

UNIVERSITÉ DE PARIS
UFR MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE

Étude Expérimentale concernant l'Impact de l'Ordre des Agents dans les Protocoles d'Argumentation

Master 1 Intelligence Artificielle Distribuée

Nassim LATTAB – Mohamed AZZAOU
Encadré par Elise BONZON et Jérôme DELOBELLE

Année universitaire 2023-2024

Table des matières

1	Introduction	2
2	État de l’art	3
2.1	Théorie de l’argumentation	3
2.2	Sémantiques graduées	3
3	Protocole pour les débats multi-agents	4
3.1	Cadre des débats multi-agents	4
3.2	Protocole	5
4	Étude expérimentale	6
4.1	Hypothèses	7
4.2	Élaboration des Données	8
4.3	Résultats	9
5	Conlusion	12
6	Perspectives d’ouvertures	14
	Références	16
A	Figures	17

1 Introduction

La théorie de l'argumentation, largement étudiée en intelligence artificielle et dans les systèmes multi-agents, utilise l'argumentation abstraite pour sa généralité malgré sa simplicité. Dung [1] a développé plusieurs sémantiques pour évaluer les groupes d'arguments, et des sémantiques graduées ont été proposées pour une évaluation plus nuancée, notamment utile dans les débats en ligne. Bien que ces sémantiques aient été étudiées formellement, les aspects dynamiques sont peu explorés. Les frameworks d'argumentation (AF), introduits par Dung, structurent les débats en définissant des arguments et leurs relations d'attaque. Les sémantiques permettent de déterminer quels arguments sont acceptables. Parmi celles-ci, les sémantiques basées sur l'extension sont appréciées pour leur clarté, tandis que les sémantiques graduées offrent une évaluation plus fine. Ces concepts sont essentiels pour développer des systèmes capables d'analyser des débats de manière cohérente et rigoureuse. Dans le domaine de l'argumentation, les protocoles d'argumentation sont des outils qui contiennent un ensemble de "règles" à respecter permettant le bon déroulement d'un débat. Ces protocoles permettent aux agents d'échanger des arguments afin de fournir une évaluation collective de la valeur d'un argument spécifique (c'est-à-dire une question ou un problème). L'idée globale est que les agents participant au débat ne rendent pas de compte à une autorité centrale de l'ensemble de leur système d'argumentation, mais contribuent plutôt au débat étape par étape, guidés par leur évaluation individuelle de l'état actuel de la discussion, et sans coordination avec d'autres agents (exactement comme dans les débats en ligne). Bien que certains protocoles aient été proposés dans la littérature, l'effet de l'ordre dans lequel les agents interviennent sur le résultat du débat est largement inconnu. Dans cette étude expérimentale, nous nous intéressons spécifiquement à cette dynamique multi-agents dans les protocoles d'argumentation. Notre recherche vise donc à mieux comprendre comment l'ordre d'intervention des agents influence la conduite des débats et l'évolution de la valeur des problèmes discutés. Cet article, largement inspiré par [2], examine comment l'ordre d'intervention des agents influence l'évolution d'un débat.

Cette problématique est très générale et il existe un certain nombre d'hypothèses que nous souhaitons expliciter d'emblée par souci de clarté :

- Cohérence agent-système : nous supposons que les opinions des agents et l'évaluation du débat par le système sont basées sur la même sémantique d'argumentation ;
- Accord sur la structure argumentative : Bien que chaque agent puisse avoir des opinions différentes en raison de leurs ensembles d'arguments distincts (base de connaissance), ils sont tous d'accord sur les relations d'attaque entre ces arguments. En d'autres termes, même si les agents possèdent des connaissances variées, il y a une cohérence entre eux concernant la manière dont les arguments se contredisent ou se soutiennent mutuellement.
- Indépendance des agents : chaque agent se comporte indépendamment des autres, nous ne considérerons pas les questions de coalitions, de communication ou d'influence directe entre les agents.

Ces hypothèses constituent un point de départ naturel pour l'étude d'une telle dynamique et une sorte de test de pertinence minimale pour une telle sémantique dans des contextes multi-agents.

Nous commençons par rappeler, dans le chapitre 2, le contexte nécessaire à la théorie de l’argumentation formelle, et de la sémantique graduelle en particulier. Dans le chapitre 3, nous détaillons notre modèle, en particulier le protocole et les dynamiques qui résulteront des du comportement des agents. Nous présentons nos résultats expérimentaux dans le chapitre 4. Enfin, nous concluons dans le chapitre 5 avec des idées d’ouvertures et d’améliorations possibles de notre protocole ainsi que des idées d’analyses plus approfondies dans le chapitre 6.

2 État de l’art

2.1 Théorie de l’argumentation

Dans cette partie, nous allons définir la manière dont nous allons représenter les arguments ainsi que la relation d’attaque.

Définition 1. Un cadre d’argumentation (CA) est une paire $AF = \langle A, R \rangle$ où A est un ensemble fini et non vide d’arguments (abstraits) et R est une relation binaire sur A , c’est-à-dire $R \subseteq A \times A$, appelée relation d’attaque (dans notre cas les attaques n’ont pas de poids). Pour tout $x, y \in A$, $(x, y) \in R$ signifie que x attaque y .

Un CA peut être représenté par un graphe orienté, appelé graphe d’argumentation (GA), dont les nœuds sont des arguments et les arêtes représentent la relation d’attaque.

Définition 2. Soit $AG = \langle A, R \rangle$ un graphe d’argumentation et $x, y \in A$ deux arguments. Un chemin P de y à x , noté $P(y, x)$, est une séquence $\langle x_0, \dots, x_n \rangle$ d’arguments telle que $x_0 = x$, $x_n = y$ et $\forall i \in \{0, 1, \dots, n-1\}, (x_{i+1}, x_i) \in R$. Nous notons par $l_P = n$ la longueur de P . Un argument est un défenseur (resp. attaquant) de x s’il se trouve au début d’un chemin de longueur paire (resp. impaire) menant à x .

2.2 Sémantiques graduées

Certains travaux considèrent en entrée un système d’argumentation constitué d’un ensemble d’arguments et de relations entre ces arguments sans préciser, pour autant, la nature des arguments et de ces interactions. C’est le cas avec le cadre des systèmes d’argumentation abstraits de Dung qui propose différentes sémantiques, plus ou moins souples, permettant d’obtenir un ensemble d’arguments acceptable, appelé extensions [3].

Les sémantiques de Dung évaluent les arguments au niveau d’un ensemble. Cela signifie qu’elles déterminent si un groupe d’arguments, appelé extension, est acceptable ou non selon certaines règles. Par exemple, la sémantique stable exige que chaque argument hors de l’ensemble soit attaqué par au moins un argument à l’intérieur. Cette approche permet d’identifier des groupes d’arguments valides dans un débat, mais elle ne prend pas en compte les nuances individuelles de chaque argument. C’est pourquoi des sémantiques graduées ont été développées pour offrir une évaluation plus fine, en attribuant des degrés de validité ou de force aux arguments individuels, ce qui est particulièrement utile dans des contextes comme les débats en ligne où les opinions peuvent varier graduellement.

Définition 3. Une sémantique graduée est une fonction qui associe à chaque argument d’un cadre d’argumentation $AF = \langle A, R \rangle$ une valeur numérique (e.g. un réel) qui représente le degré d’acceptabilité des arguments $S : A \rightarrow \mathbb{R}$.

Après avoir défini ce qu'est une sémantique graduée, nous examinons maintenant une formule particulière, le h-categorizer [4] non-pondéré, qui mesure la force de soutien des arguments à travers leur interaction.

Définition 4. Le h-categorizer non-pondéré est défini comme suit :

$$Hbs(a) = \frac{1}{1 + \sum_{b \in Att(a)} Hbs(b)}$$

La formule du h-categorizer non-pondéré, notée $Hbs(a)$, fonctionne de la manière suivante :

- $Att(a)$ représente l'ensemble des arguments qui attaquent directement a , c'est-à-dire les arguments qui sont dirigés vers a dans le graphe. De manière formelle, $Att(a) = \{b \in A \mid (b, a) \in R\}$.
- $\sum_{b \in Att(a)} Hbs(b)$ calcule la somme des degrés d'acceptabilité pour tous les arguments qui attaquent a . En d'autres termes, cela prend en compte la force de soutien de tous les arguments qui s'opposent à a .

Cela permet de quantifier à quel point un argument peut être considéré comme soutenu dans le contexte d'un débat ou d'une argumentation. Notez que par construction, cette fonction renverra une valeur dans l'intervalle $]0; 1]$.

3 Protocole pour les débats multi-agents

3.1 Cadre des débats multi-agents

Dans le cadre de cette étude, les graphes d'argumentation utilisés pour modéliser les débats multi agents doivent satisfaire un certain nombre de conditions. Tout d'abord, un argument spécifique (l'issue) joue le rôle de la question principale du débat, et tous les arguments doivent être liés à cet argument.

Définition 5. Soit $AG = \langle A, R \rangle$ un graphe d'argumentation et $i \in A$ un argument. $DG = \langle A, R, i \rangle$ est un graphe d'argumentation orienté par l'issue (IOAG, issue-oriented argumentation graph) d'issue i si i est la racine du graphe formé par les nœuds de A et les arêtes de R et si toutes les attaques sont dirigées vers la racine i , c'est-à-dire que pour tous $x, y \in A$, s'il existe un chemin entre x et y , alors ce chemin est un sous-ensemble d'un chemin de x à i , la racine de DG .

Le cadre de ce travail se situe dans un cadre multi agent. Nous allons donc travailler avec un ensemble $N = \{1, 2, \dots, n\}$ d'agents. Nous supposons que chaque débat sera caractérisé par un graphe d'argumentation orienté par les issues UG , le graphe univers, contenant chaque argument pertinent pour la question du débat. Chaque agent est équipé d'un IOAG privé, composé d'un sous-ensemble de nœuds de UG , appelé son graphe d'opinion, et représentant sa propre vision du monde. Par conséquent, tous les agents sont d'accord sur les relations d'attaque entre les arguments qu'ils connaissent, et tous les graphes partagent la même issue. Nous appellerons la collection de IOAG $\langle DG_1, DG_2, \dots, DG_n \rangle$ le profil du débat. Chaque agent ne connaît que son propre graphe d'opinion DG_i , un sous-ensemble de nœuds de UG représentant sa propre vision du monde.

Définition 6. Soit $N = \{n_1, n_2, \dots, n_n\}$ un ensemble de n agents, $UG = \langle A, R, i \rangle$ le graphe univers, et $i \in A$ la question du débat. Le profil du débat $\langle DG_1, DG_2, \dots, DG_n \rangle$ est une collection de IOAG, un pour chaque agent, tel que $\forall k \in N, DG_k = \langle A_k, R_k, i \rangle$, où $A_k \subseteq A$ et $\forall x, y \in A_k, (x, y) \in R_k$ si et seulement si $(x, y) \in R$.

3.2 Protocole

À chaque étape t , l'état du débat est décrit par un tuple (U_G, P_{G_t}, N) , où U_G est le graphe de l'univers (qui n'est jamais modifié), et P_{G_t} est le graphe du débat public (graphe public) à l'étape t , visible par tous les agents. Initialement, $P_{G_0} = \langle \{i\}, \emptyset, i \rangle$ est composé uniquement de la question. Nous désignons par V_{P_t} la valeur de l'issue du graphe du débat public à l'étape t , telle qu'elle est donnée par la sémantique.

Notre étude se concentre sur l'impact de l'ordre d'intervention des agents dans le débat. Chaque agent intervient successivement selon un ordre fixe, le même à chaque tour. À chaque tour, chacun des agents cherche à jouer parmi ses arguments celui qui le rapproche de sa zone de confort (la notion de confortabilité sera explicitée plus tard). Tous les arguments joués au tour t sont donc ajoutés au graphe public P_{G_t} , permettant ainsi de mettre à jour sa valeur V_{P_t} .

Définition 7. Soit $N = \{n_1, n_2, \dots, n_n\}$ l'ensemble des agents participant au débat, où n est le nombre total d'agents. On dénote la fonction $ordre()$ qui prend en entrée l'ensemble N des agents et renvoie un vecteur V d'agents ordonné. Ce vecteur V définit l'ordre de passage des agents pour chaque tour du débat, et cet ordre doit être respecté tout au long du débat.

Formellement, la fonction ordre peut être définie comme suit :

$$ordre(N) \rightarrow V$$

Où $V = [n_1, n_2, \dots, n_n]$ est un vecteur d'agents ordonné.

Chaque agent n_i est représenté une fois dans le vecteur V , et l'ordre des agents est déterminé selon les critères spécifiés par la fonction $ordre()$.

Définition 8. Soit un débat à l'étape donnée (UG, PG, N) , avec $PG = \langle A_{PG}, R_{PG}, i \rangle$. Le mouvement k d'un agent consiste en l'ajout d'un argument $a \in A_k$ à P_G tel que $\exists x \in A_{PG}, (a, x) \in R_k$. Le graphe d'argumentation résultant, noté $PG' = PG \cup \{a\}$, est construit de la manière suivante :

$$PG' = \langle A_{PG'}, R_{PG'}, i \rangle, \quad \text{avec } A_{PG'} = A_{PG} \cup \{a\}; \quad R_{PG'} = R_{PG} \cup \{(x, a), (a, x) \in R \mid x \in A_{PG}\}.$$

Afin de déterminer quel(s) argument(s) chaque agent peut jouer à chaque tour, il est important de définir la notion de zone de confort.

Définition 9. Le "comfort level" (cl) est un paramètre utilisé pour définir la zone de confort d'un agent k dans le contexte du débat public. Un agent k est considéré à l'aise (dans sa zone de confort) à l'étape t si la valeur du graphe de débat public à cette étape se situe dans cette zone. Cette zone de confort est définie par un intervalle autour de sa valeur idéale V_k , où $V_{P_t} \in [V_k - cl, V_k + cl]$. Ici, $V_k = Hbs(i)$, avec i étant la racine du graphe public de k .

Si un agent k n'est pas à l'aise, il choisit un argument de son graphe d'opinion qui attaque au moins un argument de $P_{G_{t-1}}$ et pour lequel la valeur nouvelle valeur V_{P_t} du graphe public après l'ajout de cet argument est la valeur qui le rapproche le plus de son opinion que de la valeur courante de P_{G_t} .

Un agent à l'aise conserve ses arguments pour les tours futurs, ne participant pas au débat tant qu'il reste dans cet état.

En cas de choix entre deux arguments équidistants de son opinion par rapport à P_{G_t} , un agent non à l'aise en sélectionne un au hasard.

Le débat se termine à l'étape T si aucun agent n'a proposé d'argument pendant cette étape. Cela peut se produire pour plusieurs raisons : tous les agents sont dans leur zone de confort, tous les arguments ont été joués, les agents n'étant pas dans leur zone de confort ne peuvent plus jouer d'arguments.

4 Étude expérimentale

Dans le chapitre précédent, nous avons examiné le fonctionnement d'un protocole pour une configuration donnée. Notre objectif ici est d'étudier l'impact de l'ordre des agents sur les différents résultats possibles. Pour chaque débat, nous examinerons toutes les configurations possibles (c'est-à-dire tous les ordres possibles) des agents dans le débat afin de déterminer quelle influence l'ordre a sur le résultat du protocole.

Pour mieux appréhender ces concepts, clarifions l'utilisation de certains termes :

Définition 10. Soit P l'ensemble de tous les protocoles possibles impliquant N agents. Chaque protocole utilise une permutation des N agents, représenté par p_i , où i varie de 1 à m , avec $m=N!$. Un débat D peut alors être défini comme un ensemble de graphes publics, chacun issu de l'un des protocoles de P :

$$D = (PG_1, PG_2, \dots, PG_m)$$

Chaque protocole p_i définit un ordre spécifique dans lequel les agents participent au débat. Ainsi, le débat D encapsule toutes les séquences possibles de prise de parole des agents, fournissant une base complète pour analyser toutes les dynamiques potentielles du débat.

Définition 11. La structure d'un graphe public, représentée par un graphe d'arguments, désigne l'organisation des relations d'attaque entre les arguments. Elle peut être définie comme un ensemble décrivant les connexions entre les nœuds du graphe. Formulons cela de manière plus précise : Soit $G = (A, R)$ un graphe d'arguments, où :

- $A = a_1, a_2, \dots, a_n$ est l'ensemble des arguments (ou nœuds) du graphe.
- $R \subseteq A \times A$ est l'ensemble des relations d'attaque (ou arêtes dirigées), c'est-à-dire des paires ordonnées (a_i, a_j) où a_i attaque a_j .

La structure de ce graphe désigne alors la configuration de ces relations d'attaque R . Ainsi, lorsque l'on parle de la structure d'un graphe public, on fait allusion à l'organisation de ses relations d'attaque (R). Cette structure permet de mettre en évidence la manière dont les arguments sont inter-connectés par les relations d'attaque, formant ainsi le cadre dans lequel le graphe d'arguments est organisé. En d'autres termes, si les relations d'attaque sont exactement les mêmes d'un P_G à l'autre, alors ils partagent la même structure.

4.1 Hypothèses

Voici les différents éléments qui pourraient potentiellement être affectés par l'**ordre** des agents, ainsi que les différentes hypothèses que nous allons formuler à leur sujet :

1. **Nombre de coups joués par agent** : Nous examinerons la manière dont l'ordre des agents influe sur le nombre de coups, effectué i.e., le nombre d'arguments proposé, par chacun des agents en fonction de sa position.
2. **Valeur finale des graphes public (Vp)** : Nous étudierons comment l'ordre des agents influence la valeur finale du graphe public, en évaluant comment la position dans l'ordre d'action peut affecter le score final.
3. **Distance entre l'agent et sa zone de confort** : Nous analyserons également l'impact de l'ordre des agents sur la distance entre chaque agent et sa zone de confort, en observant comment la position dans l'ordre d'action peut influencer cette distance.
4. **Structure des graphes résultants** : Nous procéderons également à une analyse approfondie des diverses structures de graphes publics générés lors de l'exécution de notre protocole sur l'ensemble des ordres d'agents possibles.

Nous examinerons de manière rigoureuse ces métriques afin de comprendre comment l'ordre des agents peut influencer les résultats du débat.

- **Hypothèse 1** : Il est intuitif de supposer que jouer en premier permet de jouer plus de coups en moyenne. Cette hypothèse semble logique car dans notre système, un agent ne peut pas jouer un argument qui a déjà été utilisé. Ainsi, jouer en premier permet d'éviter ce problème. De plus, lorsqu'un agent est dans sa zone de confort, il ne peut plus jouer d'arguments. Par conséquent, si un agent joue en premier et favorise un second agent à entrer dans sa zone de confort, alors ce dernier ne pourra plus jouer d'arguments, réduisant ainsi davantage le nombre de coups joués en moyenne.
- **Hypothèse 2** : Nous supposons qu'il existe une corrélation entre l'ordre des agents et la valeur finale du graphe public, qui représente l'issue du débat. Plus spécifiquement, nous envisageons que l'ordre des agents intervenant dans le débat pourrait avoir une influence prépondérante sur la formation et l'évolution des opinions, mais la nature exacte de cette influence reste indéterminée.
- **Hypothèse 3** : Nous postulons que l'ordre a un impact sur la distance entre un agent et sa zone de confort. Intuitivement, nous pensons que plus un agent joue de coups, plus il a de chances d'atteindre sa zone de confort. Ainsi, jouer en premier devrait en moyenne rapprocher un agent plus près de sa zone de confort.
- **Hypothèse 4** : L'ordre des agents dans un débat a un impact sur la structure du graphe public résultant de leurs interactions. Nous postulons que l'ordre des interventions peut influencer la formation de différentes structures dans le graphe public, en fonction des liens créés entre les agents à chaque étape du débat. Intuitivement, nous pensons que les agents qui interviennent tôt dans le débat ont une influence plus significative sur la formation initiale du graphe public, en établissant des relations et des connexions qui peuvent influencer les interactions ultérieures. En revanche, les agents intervenant plus tard peuvent réagir aux structures déjà établies, ce qui peut conduire à différents schémas de connectivité. Ainsi, nous anticipons que l'ordre des

interventions des agents peut créer des structures distinctes dans le graphe public, reflétant les interactions dynamiques entre les agents tout au long du débat.

Par la suite, l'étude de ces différentes hypothèses se fera de manière indépendante.

4.2 Élaboration des Données

Pour notre étude expérimentale, nous avons choisi de restreindre le nombre d'agents maximal à 7, en raison de contraintes techniques liées à l'augmentation rapide du temps de calcul lors de la simulation de l'ensemble des protocoles quand le nombre d'agents augmente au-delà de ce seuil. Afin d'analyser différents types de débats, nous prévoyons de répéter le protocole pour un nombre donné d'agents, allant de 2 à 7, en examinant toutes les combinaisons possibles d'agents (voir Figure 2a). Dans cet exemple, nous considérons uniquement deux agents, ce qui signifie qu'il n'y a que deux ordres possibles d'agents construisant le débat. Ensuite, nous enregistrons toutes les informations pertinentes des débats dans un fichier CSV, comme illustré Figure 3.

- **Colonne 1** : Ordre des agents utilisé par le protocole
- **Colonne 2** : Vp du débat
- **Colonne 3** : Nombre de tours
- **Colonne 4** : Informations sur les agents :
 - Nom de l'agent
 - Présence de l'agent dans sa zone de confort à la fin du débat
 - Les arguments joués par l'agent à chaque tour
 - Nombre d'arguments joués par l'agent
 - Nombre d'arguments dans son graphe d'opinion
 - Nombre d'attaques dans son graphe d'opinion
 - Distance entre le Vp et sa zone de confort

Pour nos expérimentations, nous utilisons un processus de génération de débats qui implique des agents différents. Ces agents sont générés de manière aléatoire en sélectionnant un sous-graphe du UG, qui représente le graphe opinion de l'agent. Pour tous les agents, une valeur de cl de 0.05 a été sélectionné. Cette valeur a été choisie conformément à l'article qui a inspiré cette étude [2].

Nous avons réalisé 20 débats pour chaque nombre d'agents, variant de 2 à 7.

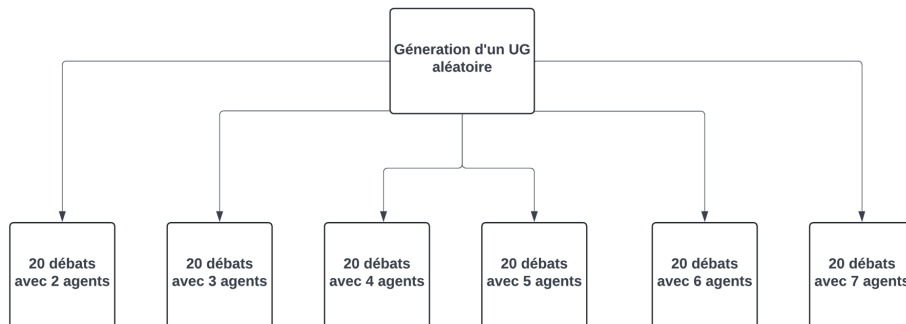


FIGURE 1 – Création de débats pour 2 à 7 agents

Ces étapes ont été répétées 10 fois, chaque fois en utilisant un UG différent pour un total de 1200 débats (ce processus sert à éviter au mieux le biaisement). Cette approche nous a ainsi permis de recueillir suffisamment de données pour les analyses statistiques.

La fonction utilisée pour générer le UG a été fournie par notre chargé de TER, M. Jérôme Delobelle (Voir Figure 17).

Après avoir généré nos 1200 débats en appliquant le protocole sur chacun d'entre eux pour explorer toutes les permutations possibles de l'ordre d'intervention des agents, une grande variété de structures de graphes finaux ont été obtenues.

Une fois ces structures de graphe obtenues, nous avons entrepris de les regrouper en clusters en identifiant celles partageant des structures similaires. Pour ce faire, nous avons analysé chaque débat et examiné toutes les structures de graphes résultantes obtenus à partir des différents ordres afin de créer des clusters regroupant les structures de graphe similaires (voir Figure 2b). Dans le cas de l'exemple présenté plus haut Figure 2a, nous savons que les deux graphes publics sont identiques car ils appartiennent au même cluster.

Cette approche nous permet de procéder à des analyses approfondies afin de répondre à nos hypothèses sur l'impact de l'ordre des agents sur le déroulement d'un débat. En regroupant les graphes publics selon leurs structures communes, nous sommes en mesure d'observer les variations et les tendances qui se dégagent en fonction des différents ordres des agents. Cette méthodologie nous offre ainsi une base solide pour évaluer et interpréter l'impact de l'ordre des agents sur les résultats obtenus, en nous permettant d'identifier les schémas récurrents et les différences significatives entre les clusters de débats.

Pour conclure cette partie, seuls trois paramètres expérimentaux peuvent varier à chaque débat : le nombre d'agents (N), la variation du graphe univers (UG), et les agents qui participent (A).

4.3 Résultats

Les résultats obtenus pour chacun des 10 ensembles de débats ont été soumis à plusieurs analyses statistiques. Les résultats de ces analyses, qui seront détaillés ultérieurement, ont été enregistrés sous forme de fichiers CSV. Ensuite, la moyenne des résultats de chaque fichier CSV a été calculée pour créer un fichier CSV final synthétisé. Ce dernier servira de base pour évaluer nos différentes hypothèses.

La Figure 5 présentée précédemment illustre un ensemble de débats allant de 2 à 7 agents. Pour rappel, cette opération est répétée 10 fois. À chaque itération, un fichier CSV est généré, comme illustré dans la Figure 4, contenant un ensemble complet de données pertinentes.

Analysons le fichier plus en détails :

- **Colonne 0** : Position de l'agent de la ligne concernée.
- **Colonne 1** : V_p moyen pour un nombre d'agents N (2 à 7).
- **Colonne 2** : Nombre de tour moyen pour un nombre d'agents N .
- **Colonne 3, 4, 5, ..., 8** : Donne le nombre de coups joués en moyenne selon la position de l'agent et le nombre d'agents.

Après avoir fusionné les dix fichiers CSV individuels, chacun correspondant à un UG distinct, nous avons obtenu un fichier CSV final contenant les moyennes de toutes les données. Suite à une analyse approfondie des résultats de ce fichier, nous sommes en mesure d'extraire certaines données pertinentes pour vérifier nos hypothèses initiales de manière plus détaillée.

Nombre de coups joués par agent :

Dans ce premier graphique (Voir Figure 6), nous observons une corrélation entre le nombre moyen de coups joués et la position de l'agent. Ici, chaque courbe représente le nombre de coups joués en moyenne par rapport à la position des agents selon leur nombre. Indubitablement, il apparaît que lorsque l'agent joue plus tôt dans la partie, il effectue un plus grand nombre de coups. Cette observation semble confirmer notre hypothèse. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les agents qui initient le débat ont moins de contraintes en matière d'information et de ressources, ce qui leur permet d'initier et de structurer le débat selon leurs priorités. Cela leur donne ainsi plus d'opportunités d'actions donc la possibilité d'influencer la trajectoire et l'issue du débat en fonction de leurs opinions.

Valeur finale des graphes publics (Vp) :

Le graphique Figure 7 illustre la répartition du nombre de débats en fonction du nombre de différents Vp. Ici, il montre que 70% de nos débats sont caractérisés par un seul Vp. Cette observation suggère que l'ordre des agents a peu d'incidence sur le Vp final, étant donné que sur l'ensemble des ordres testés, nous observons qu'il n'y a qu'une ou deux valeurs différentes de l'issue qui reviennent pour chaque débat. Plus généralement, il semble y avoir une tendance forte vers un consensus sur un seul Vp malgré la variabilité dans l'ordre des agents. Cela pourrait indiquer une robustesse ou une prévalence naturelle de certains arguments dans le processus de débat.

D'autre part, bien qu'il sera exploré par la suite que l'ordre des agents puisse influencer la structure du débat, il semble que la résultante finale du débat, c'est-à-dire le Vp final adopté, est relativement stable indépendamment de cet ordre. Ainsi, on remarquera que pour un même sous ensemble de débat, (c'est à dire avec un UG similaire et un même nombre d'agents), des structures différentes n'impliquent pas forcément un Vp différent. Cela suggérerait que l'ordre puisse altérer la structure construisant le débat mais que les échanges d'arguments s'adaptent et s'ajustent pour tout de même converger vers une même issue.

Distance entre l'agent et sa zone de confort :

Ici, nous ne remarquons aucune corrélation entre la distance qu'a un agent avec sa zone de confort et sa position. Nous pouvons constater qu'en général, plus il y a d'agents et plus ces derniers se rapprochent de leur zone de confort (voir Figure 8). Ce graphe semble ici contredire l'hypothèse formulée initialement et démontre qu'il n'y a pas de corrélation entre l'ordre des agents et le fait de se rapprocher de sa zone de confort. Nonobstant, cette constatation suggère que l'inclusion de plus d'intervenants ne conduit pas nécessairement à une exploration plus variée des opinions des agents, mais plutôt à une consolidation de celles déjà existantes. Par conséquent, les discussions semblent rapidement aboutir à une conclusion, en choisissant des arguments qui renforcent rapidement la distance avec leur zone de confort.

Structure des graphes résultants : Pour ce qui est de l'analyse structurelle des graphes

résultats obtenus, l'idée était dans un premier temps de calculer le nombre de cluster obtenus en moyenne pour chaque débat par rapport au nombre d'agents qu'il incombe. Pour garantir la pertinence des résultats, il est essentiel de calculer l'écart type, ainsi que le nombre minimum et maximum de clusters obtenus dans chaque débat.

Les résultats obtenus sur l'ensemble de nos débats sont présentés dans la Figure 9.

L'intérêt de tout regrouper résulte dans le fait que chaque débat est construit sur un UG différent, de ce fait, on peut capturer beaucoup plus de possibilités et obtenir des résultats plus généraux.

Ici, l'écart type du nombre de clusters par rapport au nombre d'agents est très proche de la moyenne, avec des minimums très bas (proches de 1) et des maximums qui augmentent de manière exponentielle. Basé sur ces résultats, plusieurs conclusions peuvent être envisagées quant à l'impact de l'ordre des agents sur la structure des graphes.

Il semble que l'ordre dans lequel les agents présentent leurs arguments ait un impact significatif sur la structure des graphes. Cette sensibilité à l'ordre suggère que certains ordres favorisent la convergence rapide vers un consensus, tandis que d'autres encouragent une plus grande diversité d'opinions, conduisant à une fragmentation plus importante des clusters.

La diversité des "perspectives" exprimées dans les débats semble également être influencée par l'ordre des agents. Dans le contexte d'un débat modélisé sous forme de graphe, une "perspective" représente un ensemble d'idées, d'opinions ou de points de vue sur un sujet donné. Chaque nœud du graphe pourrait représenter une perspective particulière, et les liens entre les nœuds indiqueraient les relations entre ces perspectives, telles que les similitudes, les oppositions ou les complémentarités. Ainsi, certains ordres peuvent favoriser la présentation de perspectives similaires, conduisant à une plus grande cohérence et à des clusters plus compacts, tandis que d'autres encouragent une plus grande diversité d'opinions, résultant en une fragmentation plus importante des clusters.

En outre, la stabilité "écart type - moyenne" observée dans les résultats suggère une certaine cohérence dans la façon dont l'ordre des agents influence la structure des graphes, bien que cette influence puisse varier d'un débat à l'autre. Cette variabilité souligne l'importance de tenir compte des circonstances spécifiques de chaque débat.

Dans un second temps, l'idée était cette fois-ci d'analyser la proportion d'apparition de chaque agent en première position dans chaque cluster afin d'observer si l'ordre des agents pouvait influencer la création ou non de nouveaux clusters. Pour cela, le procédé à suivre le plus pertinent était de calculer, pour chaque cluster d'un débat, le taux d'apparition de l'agent le plus présent en première position. Ainsi, quelques principaux patterns ont été remarqué :

Formation d'un seul cluster : L'observation selon laquelle toutes les combinaisons possibles d'ordres des agents aboutissent à un unique cluster peut être interprétée de plusieurs manières. Tout d'abord, elle suggère une robustesse de l'issue du débat, insinuant que celle-ci repose sur des arguments solides et convaincantes qui persistent indépendamment de l'ordre d'arrivée des agents. De plus, cette convergence unanime peut également refléter un consensus fort parmi les agents, indiquant soit des opinions similaires soit une influence partagée par les mêmes arguments. Cela pourrait se traduire par le fait que les agents partageraient globalement beaucoup d'arguments et/ou de relations d'attaque en

commun. Ainsi, jouer un débat dans un ordre ou un autre ne modifiera pas la structure résultante et par définition, pas le score de son issue. En outre, cette constance du cluster peut signaler une faible variabilité des opinions, attribuable à des facteurs tels qu’une polarisation des opinions (arguments) marquée ou des biais cognitifs communs, si l’on tentait de transposer cette analyse à un débat réel entre individus. (Voir Figure 10a).

Agents Prépondérants : La présence d’un agent à 100% en première position dans certains clusters indique une forte cohésion autour de cet agent dans ces groupes. Cette influence peut se manifester par une adhésion majoritaire aux arguments avancés par cet agent. Cela suggère que les autres agents ont attaqué, ou contredit, les arguments de cet agent de manière prédominante. Cela implique que les arguments avancés par cet agent spécifique ont été ciblés par les autres participants dans le débat, ce qui a conduit à une convergence des opinions autour de ces points (Voir Figure 10b). En d’autres termes, dans une perspective analogue à celle du monde réel, les participants du débat semblent être largement alignés sur les opinions ou les positions de cet agent spécifique. Dans ce scénario, il est probable que les autres agents aient réagi de manière similaire aux arguments spécifiques de l’agent dominant en première position, ce qui a contribué à la cohésion observée dans les clusters. Cette convergence peut résulter de la nature des arguments eux-mêmes, qui peuvent être perçus comme particulièrement convaincants ou pertinents par les autres participants.

Cluster hétérogènes : Les clusters où la présence de l’agent en première position est moins uniforme (inférieure à environ 40%) indiquent une diversité plus marquée d’opinions parmi les agents de ces groupes. Dans de tels clusters, plusieurs agents peuvent partager des premières positions de manière plus équilibrée, ce qui indique des débats plus nuancés ou des positions plus divergentes. (Voir Figure 10c)

Dans ces situations, la présence moins dominante d’un agent spécifique en première position suggère que les autres agents ont également une certaine influence sur la dynamique du débat. La coexistence de plusieurs agents avec des niveaux de présence similaires en première position peut refléter une répartition plus égale de l’autorité argumentative ou de la persuasion entre les participants. Cela peut également témoigner d’une plus grande variété d’arguments parmi les participants.

La complexité des interactions dans ces clusters hétérogènes met en lumière la diversité des perspectives et des dynamiques présentes dans le débat. En se projetant dans une vision proche de celle du monde réel, ces clusters offrent un aperçu des nuances et des complexités des débats où plusieurs voix influentes coexistent, ce qui contribue à enrichir la compréhension de la dynamique argumentative dans ces contextes.

5 Conclusion

Dans cette étude, nous avons exploré comment l’ordre des agents influence les débats dans les protocoles d’argumentation. Nous avons testé diverses hypothèses concernant l’impact de cet ordre sur plusieurs aspects clés, tels que le nombre de coups joués, la valeur finale du graphe public, la distance entre les agents et leur zone de confort, et la structure des graphes résultants.

Voici ce que nous avons découvert :

- **Nombre de coups joués par agent** : Les agents qui interviennent plus tôt jouent en moyenne plus de coups, ce qui peut être attribué à plusieurs facteurs. Premièrement, en début de débat, les agents ont un champ d'action plus large et moins de contraintes, ce qui leur permet d'exprimer leurs arguments de manière plus libre et plus fréquente. Deuxièmement, étant donné que le débat évolue au fur et à mesure que les agents interviennent, les premiers intervenants ont l'avantage d'influencer la direction et le ton du débat. Leurs arguments peuvent établir un cadre ou une base sur laquelle les arguments ultérieurs seront construits ou réfutés, ce qui renforce leur impact global sur la structure des échanges. En outre, les agents qui jouent en premier ont moins de contraintes liées à la disponibilité d'informations ou de ressources, ce qui leur permet de prendre l'initiative et de définir une certaine structure de débat selon leurs propres priorités. Ainsi, non seulement ils ont plus d'opportunités pour exprimer leurs points de vue, mais ils sont également mieux positionnés pour influencer la trajectoire et l'issue du débat en fonction de leurs objectifs et de leurs stratégies.
- **Valeur finale du graphe public** : Contrairement à ce que nous avions pensé, l'ordre des interventions n'a pas vraiment affecté la valeur finale du graphe public. La plupart des débats ont abouti à des Vp similaires, peu importe l'ordre des agents. De plus, il est important de souligner qu'avec l'augmentation exponentielle du nombre de clusters en fonction du nombre d'agents impliqués dans le débat, résultant en une diversité croissante des structures issues des débats, une variation dans les structures ne garantit pas nécessairement une différence dans la valeur de Vp. Dans une perspective de recherche plus large, il serait opportun de quantifier le rapport entre les valeurs de Vp différentes et le nombre de clusters, par exemple. Cela permettrait d'approfondir la compréhension des liens entre la diversité des structures de débats et la variabilité de leurs issues finales.
- **Distance entre les agents et leur zone de confort** : Nous avons constaté que la variation dans la proximité des agents avec leur zone de confort n'était pas directement corrélée à l'ordre dans lequel ils intervenaient dans le débat. Au lieu de cela, nous avons observé que cette variation semblait être davantage influencée par le nombre total d'agents présents dans le débat. Il est possible que la présence d'un plus grand nombre d'agents crée un environnement plus diversifié et complexe, dans lequel les agents sont confrontés à une plus grande variété d'arguments. Cette observation suggère que la diversité introduite par un plus grand nombre d'agents ne conduit pas nécessairement à une plus grande exploration d'opinions ou de positions nouvelles, mais plutôt à un renforcement des positions préexistantes des participants. Par conséquent, il semble que les débats aient tendance à converger plus rapidement vers une saturation, les agents étant davantage enclins à favoriser des arguments qui les conduisent rapidement vers leur zone de confort.
- **Structure des graphes résultants** : Cette analyse met en évidence l'impact significatif de l'ordre des agents sur la structure et la dynamique des débats. Les résultats révèlent que l'ordre dans lequel les agents interviennent (et donc l'ordre dans lequel ils présentent leurs arguments) influence la formation de clusters et la cohérence des opinions exprimées. Les débats où les agents sont présentés dans un ordre spécifique peuvent converger vers un consensus rapide, tandis que d'autres ordres favorisent une plus grande diversité d'opinions et conduisent à une fragmentation des clusters. Cette sensibilité à l'ordre souligne l'importance de comprendre les mécanismes sous-jacents à la modélisation des débats et des agents, afin de mieux interpréter

les résultats expérimentaux. Cette étude expérimentale met donc en lumière la nécessité de considérer attentivement l'ordre d'intervention agents dans la conception et l'analyse des débats modélisés. Cela permettra de mieux comprendre comment ces facteurs influent sur la formation de structures de graphes similaires et sur la diversité des perspectives, ouvrant ainsi la voie à une exploration plus approfondie des interactions argumentatives.

En conclusion, notre étude montre que l'ordre des agents joue un rôle significatif dans divers aspects des débats argumentatifs. Les agents qui interviennent en premier ont tendance à jouer plus de coups et à influencer davantage la direction et la structure du débat. Toutefois, contrairement à nos attentes initiales, l'ordre des interventions n'a pas eu un impact notable sur la valeur finale du graphe public, suggérant que la robustesse des arguments prime sur leur ordre d'apparition. De plus, la distance entre les agents et leur zone de confort semble être plus influencée par le nombre total d'agents présents plutôt que par l'ordre d'intervention. Enfin, l'ordre d'intervention affecte également la structure des graphes résultants, influençant la formation de clusters et la diversité des opinions. D'autre part, les limites de notre protocole, telles que le seuil permissif pour la zone de confort et le caractère déterministe du protocole, peuvent expliquer certaines de nos observations et suggèrent des pistes pour des recherches futures plus approfondies.

6 Perspectives d'ouvertures

Par manque de temps, nous n'avons pas pu explorer de nombreux autres paramètres expérimentaux, comme la valeur du confort level (cl), par exemple, afin d'ajuster la taille de l'intervalle définissant la zone de confort. Nous aurions également pu intégrer un système d'apprentissage où les agents apprennent les uns des autres, ce qui nous semble pertinent et plus fidèle à la logique du monde réel, avec, éventuellement, un système d'alliances. De plus, nous aurions pu introduire un aspect aléatoire avec un choix probabiliste entre des coups de même efficacité.

Dans cette dernière partie, nous allons également partager d'autres découvertes et suggestions faites au cours de cette étude expérimentale, bien qu'elles sortent du cadre de notre domaine de recherche. Voici quelques points intéressants :

- **Distance avec la zone de confort / Coups jouables** : Nous avons observé que tous les agents ayant au moins 15 coups jouables finissent toujours dans leur zone de confort. Ainsi, la probabilité d'atteindre la zone de confort augmente avec le nombre de coups jouables, rendant la stratégie adoptée par les agents efficace pour minimiser le nombre de coups tout en maximisant les chances de succès (voir Figure 11).
- **Nombre de coups joués / Zone de confort** : Les agents atteignant leur zone de confort tendent à ne jouer qu'un seul coup, ce qui reflète leur stratégie de sélection du coup le plus avantageux (voir Figure 12).
- **Vp et nombre de tours moyens / Nombre d'agent** : Les graphiques montrent que le nombre d'agents a peu d'influence sur le Vp et le nombre de tours moyens. Cette observation suggère que la structure du débat est plus déterminante que le nombre de participants (voir Figure 13a, 13b).

- **Vp et nombre de tours moyens / UG uniques :** Les graphiques montrent que les différents UG ont une influence plus impactante sur le Vp et le nombre de tours moyens que le nombre d’agents. D’autre part, l’UG 6 se distingue par un Vp plus élevé que les autres, ce qui illustre également l’impact différencié des structures d’UG sur ces mesures (voir Figure 14a, 14b).
- **Structure interne des graphes d’opinions :** L’étude souligne l’importance de l’étude de la structure interne des graphes d’opinions des agents pour une analyse statistique approfondie. Cela permettrait de mieux comprendre les dynamiques argumentatives et les résultats expérimentaux, offrant ainsi une perspective plus précise sur l’impact des interventions des agents (voir Figure 2c).

Références

- [1] Phan Minh DUNG. « On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games ». In : *Artificial Intelligence* 77 (1995), p. 321-357 (page 2).
- [2] Louise Dupuis de TARLÉ, Elise BONZON et Nicolas MAUDET. « Multiagent Dynamics of Gradual Argumentation Semantics ». In : *Proceedings of the International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'22)*. 2022, p. 363-371 (pages 2, 8).
- [3] Jérôme DELOBELLE. *Mémoire de Master 2 : Analyse et Conception de Systèmes d'Information*. 2024. URL : <https://helios2.mi.parisdescartes.fr/~jdelobel/paper/memoireM2DelobelleJerome.pdf> (page 3).
- [4] Philippe BESNARD et Anthony HUNTER. « A logic-based theory of deductive arguments ». In : *Artificial Intelligence* 128.1 (2001), p. 203-235. ISSN : 0004-3702 (page 4).
- [5] OPENAI. *ChatGPT*. Documentation et aide à la correction de code, reformulation de texte. 2022. URL : <https://openai.com/chatgpt>.
- [6] MATPLOTLIB DEVELOPMENT TEAM. *Matplotlib : Pyplot tutorial*. Plot des résultats obtenus sous forme de graphiques. 2024. URL : <https://matplotlib.org/stable/tutorials/pyplot.html>.
- [7] STACK OVERFLOW. *Stack Overflow*. Correction de code. 2024. URL : <https://stackoverflow.com>.
- [8] Nassim LATTAB. *Github Repository : Experimental study on the impact of agent order in argumentation protocols*. 2024. URL : https://github.com/Nestallum/Argumentation_TER.

A Figures

Génération d'un graphe aléatoire par J. Delobelle

```
Def generate_debate_graph():
    # Define parameters for the number of branches
    nb_branch_star = random.choose_in_range(nb_branch_star_min,
        nb_branch_star_max+1)

    cpt = nb_branch_star # Allows for a gradual increase in the
        number of arguments

    # Create a star graph with a random number of branches

    star = create_star_graph(nb_branch_star)
    star = reverse_edge_orientations(star)

    # For each node in the star branch, add random sub-arguments

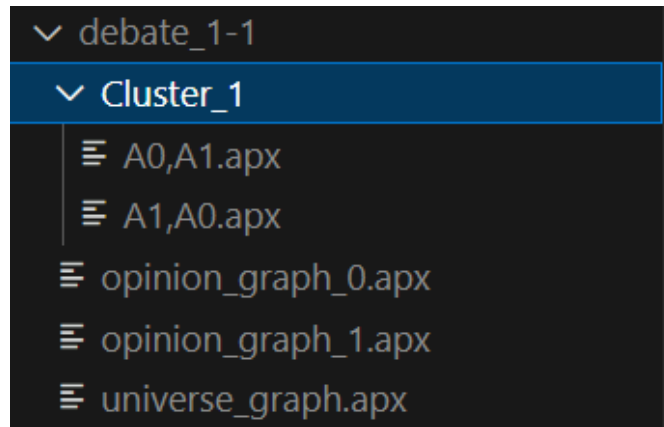
    for each node in range(1, nb_branch_star+1):

        # Generate a random number of arguments for each branch
        nb = random.choose_in_range(nb_arg_tree_min, nb_arg_tree_max)
        labels = {i: cpt+i for i in range(1, nb)}
        labels[0] = node

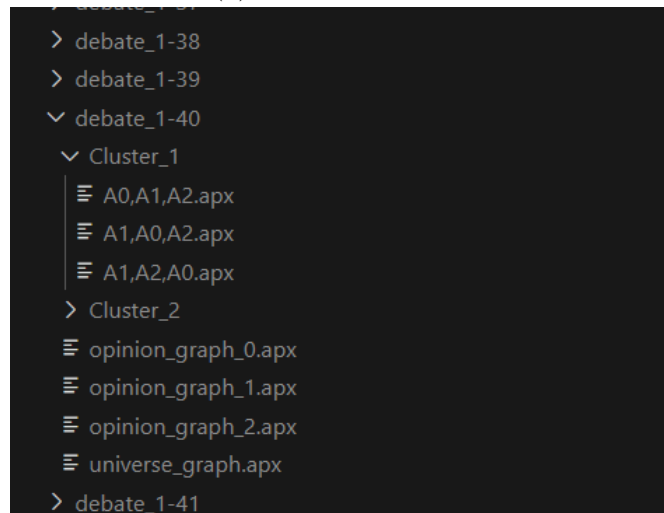
        # Create a random tree for each node in the branch
        random_tree = create_random_tree(nb)
        random_tree = rename_nodes(random_tree, labels)

        # Add the nodes and edges of the tree to the star graph
        star.add_nodes(random_tree)
        star.add_edges(random_tree.edges)
        cpt += nb-1

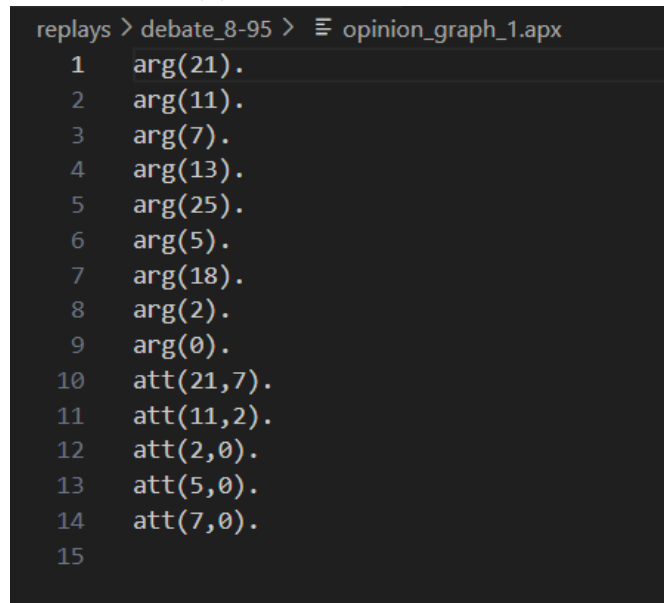
    return star
```



(a) Débat à 2 agents



(b) Exemple de clusters



(c) Exemple d'un graphe opinion

FIGURE 2 – Structure des ressources utilisées

```
order,Vp,numberOfTurn,0,1
"A0,A1",0.14285714285714285,5,"['agent_0', True, {1: '11', 2: '2', 3: None, 4: None, 5: None},
"A1,A0",0.14285714285714285,5,"['agent_0', True, {1: '11', 2: '2', 3: None, 4: None, 5: None},
```

FIGURE 3 – Analyse d'un fichier CSV

```
,vp,tour,nbCoup/byTurnW2,nbCoup/byTurnW3,nbCoup/byTurnW4,nbCoup/byTurnW5,nbCoup/byTurnW6,nbCoup/byTurnW7
6,0.13885550825282292,4.26138888888889,,,,,1.04625,1.154047619047619
7,0.13872712824079295,4.277053571428572,,,,,0.9899801587301588
2,0.14788961038961032,4.95,2.85,2.366666666666667,2.2645833333333334,2.12375,1.7965972222222222,1.799742
3,0.14482697127433963,4.258333333333334,2.05,2.075,1.9254166666666668,1.6590277777777778,1.6991269841269
4,0.14148565980802816,4.602083333333333,,1.7208333333333334,1.7195833333333332,1.4922916666666666,1.5269
5,0.14061458239909178,4.662916666666666,,1.5108333333333333,1.3116666666666668,1.307906746031746
1,,3.5,2.633333333333333,2.425,2.2875,1.8985416666666666,1.8809325396825396
```

FIGURE 4 – Exemple de fichier CSV

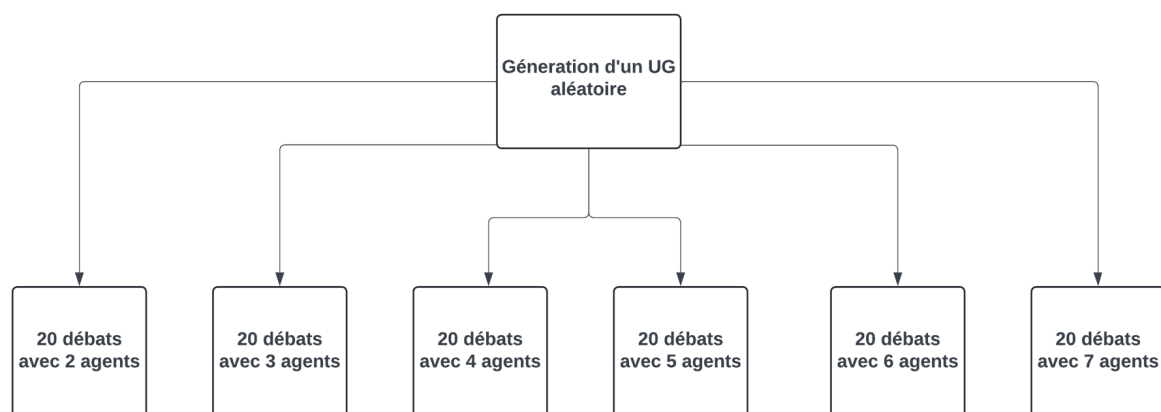


FIGURE 5 – Création de débats pour 2 à 7 agents

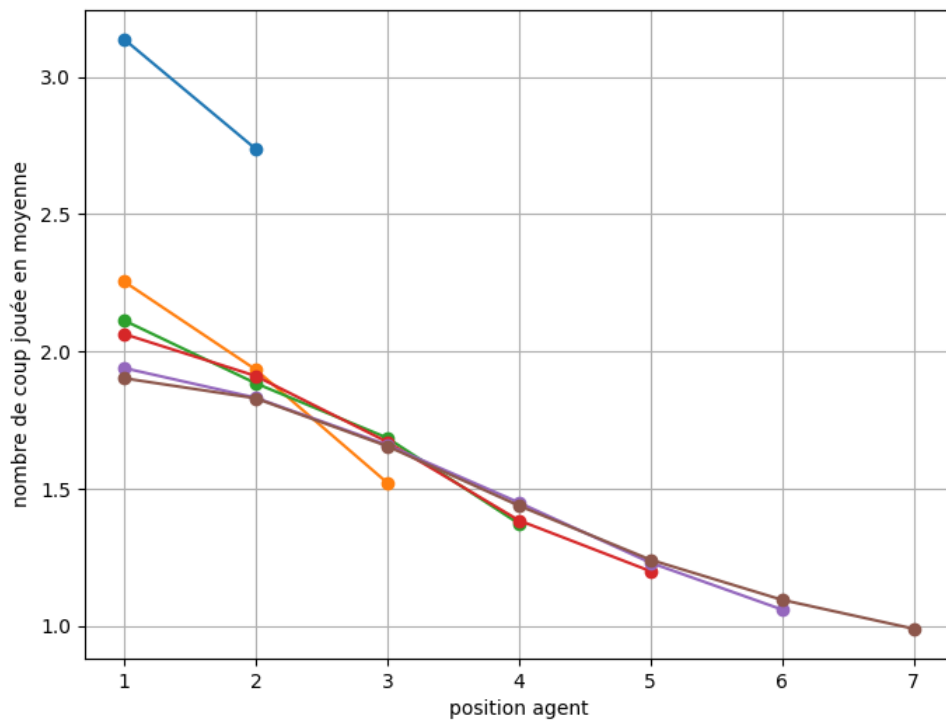


FIGURE 6 – Nombre de coups joués par agent

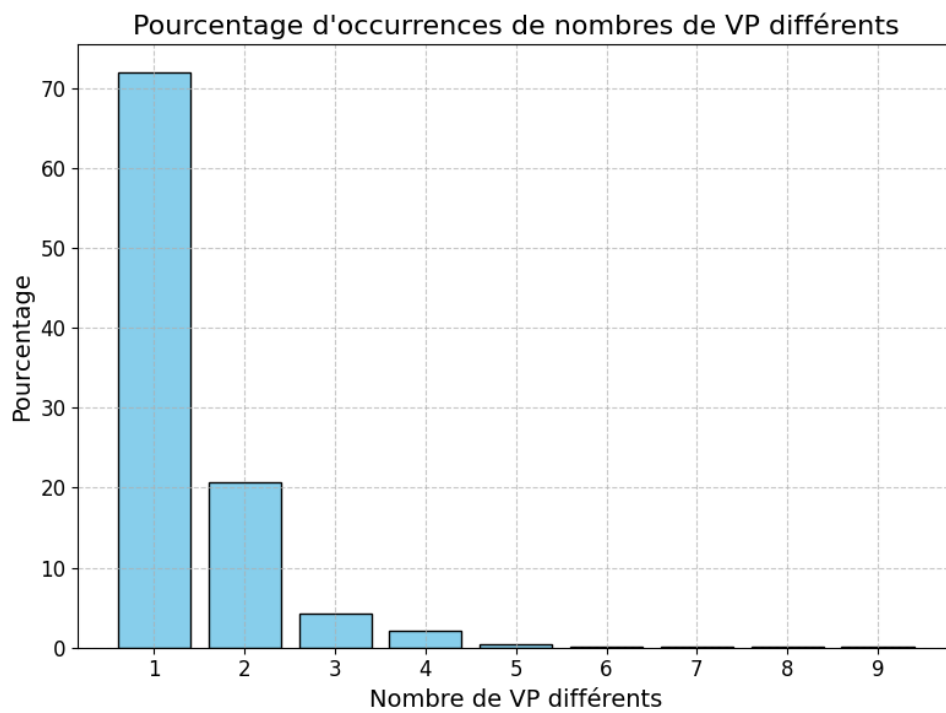


FIGURE 7 – Pourcentage des occurrences des Vp

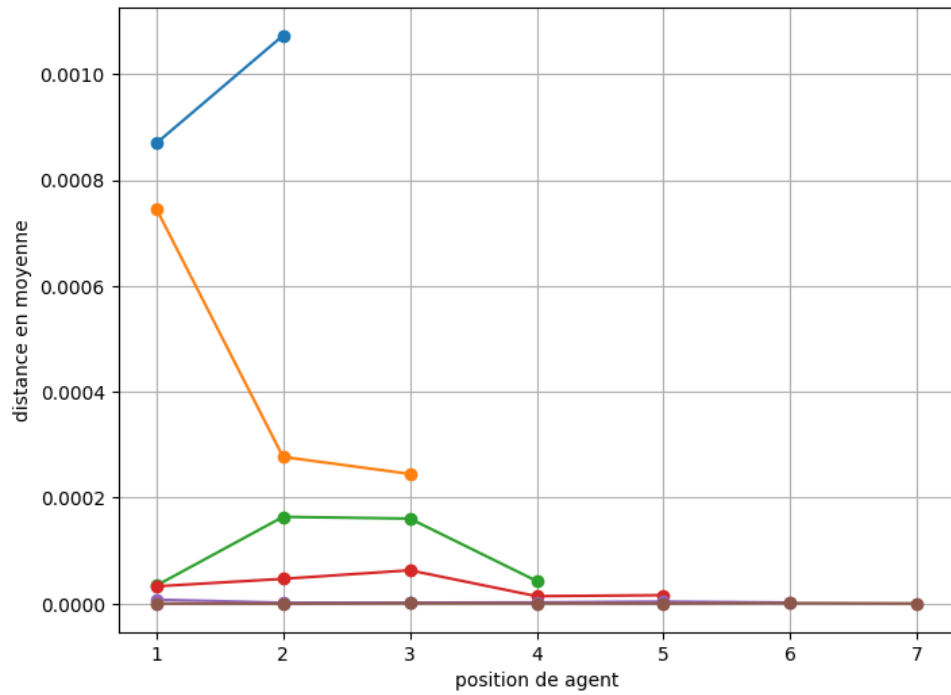


FIGURE 8 – Distance entre l’agent et sa zone de confort

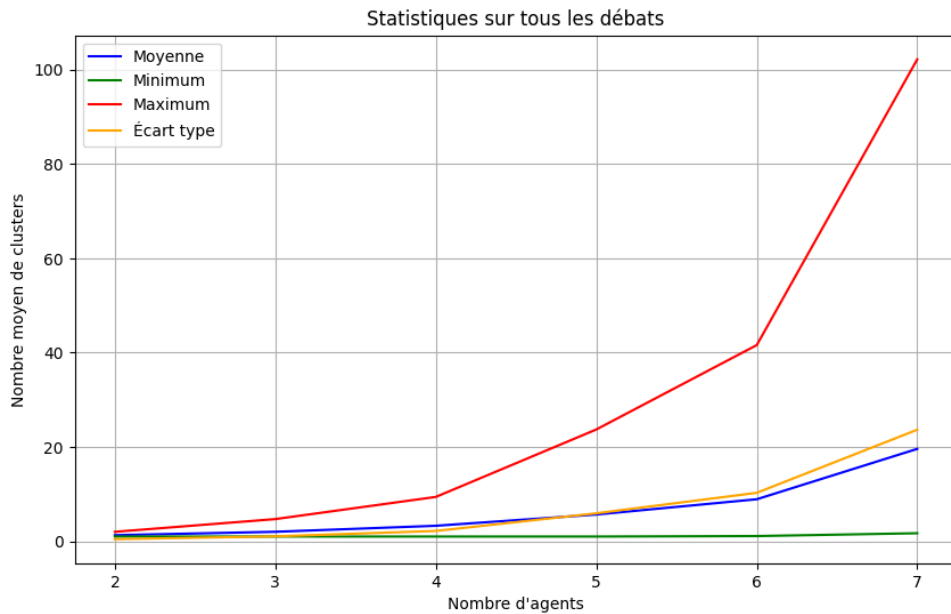
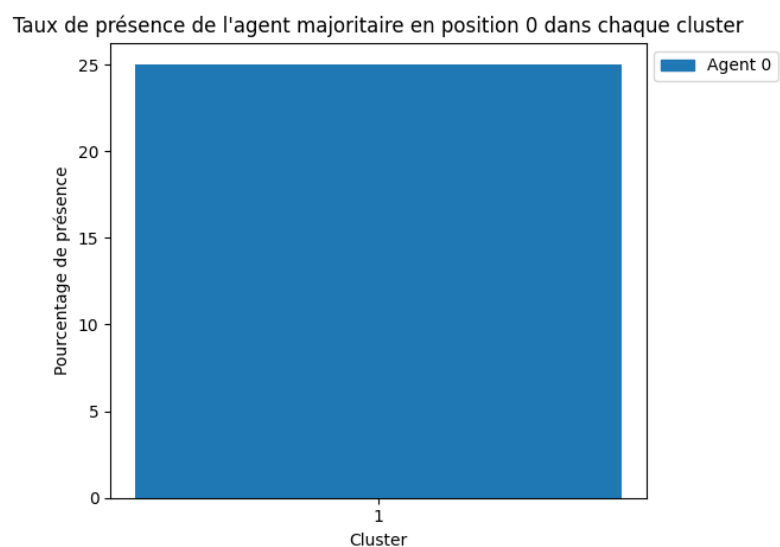
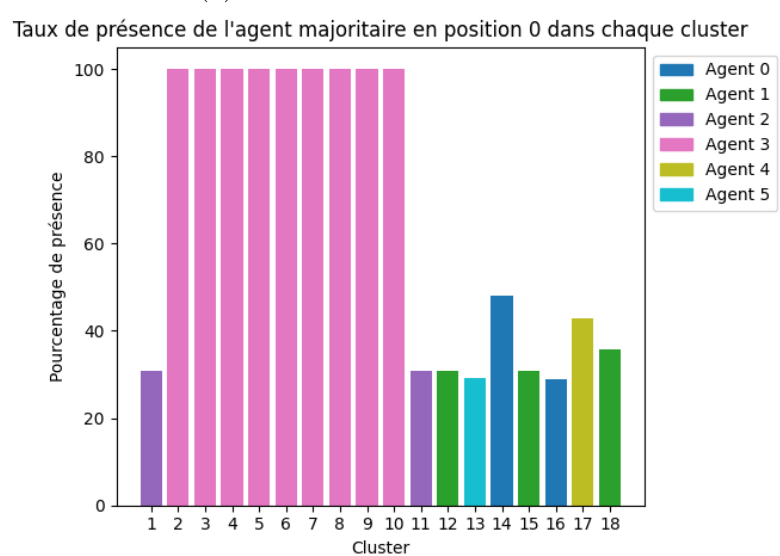


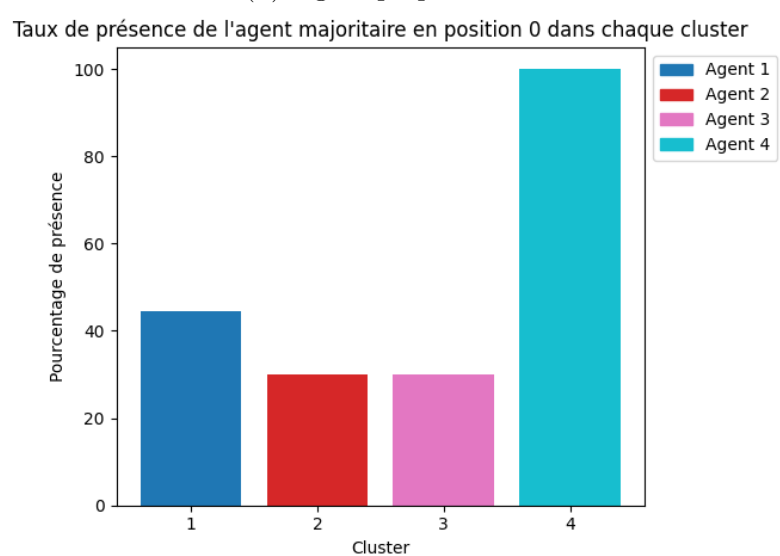
FIGURE 9 – Statistiques du nombre de clusters par nombre d’agents sur l’ensemble des débats



(a) Formation d'un seul cluster



(b) Agent prépondérant



(c) Clusters hétérogènes.

FIGURE 10 – Comparaison des différents types de clusters dans des débats entre agents

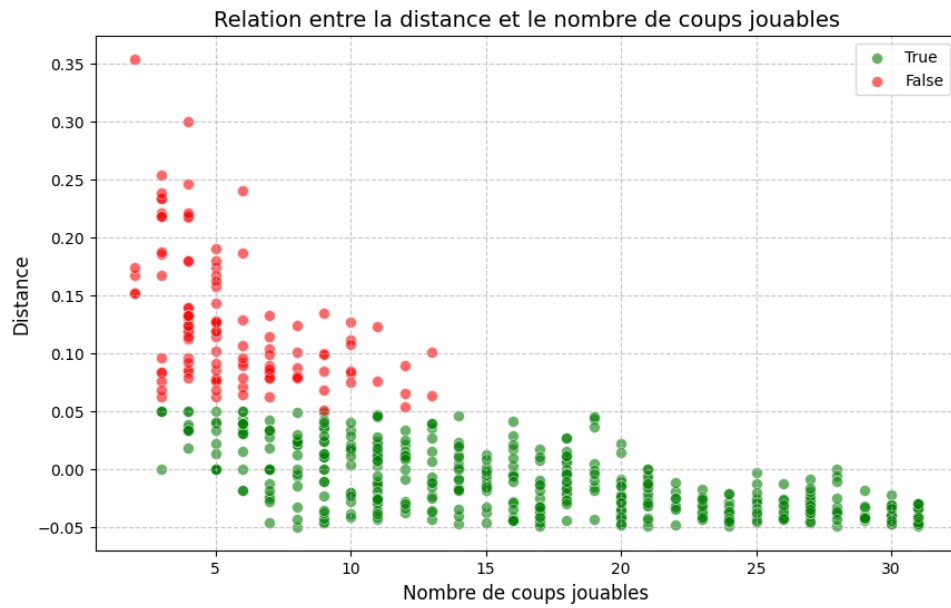


FIGURE 11 – Distance avec la zone de confort par rapport au nombre de coups joués

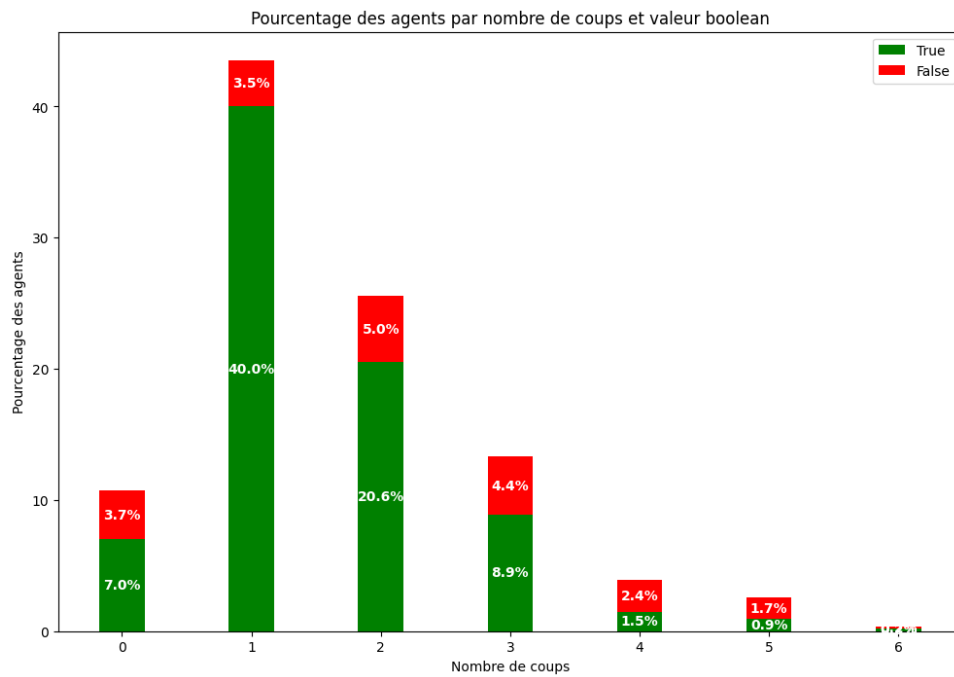
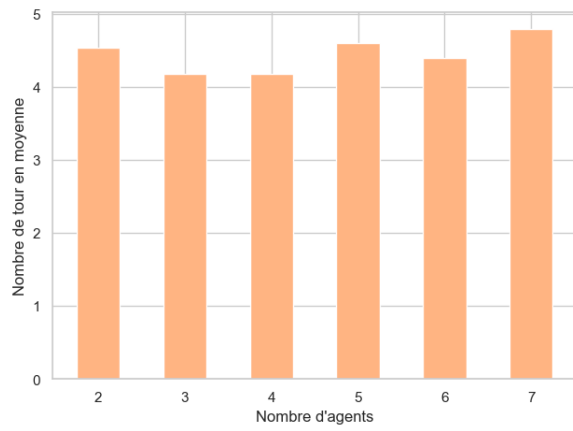
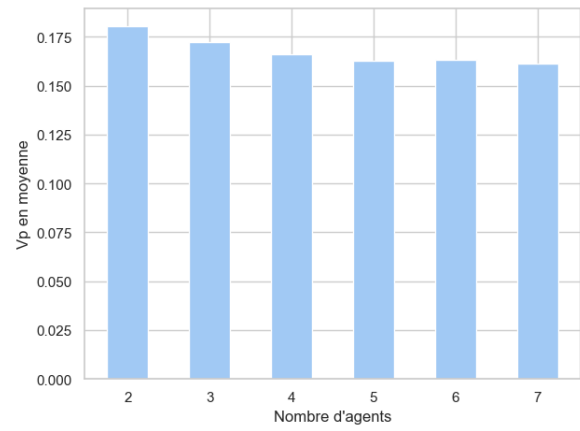


FIGURE 12 – Nombre d'agents dans la zone de confort selon le nombre de coups joués

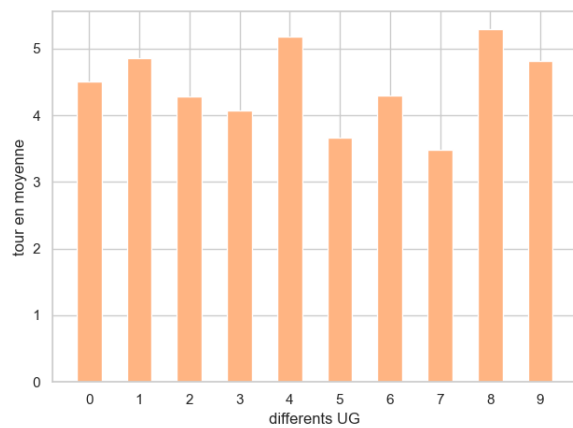


(a) Vp moyen

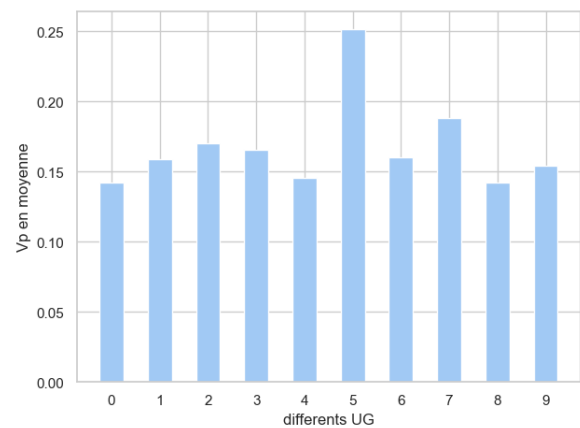


(b) Nombre de tour moyen

FIGURE 13 – Comparaison entre le Vp moyen et le nombre de tours moyens en fonction du nombre d'agents



(a) Tours moyens selon l'UG



(b) Vp moyen selon l'UG

FIGURE 14 – Comparaison entre le Vp moyen et le nombre de tours moyens selon l'UG