

# Couplage de l'argumentation abstraite et de l'analyse multicritère pour la co-construction d'une stratégie de réhabilitation d'un parc de bâtiments

Benjamin Delhomme\*<sup>1</sup>, Franck Taillandier<sup>2</sup>, Laurent Mora<sup>1</sup>, Thomas Recht<sup>1</sup>, Marie-Lise Pannier<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Univ. Bordeaux, I2M, UMR 5295 F-33400 Talence, France

<sup>2</sup> INRAE, Université Aix-Marseille, France

<sup>3</sup> Université d'Angers, France

\*[benjamin.delhomme@u-bordeaux.fr](mailto:benjamin.delhomme@u-bordeaux.fr)

---

*RESUME. Le projet ANR REHA-PARCS vise à l'élaboration d'un outil d'aide à décision participatif pour la réhabilitation énergétique de parcs de bâtiments. Nous introduisons dans ce cadre une méthode innovante combinant les systèmes d'argumentation abstrait avec des méthodes d'aide à la décision multicritère. La méthode multicritère va permettre de donner un cadre à la décision et hiérarchiser les solutions alternatives alors que les systèmes d'argumentation permettront de construire et justifier le problème décisionnel. Si ces systèmes d'argumentation font l'objet de nombreux articles théoriques proposant de nouvelles approches quant à la résolution de conflits entre arguments, les applications sont en revanche moins présentes dans la littérature pour l'aide au débat. Nous proposons ainsi dans cet article un nouveau modèle permettant d'étendre la notion d'argument afin d'appliquer ces systèmes d'argumentations dans un cadre de discussion en temps réel. Un cas d'application est présenté pour illustrer le fonctionnement de la méthode développée.*

*MOTS-CLÉS : système d'argumentation, méthodes multicritères, réhabilitation de bâtiment.*

---

*ABSTRACT. The ANR REHA-PARCS project aimed at developing a participatory decision support tool for the energy building retrofitting. We introduce, as part of this project, an innovative method combining abstract argumentation systems with multi-criteria decision support method. The multi-criteria method provides a framework to the decision and prioritize the alternatives while the argumentation systems allows to build and justify the decisional problem. Although argumentation frameworks are the subject of numerous theoretical articles that aims at solving conflicts between arguments, they are few real applications in the literature for debate support. In this paper, we propose a new model to extend the notion of argument in order to apply these argumentation systems in real time debate. A case study is presented to illustrate how the developed method works.*

*KEYWORDS : argumentation framework, multi-criteria decision analysis, building retrofitting.*

---

## 1. INTRODUCTION

La réhabilitation des bâtiments est essentielle afin d'atteindre les objectifs fixés par le gouvernement français pour lutter contre le changement climatique (40% de réduction de ses émissions d'ici 2030, par rapport au niveau de 1990) et pour inscrire le patrimoine immobilier dans une démarche de développement durable. Le projet ANR REHA-PARCS vise à l'élaboration d'un outil d'aide à décision pour la réhabilitation de parcs de logements sociaux. Il s'agit d'analyser un parc de bâtiments et de définir des stratégies de rénovation viables techniquement et économiquement, répondant à des objectifs environnementaux et sociétaux. De plus, dans une volonté d'inscrire cet outil dans une approche réelle de développement durable, intégrant aussi la dimension de gouvernance, il devra permettre aux

différents acteurs impactés par la décision de participer au processus de décision (approche participative).

Afin de répondre à ces enjeux, le projet regroupe trois approches évoluant simultanément : (1) une caractérisation du parc par une analyse typologique, (2) une optimisation multi-objectif permettant de construire un jeu de solutions Pareto-optimales (Pannier et al. 2020), enfin (3) une méthode d'aide à la décision participative devant permettre aux acteurs de choisir collectivement une solution parmi les solutions optimales. Ce papier se concentre principalement sur ce dernier aspect. Pour répondre à cet enjeu, nous avons choisi donc de passer par une démarche a posteriori, en retenant une approche originale combinant méthode argumentative et méthode multicritère (MCDA). Dans la partie 2, nous exposerons les principes de l'approche argumentative. Dans la partie 3, nous exposerons comment cette approche argumentative peut se coupler avec une MCDA. Dans une quatrième partie, nous proposerons un cas d'application qui permettra d'illustrer le fonctionnement de l'approche proposée.

## 2. APPROCHE ARGUMENTATIVE

### 2.1. SYSTEMES D'ARGUMENTATION

Formalisé pour la première fois par (Dung 1995), le système d'argumentation abstrait est un graphe orienté composé d'un ensemble d'arguments abstraits et d'une relation binaire représentant des attaques entre arguments. Un système d'argumentation est un couple  $AF = \langle A, R \rangle$  où  $A$  est un ensemble fini d'arguments et  $R$  la relation binaire sur  $A$  tel que pour un argument  $a_1$  attaquant un argument  $a_2$ , on a  $(a_1, a_2) \in R$ . Un ensemble d'arguments  $S$  attaque un argument  $a_1$  si  $a_1$  est attaqué par au moins un argument de  $S$ . Le cadre défini par Dung ne porte pas d'attention particulière au sens de l'argument, il appartiendra à l'utilisateur de donner un sens à cette relation. La figure 1 montre un graphe orienté simple dans lequel  $A_1$  et  $B_1$  s'attaquent mutuellement et  $A_2$  défend  $A_1$  en attaquant  $B_1$ . Un argument attaqué et non défendu est considéré comme non acceptable; dans l'exemple de la figure 1,  $A_1$  et  $A_2$  sont donc les "arguments acceptables".

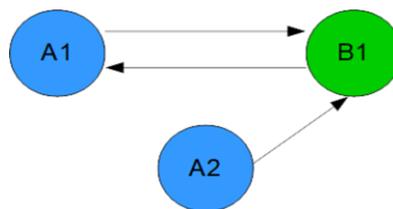


Figure 1 : Graphe d'attaque

En utilisant le formalisme des graphes, Dung a proposé un ensemble de règles permettant d'induire de la nouvelle connaissance (e.g. ensemble des arguments acceptés, arguments cohérents, point de conflits...). Cela passe par la notion d'extension ; une extension est un ensemble d'arguments respectant différentes règles. Ces extensions sont construites à partir d'inférences sur les graphes. L'ensemble de ces extensions sont exposées dans (Dung 1995). Le système d'argumentation abstrait permet, (1) d'assurer la traçabilité du débat, (2) de mettre en évidence les contradictions du débat, (3) de définir les arguments acceptables et ceux qui ne le sont pas, enfin (4) d'expliquer les contradictions existantes.

## 2.2. DU SYSTEME D'ARGUMENTATION ABSTRAIT A AIPA

Le système d'argumentation de Dung ne prête pas attention au sens réel des arguments ; il se positionne dans un cadre purement théorique. Afin de pouvoir l'utiliser dans un contexte réel, il faut définir ce que sont un argument et une attaque. L'outil AIPA (Argumentation Interface for Participative Approach), que nous développons, propose une solution à ce problème en couplant le système d'argumentation abstrait, au modèle d'argument présenté en figure 2. L'argument est désormais décliné en 3 types d'arguments : Conclusion, StatementFor et StatementAgainst. Le concept « Conclusion » est l'objectif final d'un sujet de discussion argumenté ; e.g. C1 - « *La stratégie A devrait être choisie* » et C2 - « *La stratégie B devrait être choisie* ». Les conclusions doivent être mutuellement exclusives. Aux conclusions du débat, on ajoute toujours une conclusion appelée Cneg qui est l'ensemble complémentaire des autres conclusions (n.b. Cneg peut être vide) ; e.g. Cneg - « *Ni la stratégie A, ni la stratégie B ne devraient être choisies* ». Cela permet d'assurer la complétude de l'espace des conclusions. Les notions de StatementFor et StatementAgainst regroupent respectivement le principe de « pour » et « contre » ; il s'agit d'exprimer un argument appuyant ou rejetant un autre argument. Ils sont toujours dirigés envers un seul autre argument (que ce soit un statement ou une conclusion) ; e.g. StatementAgainst S1/C1 - « *La stratégie A est plus chère que la stratégie B* ».

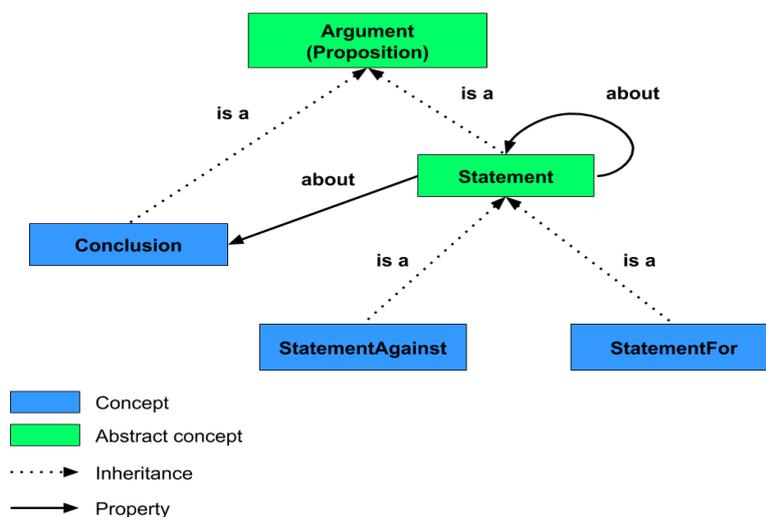


Figure 2 : Modèle d'argument dans AIPA

AIPA est un modèle d'interface au sens où il est possible de traduire le graphe des arguments sous le format AIPA (avec les conclusions et les statements) vers un système d'argumentation pour bénéficier des mécanismes d'inférences proposés par celui-ci, notamment pour calculer l'ensemble des arguments acceptés. Le passage de AIPA au système argumentatif abstrait se fait au moyen de règles de traduction. Les conclusions sont traduites sous forme d'arguments ; toutes les conclusions s'attaquent mutuellement. Les StatementAgainst sont traduits sous la forme d'un argument accompagné d'une attaque vers l'argument ciblé. Les statementFor sont traduits par des arguments attaquant les arguments qui attaquent l'argument défendu ainsi que les arguments attaqués par l'argument défendu. L'acceptabilité des arguments est définie par leur appartenance à l'extension « fondée » (grounded) telle qu'elle a été définie par Dung. Un argument est acceptable ssi il appartient à l'extension fondée. La définition et l'algorithme de calcul de cette extension sont disponibles dans (Dung, 1995).

AIPA a été implémenté sous la forme d’une application web. De ce fait, l’outil est utilisable par tous, à tout moment et sur différentes plateformes. Cela permet également de concentrer la puissance de calcul pour la partie raisonnement côté serveur et de pouvoir réaliser toutes les inférences en un temps extrêmement court pour une utilisation en temps réel dans une discussion argumentée.

### 3. COUPLAGE ENTRE ARGUMENTATION ET MCDA

AIPA permettrait de résoudre directement des problèmes d’aide à la décision, en calculant la conclusion acceptée (si elle existe) dans un graphe d’argument. Cependant, il s’avère limité dès lors que le nombre de solutions possibles (i.e. de conclusions) est très grand. Il est en effet illusoire de construire une argumentation lorsque l’on a une centaine, voire un millier de conclusions possibles. Or, dans le cadre du projet REHA-PARCS, les solutions à discuter (i.e. les conclusions) sont les solutions pareto-optimales issues de la phase d’optimisation. Or elles peuvent être très nombreuses. Il est donc nécessaire d’utiliser une autre stratégie. Nous proposons de passer par les méthodes d’aide à la décision multicritère (MCDA). Les deux approches (MCDA et argumentation) sont très complémentaires (Taillandier et al., 2017) : l’argumentation est utilisée pour construire le problème décisionnel, qui sera alors résolu en utilisant la MCDA, puis l’argumentation peut être utilisée pour discuter les résultats obtenus. Cette approche permet : (i) de mieux justifier la formalisation du problème décisionnel et d’en assurer la traçabilité, (ii) d’utiliser les inférences de la MCDA pour répondre à l’enjeu des nombreuses solutions, (iii) et de laisser la décision véritablement aux discussions entre les acteurs, mais tout en s’appuyant sur les résultats de la MCDA qui assure une certaine objectivité.

La démarche retenue place ainsi la méthode multicritère au centre du processus décisionnel. Trois phases d’argumentation précédées par une définition des solutions alternatives (phase 0) viennent appuyer la formulation du problème (Fig. 3) : (1) la construction d’une liste de critères par discussion argumentée, (2) l’évaluation des paramètres des critères sélectionnés à l’issue de la première phase, enfin (3) une discussion argumentée autour des solutions alternatives préconisées par la méthode multicritère. Dans le cadre du projet REHA-PARCS, les solutions alternatives (phase 0) sont directement issues de la phase d’optimisation multi-objectif ; il s’agit des stratégies pareto-optimales. Il n’y a donc pas de discussions argumentées quant à cette phase.

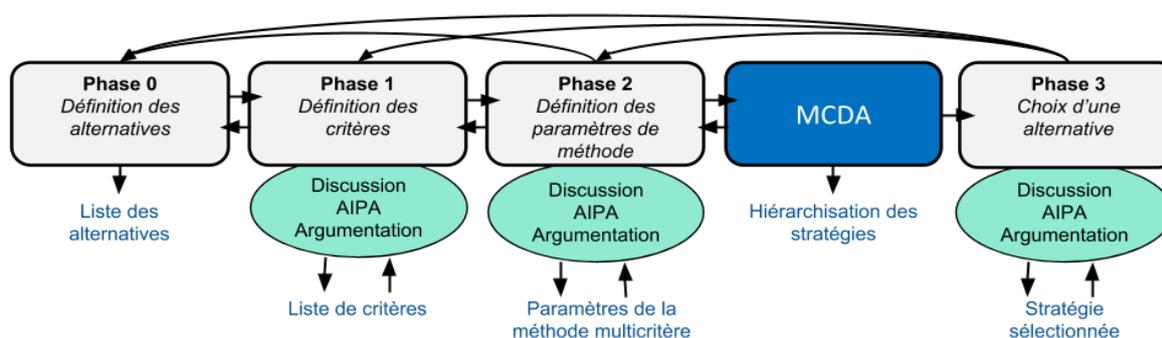


Figure 3 : Structuration du processus décisionnel

Lors de la phase 1, les acteurs définissent une liste de critères en lien avec les alternatives formulées lors de la phase 0. Cela passe par un débat argumenté autour du choix des critères. Par exemple, un acteur peut émettre l’avis suivant – « Le coût devrait être considéré comme un critère » ; il peut alors

justifier cette assertion par un argument « car le budget pour la rénovation est limité ». L'approche argumentative permet de modéliser les arguments mais aussi, par des inférences, de définir les arguments acceptables en cas de conflit entre eux. Ainsi, à la fin de cette phase, sur la base des discussions et des inférences, une liste de critères est automatiquement formée et la structuration du problème peut continuer. La phase 2 se concentre sur les paramètres des critères. Ces paramètres peuvent être des seuils, des pondérations, etc. en fonction de la MCDA utilisée. Par exemple, la méthode ELECTRE III (Roy 1978) requiert la définition de poids, de seuils d'indifférence, de préférence et de veto pour chaque critère. Les paramètres peuvent être aussi bien qualitatifs que quantitatifs, ordinaux que cardinaux. Une fois les critères et les paramètres associés fixés, les alternatives peuvent être hiérarchisées par la méthode d'analyse multicritère. Aucune méthode multicritère n'est pour l'instant préférée, la souplesse des systèmes d'argumentation permet en effet de s'adapter aux différentes méthodes d'analyse multicritère (ELECTRE (Roy 1991), AHP (Saaty 1990), etc.).

Il peut arriver que certains acteurs soient en désaccord avec la solution préconisée par la méthode multicritère (celle classée à la première place). Deux solutions sont alors envisageables : (i) soit la formulation du problème n'est pas satisfaisante (phase 0 à 2) et on peut alors revenir à la phase en question, (ii) soit on peut passer à la phase 3. Cette dernière phase, permet de valider ou sélectionner d'autres alternatives que celle préconisée après la hiérarchisation des stratégies.

En pratique, ces différentes phases peuvent être étalées sur plusieurs réunions en fonction du nombre d'intervenants et des débats tenus. La démarche se veut aussi itérative ; par exemple, le besoin d'ajouter un nouveau critère peut se faire sentir au cours de la Phase 3, il est alors possible de revenir en Phase 1.

#### 4. CAS D'APPLICATION

Afin d'illustrer le fonctionnement de l'approche présentée, nous proposons un cas d'application réaliste. Seule une phase argumentative sera décrite en détails, afin d'illustrer son fonctionnement (Phase 3). Pour les autres phases, les résultats seront donnés directement.

Nous avons construit un cas d'études à partir d'un parc virtuel de logements sociaux. Ce parc de 21 bâtiments a été défini à partir de données de l'Office Public de l'Habitat de Montreuil (OPHM). Il se veut représentatif d'un parc réel de par les morphologies et les classes énergétiques des bâtiments modélisés. Sur cette exemple, la démarche d'optimisation a été appliquée. Le détail de cette approche et les résultats sont exposés dans (Pannier et al. 2020). Nous partirons ainsi des 216 solutions appartenant au front de Pareto. Nous vous renvoyons à l'article (Pannier et al. 2020) pour le détail de ces stratégies. Globalement, les actions sur les bâtiments composant les stratégies concernent : l'isolation des parois, le remplacement des menuiseries, la ventilation et les systèmes de chauffage et de production d'ECS.

Il est bien évidemment impossible de discuter directement de toutes ces solutions en utilisant l'approche argumentative. Nous allons ainsi appliquer la démarche proposée en partie 3, en passant par l'approche multicritère. La première étape consiste à définir les critères. Nous ne détaillerons pas cette phase et supposerons que la discussion a permis de mettre en avant 4 critères : le coût d'investissement de la stratégie, la consommation énergétique sur 20 ans, l'émission de gaz à effet de serre et le nombre d'heures d'inconfort. Ces différents critères résulteront de la somme des valeurs concernées pour chaque bâtiment sur l'ensemble du parc sur la période d'étude.

Pour la Phase 2 (i.e. définition des paramètres), il est nécessaire de définir l'approche MCDA utilisée. Dans un souci de simplicité et de clarté, nous utiliserons ici une approche lexicographique pour hiérarchiser les solutions. La même démarche aurait pu être faite avec ELECTRE ou AHP ; cela aurait simplement conduit à devoir définir plus de paramètres. La méthode lexicographique nécessite pour seul paramètre la hiérarchisation de l'importance des critères. Nous supposons ici que la phase de discussion a donné l'ordre suivant : énergie consommée > inconfort > CO2 > investissement.

Nous pouvons alors appliquer la MCDA ; le tableau 1 donne les 3 stratégies les mieux classées et les performances de ces stratégies sur les 4 critères.

| Place | Nom | Energie consommée (MWh) sur 20 ans | Heures d'inconfort (h) sur 5 ans | Emission de CO2 (T CO2-eq) | Coût d'investissement (k€) |
|-------|-----|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1     | St1 | 17 271                             | 21 196                           | 5 116                      | 13 305                     |
| 2     | St2 | 17 955                             | 18 393                           | 5 049                      | 13 154                     |
| 3     | St3 | 18 835                             | 17 464                           | 5 540                      | 13 148                     |

Tableau 1 : Les 3 meilleures stratégies à l'issue de la MCDA

Initialement, avant même le début des discussions, en raison des résultats de la MCDA, les graphes présentés en figure 4 sont générés automatiquement. La figure 4.a présente le graphe au format AIPA et la figure 4.b, sa traduction dans le système argumentatif de Dung. Si l'on s'en tenait à ceci, ce serait la stratégie St1 qui serait retenue (encadrée en vert). Le calcul s'effectue à partir du calcul des extensions issu de Dung (1995) ; la conclusion retenue appartient à « l'extension fondée (grounded) » il entre ainsi dans le cadre de l'argumentation et non celui multicritère.

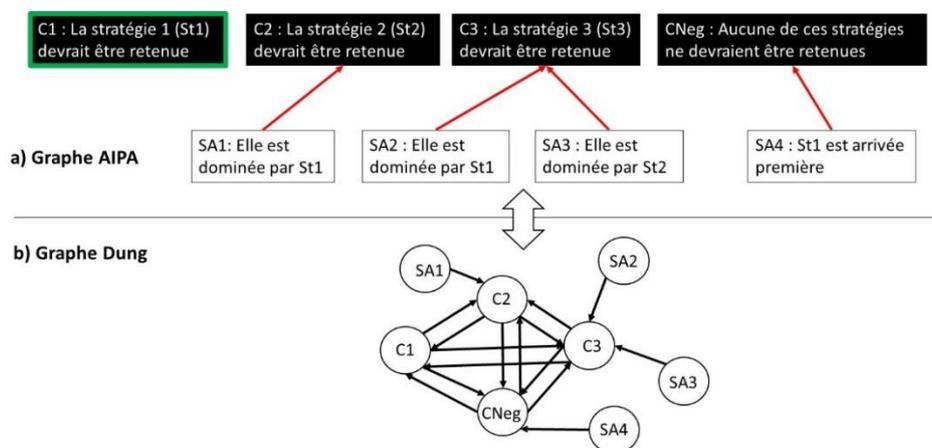


Figure 4 : Etat initial de la discussion en Phase 3

Les différents acteurs vont pouvoir émettre des arguments. On suppose ainsi que 8 nouveaux arguments sont émis pendant les discussions, tels que présentés dans la figure 5. Cela a conduit à modifier les résultats ; avec ces nouveaux arguments, c'est la stratégie 2 (St2) qui a été retenue sur la base de calcul des extensions par l'approche de Dung. Il est à noter que les résultats sont recalculés à chaque fois qu'un nouvel argument est émis, ceux-ci étant obtenus dans un temps très court.

Il y a plusieurs remarques qui peuvent être faites. Commençons par discuter l'approche argumentative retenue. Cet exemple, bien que simple, montre bien l'intérêt de passer par AIPA. Dès que le nombre d'arguments augmente, le graphe d'argumentation devient vite complexe et difficile à interpréter directement. AIPA simplifie le graphe d'argumentation, tout en utilisant les inférences de Dung pour évaluer les arguments acceptables ; il tire ainsi à la fois bénéfice de son système de

représentation des arguments et des inférences. Il est donc bien adapté à un usage en temps réel avec les acteurs de terrain. Par ailleurs, il permet de guider les discussions. On peut voir à tout moment les conclusions qui l'emportent et l'impact des arguments sur le résultat ; ainsi la discussion peut se concentrer sur les arguments importants. C'est donc à la fois un outil qui enrichit les débats mais aussi une façon d'aider à aller vers une réponse, et de représenter les résultats sous une forme synthétique et facilement interprétable. Cela est important pour partager les résultats et assurer leur traçabilité.

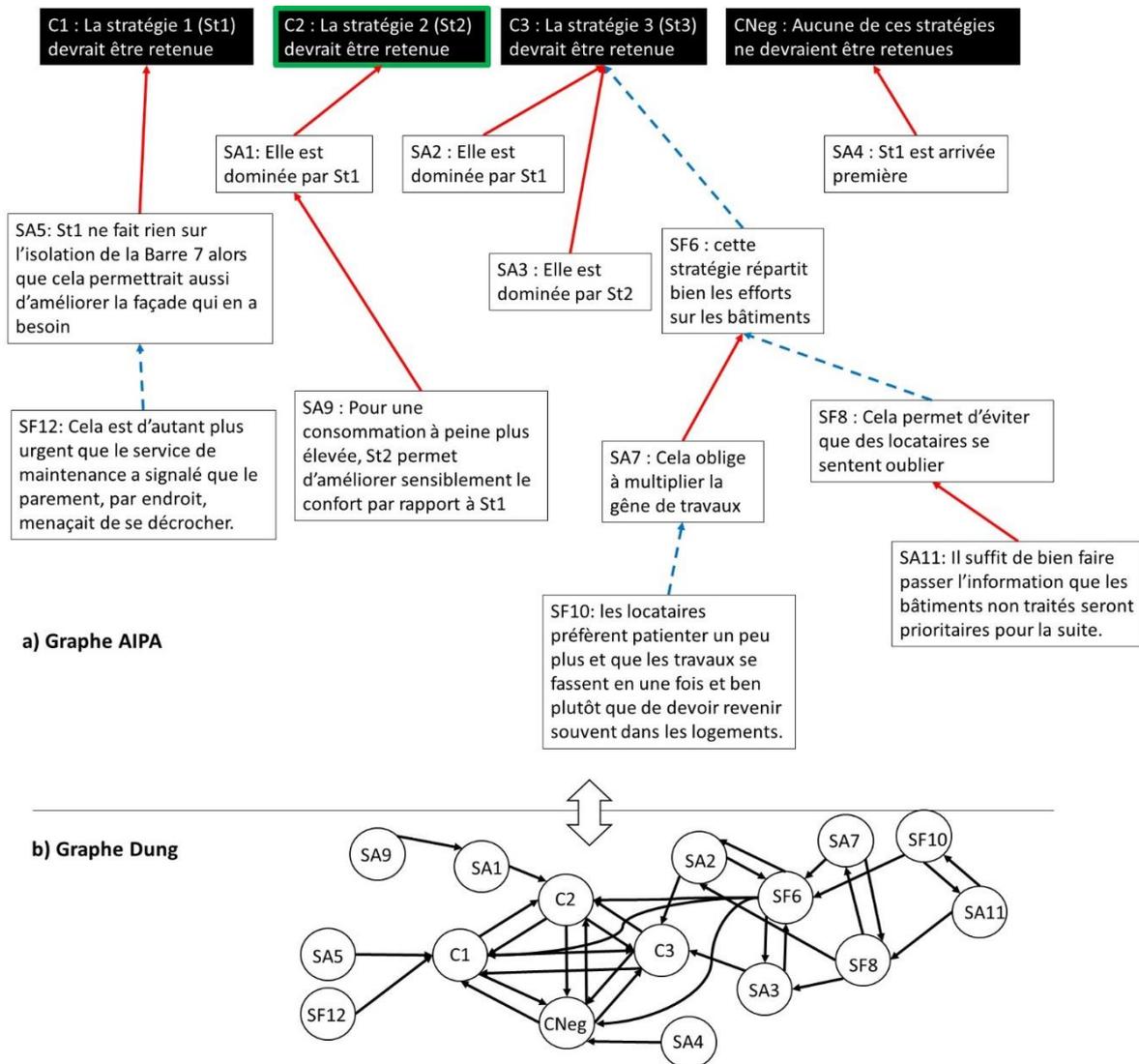


Figure 5 : Etat final de la discussion en Phase 3

L'intérêt de coupler la MCDA avec l'approche argumentative est de mieux justifier les choix qui sont faits ; le choix des critères et des paramètres sont primordiaux pour les résultats. Or, les discussions qui ont guidé à ces choix sont rarement formalisées dans l'utilisation classique des MCDA. AIPA répond à ce besoin et permet donc de combler un manque des MCDA classiques. De plus, nous prôtons une démarche mettant au premier plan les discussions. Nous pensons qu'ainsi les résultats sont mieux acceptés, ou du moins compris, par les différents acteurs, et cela permet d'augmenter l'acceptabilité du projet de rénovation. De plus, avec cette approche, on peut intégrer des paramètres ou des éléments qui sont difficilement intégrables dans une MCDA classique (e.g. situation singulière pour un bâtiment).

C'est pour cela que nous pensons que la Phase 3 est importante : le choix final est laissé à la discussion, la MCDA est une aide au tri, mais ne donne pas La réponse.

Bien évidemment, notre démarche a aussi des limites. Elle demande plus d'implication de la part des différents acteurs. Elle demande aussi une forme de bienveillance, ou du moins, une volonté d'entretenir un dialogue. Dans une situation de conflit entre acteurs, le débat peut tourner court, chacun restant campé sur ses positions sans accepter la discussion. Dans ces cas-là, l'apport d'un facilitateur, qui ne soit pas partie prenante, peut être un atout important. Par rapport au cas d'application, on peut bien évidemment critiquer le choix de la méthode lexicographique. Son caractère non-compensatoire fait que certaines solutions de compromis peuvent se voir complètement écartées. Pour répondre à ce point, il faut rappeler que la démarche est utilisable quelle que soit la MCDA retenue. Par exemple ELECTRE et AHP pourraient remplacer la méthode lexicographique, qui a été retenue ici simplement pour sa simplicité. Cependant, une méthode comme ELECTRE III exige de nombreux paramètres nécessitant de longues discussions sur les paramètres. Cela n'est évidemment pas souhaitable et peut émousser la motivation des participants. Il y a donc un compromis à trouver entre nombre de paramètres et finesse de la MCDA choisie. En cela, AHP pourrait être un bon choix.

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons présenté dans cet article, le projet ANR REHA-PARCS, visant à aider les bailleurs sociaux à élaborer une stratégie de rénovation de leur parc immobilier. Pour répondre à l'enjeu de l'aide à la décision participative, au cœur du projet REHA-PARCS, nous avons proposé une approche innovante couplant analyse multicritère et argumentation. Afin de mettre en œuvre cette approche, nous avons (a) formalisé le couplage entre les deux approches, (b) développé un modèle d'interface permettant de passer d'une discussion en temps réel à des graphes d'arguments (AIPA). L'outil développé intègre la traçabilité du débat (toute décision prise est justifiable à l'aide du graphe), la mise en évidence des contradictions et la détermination d'une solution de consensus. En cela, AIPA est un véritable support au débat et permet aux différents acteurs d'en saisir tous les éléments. A notre connaissance, ces travaux sont novateurs de par le lien établi entre le langage naturel et les systèmes d'argumentation dérivés de Dung, et les méthodes multicritères.

Enfin, au-delà de l'amélioration qui doit être apportée à l'interface, de nombreuses questions d'ordre méthodologique restent en suspens. Comment gérer les situations conflictuelles dans lesquelles chaque acteur reste campé sur des positions sans pouvoir trancher le débat. Quelle interface convient le mieux à ce type d'outil ? Comment guider les utilisateurs sans les influencer ? La réponse à ces questions fera l'objet d'un prochain travail.

## 6. REFERENCES

- Dung, Phan Minh. 1995. "On the Acceptability of Arguments and Its Fundamental Role in Nonmonotonic Reasoning and Logic Programming." *IJCAI*, 93:852–857.
- Pannier Marie-Lise, Recht Thomas, Robillart Maxime, Peuportier Bruno and Mora Laurent. 2020. "Élaboration de séquences de rénovation optimales pour un parc de bâtiments." *IBPSA*
- Roy, Bernard. 1978. "ELECTRE III : Un Algorithme de Classements Fondé Sur Une Représentation Floue Des Préférences En Présence de Critères Multiples." *Cahiers du Centre d'études de recherche opérationnelle*, 20: 3–24.

- Roy, Bernard. 1991. "The Outranking Approach and the Foundations of Electre Methods." *Theory and Decision*, 31: 49–73.
- Saaty, Thomas L. 1990. "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process." *European Journal of Operational Research*, Decision making by the analytic hierarchy process: Theory and applications, 48 (1): 9–26.
- Taillandier, Franck, Delhomme, Benjamin, Abi-Zeid, Irène, Thomopoulos, Rallou, Baudrit, Cédric, et Mora, Laurent, 2017. « *Designing an argumentative decision-aiding method for urban planning*. », présenté à 7ème colloque du réseau OPDE, Montpellier, France