techniques issues du monde la logique, notamment possibiliste [5]. Il est à noter que l'absence de méthode concerne aussi bien le cadre où les solutions d'un problème de décision peuvent être énumérées explicitement que celui où la nature combinatoire de l'espace des solutions demande une gestion implicite de ces dernières. L'apparition d'inconsistances résultant typiquement d'un processus d'apprentissage ou de collecte d'informations/données (actif ou passif), elle demande en général de pouvoir traiter ce premier aspect, pour lequel de nombreux résultats existent dans le cas robuste, ainsi que des premiers résultats pour des modèles plus complexes d'incertitude.

Le sujet proposé vise à résoudre, au moins en partie, ces deux problèmes. Résoudre le premier point est essentiel pour pouvoir appliquer ces approches à des problèmes de grande taille, tandis que le second problème représente des verrous scientifiques (choix de modèle, réparation d'erreurs) importants, auxquels les méthodes mentionnées plus haut pourraient apporter des solutions pertinentes et innovantes.

### **Compétences et champs disciplinaires**

Comme signalé plus haut, les champs disciplinaires directement visés par ce sujet sont **la théorie et l'algorithmique de la décision** d'une part, et le **raisonnement dans l'incertain** d'autre part. Il s'agit de deux sous-domaines importants de l'intelligence artificielle, mais qui concernent également d'autres domaines de recherche comme la recherche opérationnelle et l'optimisation sous incertitude (et plus particulièrement l'optimisation robuste). Ce sujet de thèse s'inscrit dans la problématique « Decision-making in a complex environment » de la direction de recherche « Mathematics, Computer Science & Robotics » de l'institut SCAI.

### **2) L'état du sujet dans les laboratoires concernés :**

*Synergie des thématiques* – Au-delà de son intérêt propre, ce sujet de thèse vise à combiner les compétences fortes des deux laboratoires impliqués, à savoir les laboratoires Heudiasyc (équipe CID – Connaissances, incertitudes, données) et LIP6 (équipe DECISION). Tandis que l'équipe CID d'Heudiasyc possède une expertise reconnue dans les domaines de la modélisation et de la gestion de l'incertitude, en particulier en présence d'imprécision, l'équipe DECISION du LIP6 a une expertise reconnue dans la résolution de problèmes de décision algorithmiques, en particulier au moyen d'approches robustes. Ce projet s'inscrit de plus dans des projets existants comme l'ANR PreServe (apprentissage de préférence sous incertitude sévère) ou encore la chaire SAFE IA (dont un axe porte sur l'inférence robuste), dont SCAI est partenaire.

### **3) Les objectifs visés, les résultats escomptés**

#### **Objectifs à long terme :**

- **Décision robuste en information imparfaite.**  
Les travaux qui seront entrepris sur le sujet visent à établir des stratégies générales de résolution permettant de prendre des décisions robustes en environnement incertains. Elles se veulent innovantes, notamment de par l'utilisation de modèles d'incertitudes non purement probabilistes, dont l'intérêt est déjà démontré sur des problèmes beaucoup plus simples.
- **Sélection de modèles et de réponses**  
Le problème de la sélection de modèle et de la sélection de réponses/données en cas d'inconsistances observées est un problème difficile, souvent résolu par des approches probabilistes ou via l'utilisation de scores avec des pénalités adéquates. L'approche proposée ici, basée sur des idées issues de la fusion

d'information et de la réduction de l'inconsistance données/modèle, est originale et semble bien adaptée à des problèmes non-statistiques. Nous pouvons également espérer que les méthodes développées ici puissent se décliner dans d'autres domaines, comme par exemple les problèmes inverses.

#### **Objectifs à court terme :**

- **Inférences robustes avec incertitudes complexes:** une première piste consistera à étendre différents résultats concernant l'inférence robuste dans des problèmes combinatoires à des modèles d'incertitudes plus riches (par exemple détermination de solutions potentiellement optimales en cas d'incertitude par intervalle dans les contraintes ou coûts initiaux).
- **Gestion de l'inconsistance dans les problèmes de recommandation multi-critères :** cette piste consiste à fournir des stratégies de résolution d'inconsistances observées dans la récolte de données et d'informations concernant les préférences d'un décideur. Il s'agit d'un domaine dans lequel les deux équipes ont une bonne expérience, laissant espérer des résultats rapides.

#### **4) Le programme de travail avec les livrables et l'échéancier prévisionnel**

- T+12 mois : état de l'art et stratégie de déroulement de la thèse
- T+18 mois : premiers résultats, communication dans les groupes de travail nationaux
- T+24 mois : consolidation, communications en conférences de haut niveaux (IJCAI, UAI, ...)
- T+ 30 mois : publication des résultats consolidés en articles journaux
- T + 36 mois : soutenance de la thèse

#### **5) Les collaborations prévues (préciser le cadre, la nature des collaborations, l'ancrage national, international, la transdisciplinarité éventuellement)**

Les collaborations indiquées ci-dessous représentent un ensemble de collaborations possibles et naturelles, dont la mise en œuvre effective va bien sûr dépendre du déroulement de la thèse.

- Au sein du LIP6/Heudiasyc : Sébastien Destercke (HDS), Khaled Belahcene (HDS), Patrice Perny (LIP6), Olivier Spanjaard (LIP6), Nawal Benabbou (LIP6)
- Nationales & Internationales, notamment au sein des groupes de recherche du CNRS : GdR *IA*, GdRI *AlgoDec*, GdR *Policy Analytics*, ainsi que du groupe de travail européen *MCDA*.
  - Paris Saclay : Vincent Mousseau, Wassila Ouerdane
  - IRIT : Romain Guillaume
  - Greyc : Nadjet Bourdache, Bruno Zanuttini

#### **6) Une liste de 5 publications portant directement sur le sujet (celles des laboratoires en gras)**

[1] **Benabbou, N., Gonzales, C., Perny, P., & Viappiani, P.** (2015). Minimax regret approaches for preference elicitation with rank-dependent aggregators. *EURO journal on Decision processes*, 3(1), 29-64.

[2] Chajewska, U., Koller, D., & Parr, R. (2000, July). Making rational decisions using adaptive utility elicitation. In *Aaai/Iaai* (pp. 363-369).

[3] **Adam, L., & Destercke, S.** (2021, December). Possibilistic preference elicitation by minimax regret. In *Uncertainty in Artificial Intelligence* (pp. 718-727). PMLR.

[4] Yaman, H., Karaşan, O. E., & Pinar, M. Ç. (2001). The robust spanning tree problem with interval data. *Operations research letters*, 29(1), 31-40.

[5] Benferhat, S., Dubois, D., & Prade, H. (1998). Practical handling of exception-tainted rules and independence information in possibilistic logic. *Applied intelligence*, 9(2), 101-127.