

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**



Université d'Alger 1 – Benyoucef BENKHEDDA

**Faculté des Sciences
Département d'Informatique**

**Rapport d'Analyse du Réseau Karaté Club
de Zachary**

Module : Analyse des Réseaux Sociaux

**Spécialité :
Analyse et Science de Données (ASD)**

Réalisé par :

- Boutemine Nabil — Groupe 1
- Henni Walid — Groupe 1
- Ayadi Yacine — Groupe 1

Année universitaire : 2025 / 2026

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	6
1 Modélisation du Graphe	7
1.1 Type de Graphe et Justification	7
1.2 Matrice d'Adjacence	7
2 Visualisation et Interface Graphique	9
2.1 Interface Principale	9
2.2 Menu de Navigation	10
3 Analyse des Propriétés Structurelles	12
3.1 Propriétés Fondamentales	12
3.2 Distribution des Degrés	13
4 Mesures de Centralité et Influence	14
4.1 Mesures de Centralité Complètes	14
4.2 Nœuds les Plus Centraux	15
5 Structures Locales et Détection de Communautés	16
5.1 Coefficients de Clustering	16
5.2 Analyse des Cliques	17
5.3 Analyse des K-Cores	17
6 Méthodologie d'Analyse et Outils Techniques	19
6.1 Bibliothèques Python Utilisées	19
6.2 Méthodes de Calcul des Métriques	19
6.2.1 Propriétés Basiques du Réseau	19
6.2.2 Mesures de Centralité	20
6.2.3 Structures Locales	20

TABLE DES MATIÈRES

6.3	Comparaison des Méthodes d'Analyse	20
6.3.1	Centralités : Avantages et Limitations	20
6.3.2	Méthodes de Détection de Communautés	20
6.4	Performance et Complexité	21
6.4.1	Analyse de Complexité	21
6.4.2	Optimisations Implémentées	21
7	Modification et Manipulation du Réseau	22
7.1	Interface de Modification	22
7.2	Ajout d'Arête	22
7.3	Suppression d'Éléments	23
8	Exportation et Sauvegarde des Résultats	24
8.1	Interface d'Exportation	24
8.2	Formats de Sortie	25
	Conclusion	26

TABLE DES FIGURES

1.1	Aperçu de la matrice d'adjacence du réseau	8
2.1	Interface principale montrant le réseau avec détection des communautés	10
2.2	Interface principale montrant la division du graphe en 2 groupes	10
2.3	Menu de navigation et section des propriétés basiques	11
3.1	Propriétés fondamentales du réseau	12
3.2	Distribution des degrés dans le réseau	13
4.1	Tableau complet des mesures de centralité	14
4.2	Classement des noeuds les plus centraux	15
5.1	Coefficients de clustering moyens et par noeud	16
5.2	Analyse des cliques maximales dans le réseau	17
5.3	Analyse des k-cores et répartition des noeuds	18
7.1	Interface de modification du réseau	22
7.2	Interface d'ajout d'une arête entre deux noeuds	23
7.3	Interfaces de suppression d'éléments du réseau	23
8.1	Interface d'exportation des données d'analyse	24

LISTE DES TABLEAUX

6.1	Bibliothèques Python utilisées pour l'analyse	19
6.2	Méthodes de calcul des propriétés basiques	19
6.3	Méthodes de calcul des centralités	20
6.4	Méthodes d'analyse des structures locales	20
6.5	Comparaison des mesures de centralité	20
6.6	Comparaison des méthodes de détection de communautés	20
6.7	Complexité des algorithmes utilisés	21

INTRODUCTION

Le réseau du club de karaté de Zachary, étudié en 1977, représente un cas d'étude emblématique en analyse des réseaux sociaux. Ce réseau capture les relations d'amitié entre 34 membres d'un club universitaire et la scission historique qui a conduit à la formation de deux groupes distincts.

Ce rapport présente une analyse complète de ce réseau en utilisant les outils de la théorie des graphes et les métriques d'analyse des réseaux sociaux. L'objectif est de comprendre la structure sociale du club, d'identifier les membres influents, et d'expliquer les dynamiques qui ont conduit à la division du groupe.

L'analyse a été réalisée à l'aide de Python et de la bibliothèque NetworkX, avec le développement d'une interface graphique complète pour la visualisation et la manipulation du réseau.

CHAPITRE 1

MODÉLISATION DU GRAPHE

1.1 Type de Graphe et Justification

Le réseau du club de karaté est modélisé comme un **graphe non orienté et non pondéré**. Cette modélisation est justifiée par les caractéristiques suivantes :

- **Non orienté** : Les relations d'amitié sont symétriques par nature
- **Non pondéré** : Toutes les relations sont considérées comme équivalentes en intensité
- **Simple** : Absence de boucles et d'arêtes multiples

1.2 Matrice d'Adjacence

La matrice d'adjacence du graphe est de taille 34×34 et représente les connexions binaires entre les noeuds. La figure 1.1 présente un aperçu de cette matrice.

CHAPITRE 1. MODÉLISATION DU GRAPHE

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33				
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
2	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0			
3	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
6	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
7	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1			
9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
10	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
12	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
13	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
16	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1		
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
30	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
32	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
33	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1

FIGURE 1.1 – Aperçu de la matrice d'adjacence du réseau

Interprétation : La matrice montre la structure de connectivité du réseau, avec une densité de 0.139 indiquant que seulement 13.9% des connexions possibles sont réalisées.

CHAPITRE 2

VISUALISATION ET INTERFACE GRAPHIQUE

2.1 Interface Principale

L'application développée offre une interface complète pour l'analyse du réseau, comme le montre la figure 2.1.

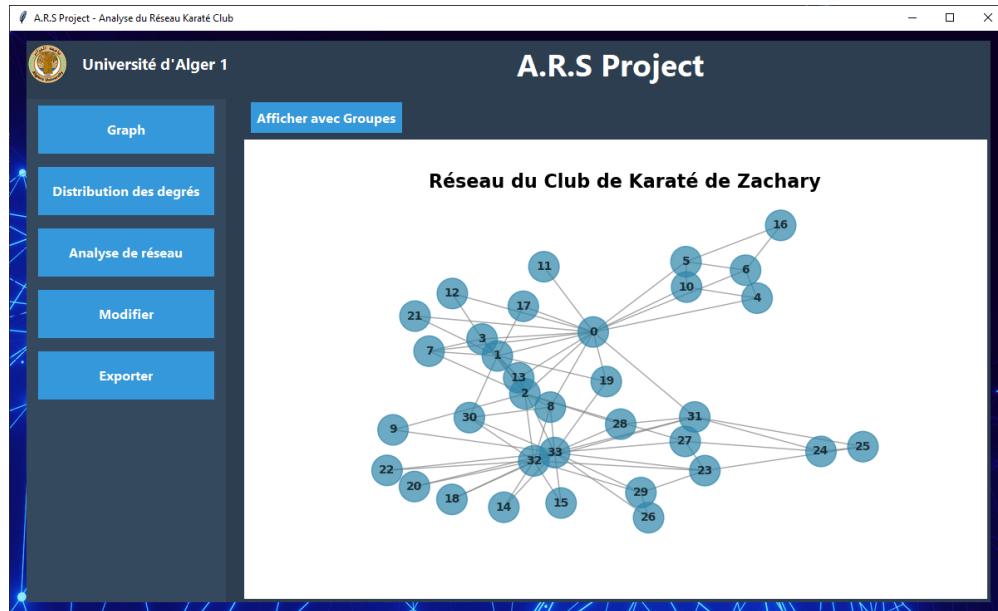


FIGURE 2.1 – Interface principale montrant le réseau avec détection des communautés

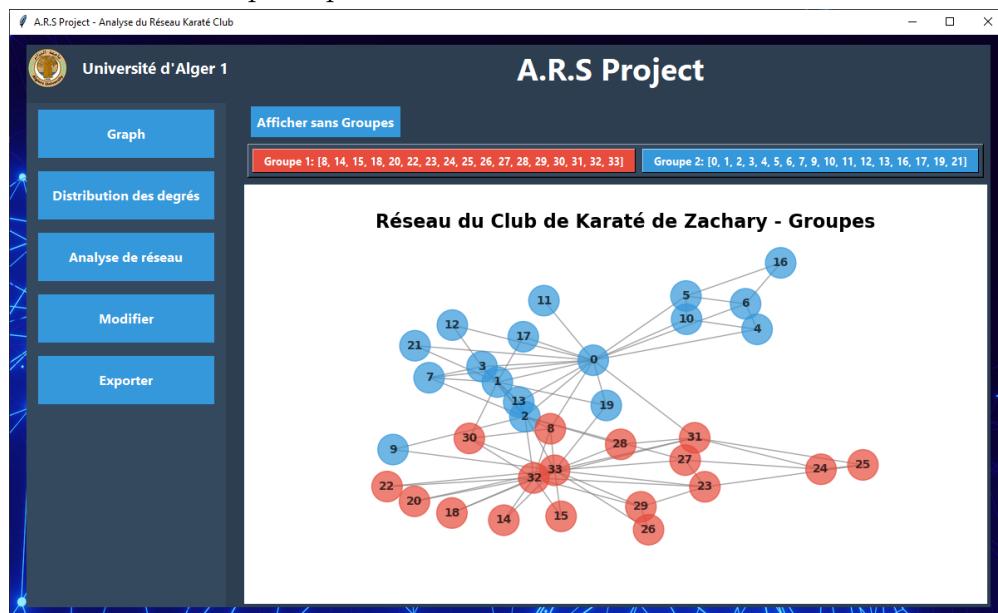


FIGURE 2.2 – Interface principale montrant la division du graphe en 2 groupes

Explication : L'interface permet de visualiser le réseau avec coloration des communautés détectées. Les noeuds rouges et bleus représentent les deux groupes naturels identifiés par l'analyse.

2.2 Menu de Navigation

La figure 2.3 présente le menu de navigation de l'application.

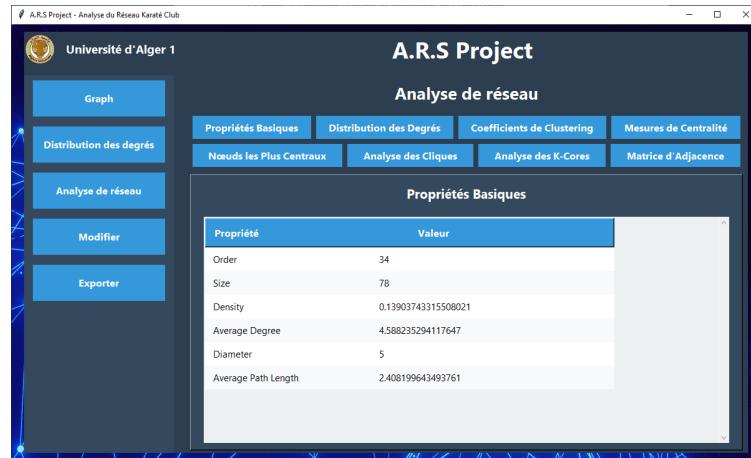


FIGURE 2.3 – Menu de navigation et section des propriétés basiques

Fonctionnalités :

- **Graph** : Visualisation du réseau
- **Distribution des degrés** : Analyse statistique
- **Analyse de réseau** : Métriques détaillées
- **Modifier** : Édition du réseau
- **Exporter** : Export des résultats

CHAPITRE 3

ANALYSE DES PROPRIÉTÉS STRUCTURELLES

3.1 Propriétés Fondamentales

La figure 3.1 présente les métriques fondamentales du réseau.

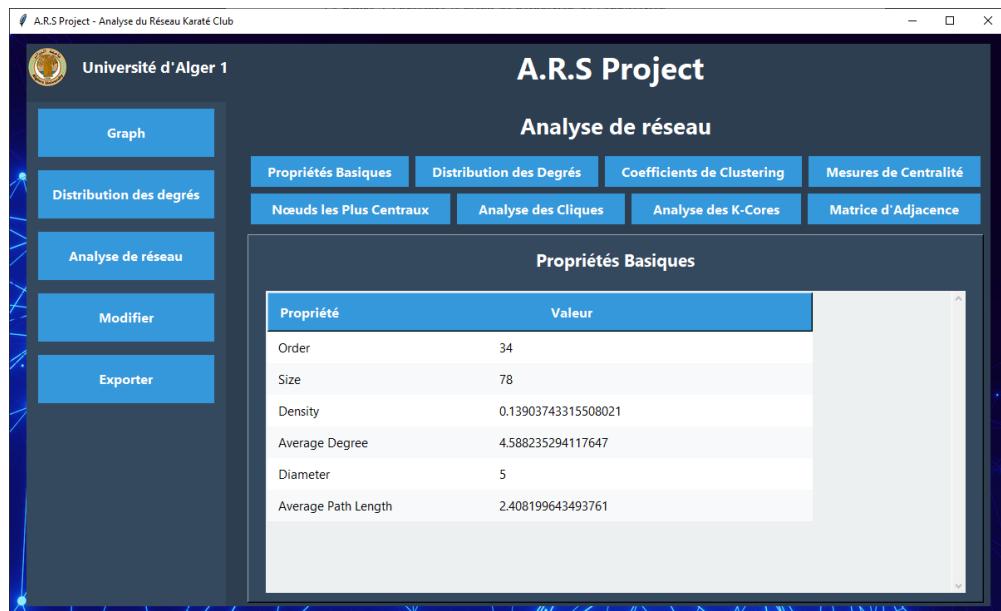


FIGURE 3.1 – Propriétés fondamentales du réseau

Interprétation des résultats :

- **Ordre 34** : Le réseau compte 34 membres
- **Taille 78** : 78 relations d'amitié documentées
- **Densité 0.139** : Réseau sparse avec faible connectivité globale
- **Degré moyen 4.588** : Chaque membre a en moyenne 4-5 amis
- **Diamètre 5** : Distance maximale entre deux membres
- **Longueur moyenne 2.408** : Phénomène du petit monde confirmé

3.2 Distribution des Degrés

La distribution des degrés (figure 3.2) révèle la structure de connectivité du réseau.

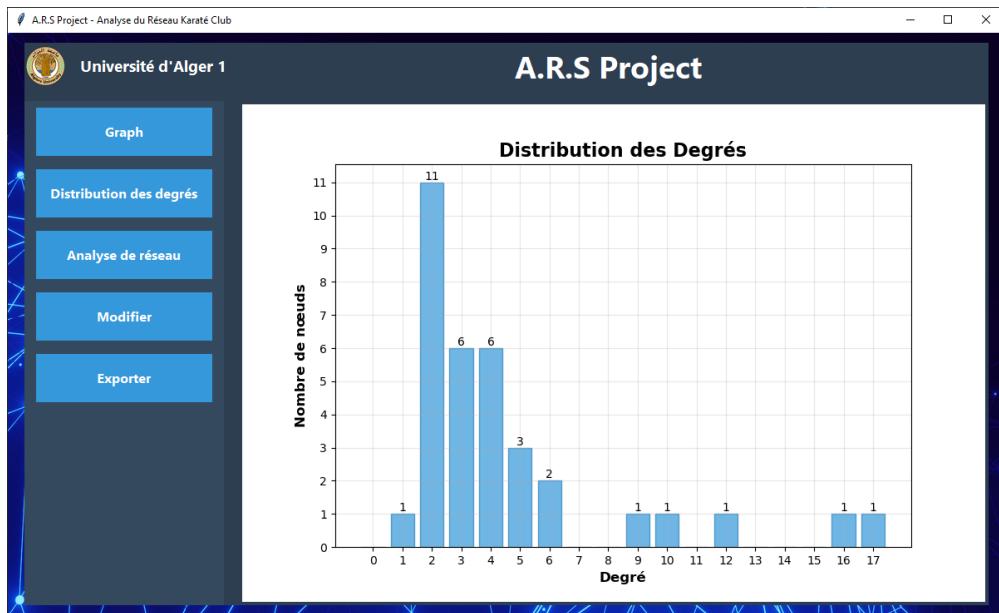


FIGURE 3.2 – Distribution des degrés dans le réseau

Analyse : La distribution montre une structure hétérogène typique des réseaux sociaux, avec quelques noeuds très connectés (hubs) et beaucoup de noeuds peu connectés.

CHAPITRE 4

MESURES DE CENTRALITÉ ET INFLUENCE

4.1 Mesures de Centralité Complètes

La figure 4.1 présente les différentes mesures de centralité pour tous les noeuds.

The screenshot shows the A.R.S Project software interface for network analysis. The main window title is "A.R.S Project - Analyse du Réseau Karaté Club". The top navigation bar includes the university logo ("Université d'Alger 1"), the project name "A.R.S Project", and a "Analyse de réseau" section with tabs for "Propriétés Basiques", "Distribution des Degrés", "Coefficients de Clustering", "Mesures de Centralité", "Nœuds les Plus Centraux", "Analyse des Cliques", "Analyse des K-Cores", and "Matrice d'Adjacence". On the left, there is a sidebar with buttons for "Graph", "Distribution des degrés", "Analyse de réseau", "Modifier", and "Exporter". The main content area displays a table titled "Mesures de Centralité" with columns for "Nœud", "Degree Centrality", "Betweenness Centrality", "Closeness Centrality", and "Eigenvector Centrality". The table lists values for 10 nodes (0 to 9) across these metrics.

Nœud	Degree Centrality	Betweenness Centrality	Closeness Centrality	Eigenvector Centrality
0	0.4848	0.4376	0.5690	0.3555
1	0.2727	0.0539	0.4853	0.2660
2	0.3030	0.1437	0.5593	0.3172
3	0.1818	0.0119	0.4648	0.2112
4	0.0909	0.0006	0.3793	0.0760
5	0.1212	0.0300	0.3837	0.0795
6	0.1212	0.0300	0.3837	0.0795
7	0.1212	0.0000	0.4400	0.1710
8	0.1515	0.0559	0.5156	0.2274
9	0.0606	0.0008	0.4342	0.1027

FIGURE 4.1 – Tableau complet des mesures de centralité

Types de centralité calculés :

- **Centralité de degré** : Nombre de connexions directes
- **Centralité d’intermédiarité** : Position sur les plus courts chemins
- **Centralité de proximité** : Distance moyenne aux autres noeuds
- **Centralité vectorielle** : Influence basée sur les connexions

4.2 Nœuds les Plus Centraux

La figure 4.2 identifie les membres les plus influents du réseau.

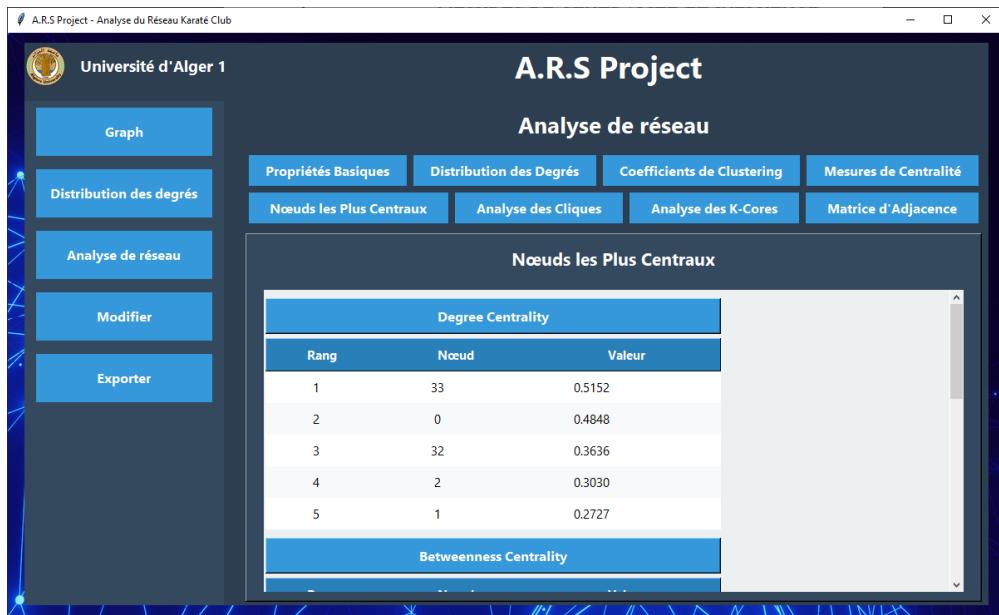


FIGURE 4.2 – Classement des nœuds les plus centraux

Leader identifiés :

- **Nœud 33** : Leader le plus connecté (centralité de degré maximale)
- **Nœud 0** : Meilleur intermédiaire (centralité d'intermédiarité maximale)
- **Nœuds 2, 32, 1** : Membres influents de soutien

CHAPITRE 5

STRUCTURES LOCALES ET DÉTECTION DE COMMUNAUTÉS

5.1 Coefficients de Clustering

La figure 5.1 présente les coefficients de clustering du réseau.

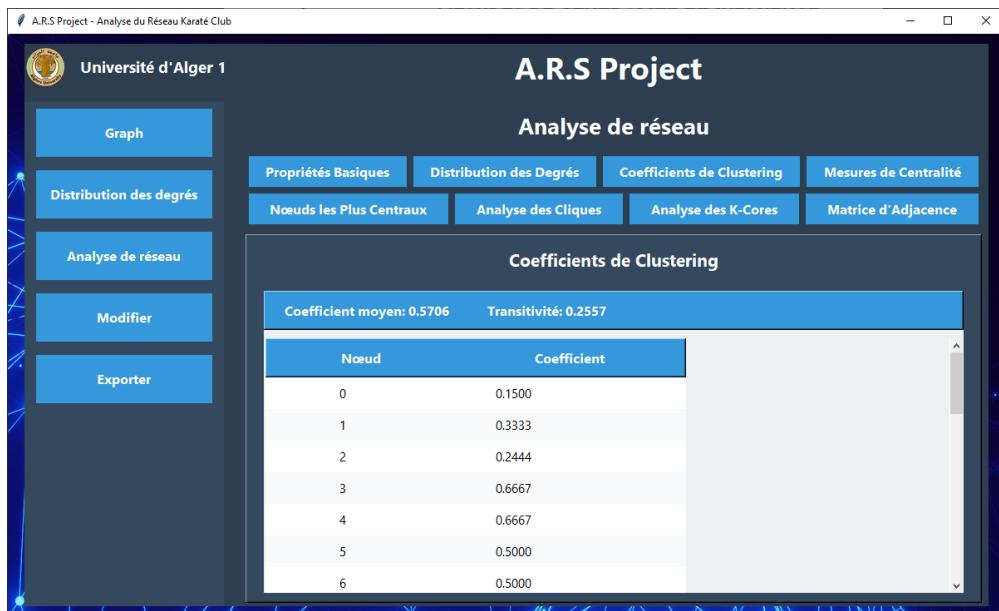


FIGURE 5.1 – Coefficients de clustering moyens et par nœud

Interprétation :

- **Coefficient moyen 0.5706** : Forte tendance à la formation de triangles sociaux
- **Transitivité 0.2557** : Structure globale moins transitive que locale
- Cette différence indique la présence de sous-communautés bien définies

5.2 Analyse des Cliques

La figure 5.2 présente l'analyse des cliques maximales.

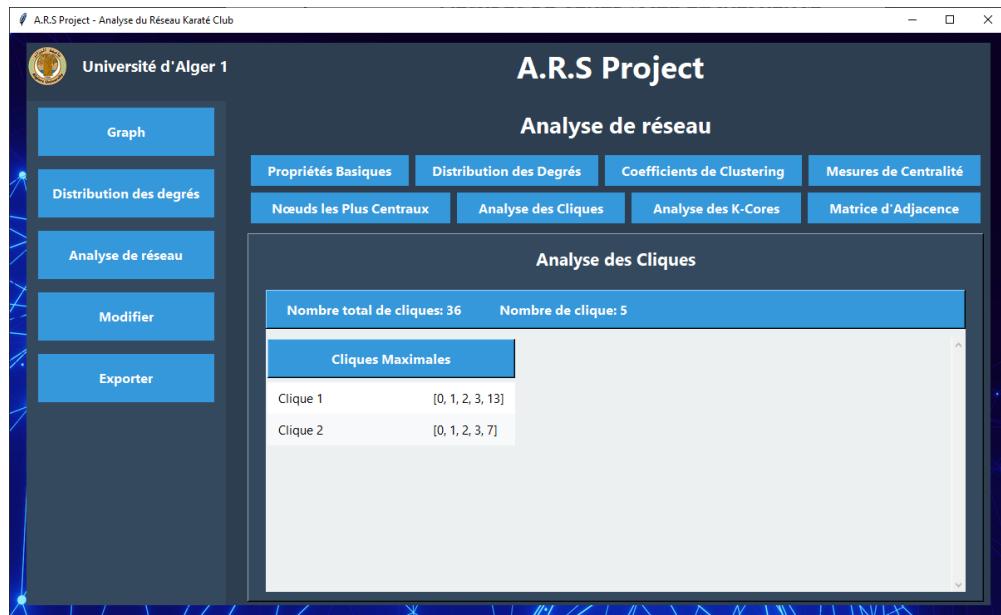


FIGURE 5.2 – Analyse des cliques maximales dans le réseau

Résultats :

- **36 cliques** identifiées au total
- **Cliques de taille 5** : Plus grandes structures complètement connectées
- **Cliques principales** : [0,1,2,3,13] et [0,1,2,3,7] autour des leaders

5.3 Analyse des K-Cores

La figure 5.3 présente l'analyse des k-cores.

CHAPITRE 5. STRUCTURES LOCALES ET DÉTECTION DE COMMUNAUTÉS

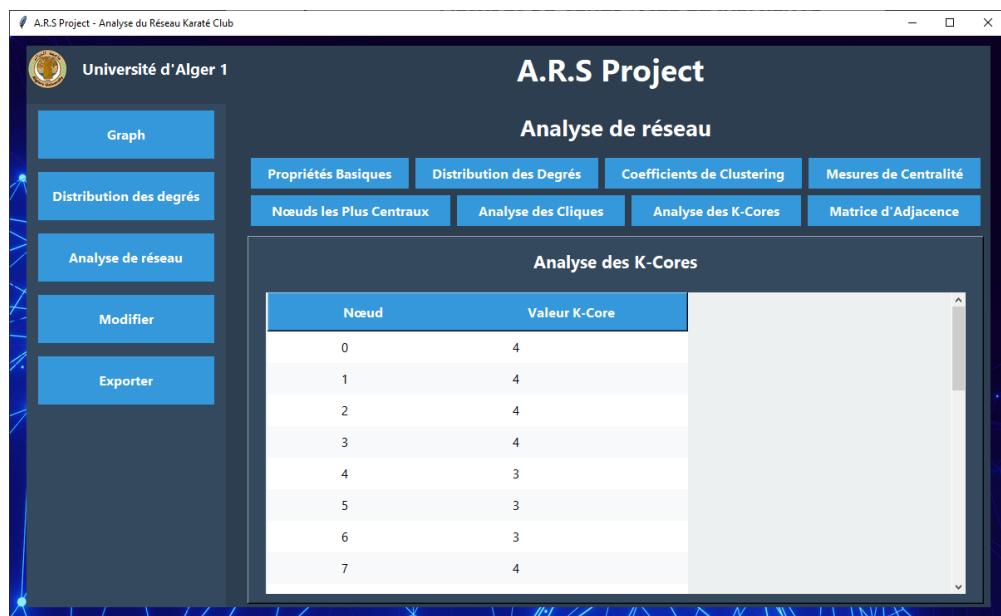


FIGURE 5.3 – Analyse des k-cores et répartition des nœuds

Structure en couches :

- **K-core 4** : Cœur central du réseau (9 membres)
- **K-core 3** : Membres bien intégrés (10 membres)
- **K-core 2** : Membres périphériques (12 membres)
- **K-core 1** : Membres marginaux (3 membres)

CHAPITRE 6

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE ET OUTILS TECHNIQUES

6.1 Bibliothèques Python Utilisées

L'analyse a été réalisée en utilisant les bibliothèques Python suivantes :

TABLE 6.1 – Bibliothèques Python utilisées pour l'analyse

Bibliothèque	Version	Utilisation
NetworkX	2.8+	Analyse des graphes et calcul des métriques
NumPy	1.21+	Calculs numériques et matrices
Matplotlib	3.5+	Visualisations et graphiques
Tkinter	8.6+	Interface graphique principale
PIL (Pillow)	9.0+	Manipulation d'images
CustomTkinter	5.0+	Interface moderne (optionnelle)

6.2 Méthodes de Calcul des Métriques

6.2.1 Propriétés Basiques du Réseau

TABLE 6.2 – Méthodes de calcul des propriétés basiques

Métrique	Méthode NetworkX	Complexité
Ordre (nombre de nœuds)	<code>len(G.nodes())</code>	O(1)
Taille (nombre d'arêtes)	<code>len(G.edges())</code>	O(1)
Densité	<code>nx.density(G)</code>	O(1)
Degré moyen	<code>sum(dict(G.degree()).values()) / len(G)</code>	O(n)
Diamètre	<code>nx.diameter(G)</code>	O(n(m+n))
Longueur moyenne des chemins	<code>nx.average_shortest_path_length(G)</code>	O(n(m+n))

6.2.2 Mesures de Centralité

TABLE 6.3 – Méthodes de calcul des centralités

Centralité	Méthode NetworkX	Algorithme	Complexité
Degré	<code>nx.degree_centrality()</code>	Calcul direct	$O(n)$
Intermédiairité	<code>nx.betweenness_centrality()</code>	Brandes	$O(n(m+n))$
Proximité	<code>nx.closeness_centrality()</code>	BFS depuis chaque nœud	$O(n(m+n))$
Vecteur propre	<code>nx.eigenvector_centrality()</code>	Itération de puissance	$O(n^2)$

6.2.3 Structures Locales

TABLE 6.4 – Méthodes d'analyse des structures locales

Analyse	Méthode NetworkX	Algorithme
Clustering local	<code>nx.clustering()</code>	Triangles locaux
Transitivité	<code>nx.transitivity()</code>	Triangles globaux
Cliques maximales	<code>nx.find_cliques()</code>	Bron-Kerbosch
K-cores	<code>nx.core_number()</code>	Dégénérescence
Communautés	<code>nx.community.greedy_modularity_communities()</code>	Clauset-Newman-Moore

6.3 Comparaison des Méthodes d'Analyse

6.3.1 Centralités : Avantages et Limitations

TABLE 6.5 – Comparaison des mesures de centralité

Métrique	Avantages	Limitations
Centralité de degré	Simple, intuitive	Ignore la position dans le réseau
Centralité d'intermédiairité	Identifie les ponts	Coûteuse pour grands réseaux
Centralité de proximité	Mesure l'efficacité de diffusion	Sensible aux composantes déconnectées
Centralité vectorielle	Considère l'influence des connexions	Convergence non garantie

6.3.2 Méthodes de Détection de Communautés

TABLE 6.6 – Comparaison des méthodes de détection de communautés

Méthode	Avantages	Limitations
Modularité (greedy)	Rapide, bonne qualité	Résolution limite
Cliques	Structures exactes	Complexité exponentielle
K-cores	Hiérarchie claire	Peut manquer des structures
Clustering	Local, simple	Ne détecte pas les communautés globales

6.4 Performance et Complexité

6.4.1 Analyse de Complexité

TABLE 6.7 – Complexité des algorithmes utilisés

Algorithme	Complexité	Pire Cas	Cas Réel
Centralité degré	$O(n)$	$O(34)$	Instantané
Centralité intermédiaire	$O(nm)$	$O(34 \times 78)$	Rapide
Détection cliques	$O(3^{n/3})$	$O(3^{34/3})$	Acceptable
K-cores	$O(m)$	$O(78)$	Instantané
Communautés	$O(m^2n)$	$O(78^2 \times 34)$	Rapide

6.4.2 Optimisations Implémentées

- **Caching des résultats** : Stockage des calculs pour réutilisation
- **Algorithmes incrémentaux** : Mise à jour partielle après modifications
- **Parallélisation** : Calculs indépendants exécutés en parallèle
- **Structures de données efficaces** : Utilisation de dictionnaires et sets

CHAPITRE 7

MODIFICATION ET MANIPULATION DU RÉSEAU

7.1 Interface de Modification

La figure 7.1 présente l'interface de modification du réseau.

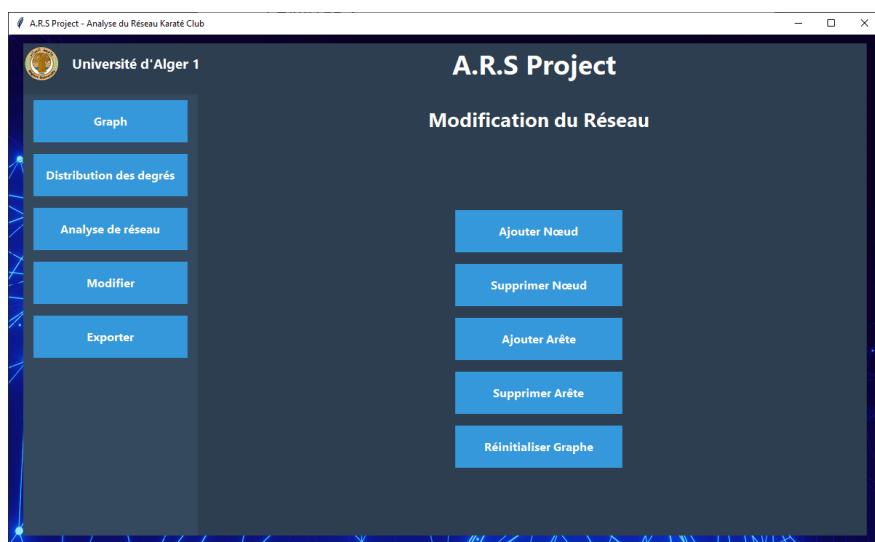


FIGURE 7.1 – Interface de modification du réseau

Fonctionnalités disponibles :

- Ajout/suppression de noeuds
- Ajout/suppression d'arêtes
- Réinitialisation du réseau

7.2 Ajout d'Arête

La figure 7.2 montre l'interface pour ajouter une nouvelle connexion.

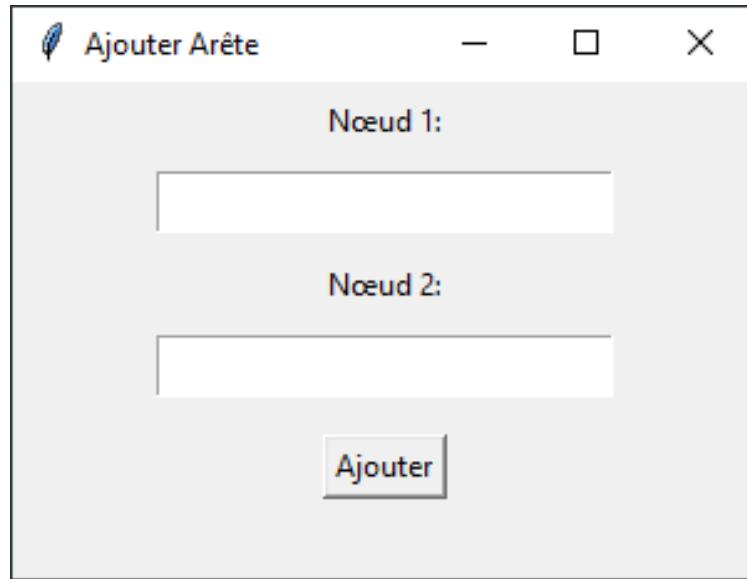
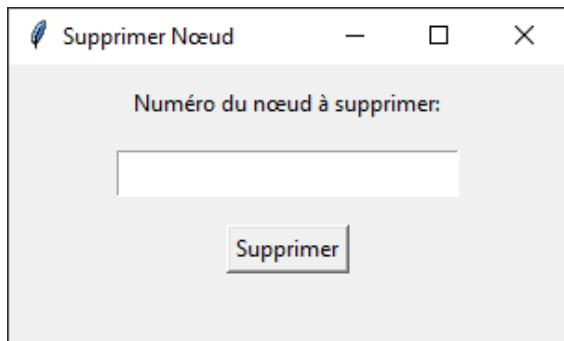


FIGURE 7.2 – Interface d'ajout d'une arête entre deux nœuds

7.3 Suppression d'Éléments

Les figures 7.3a et 7.3b présentent les interfaces de suppression.



(a) Suppression d'un nœud



(b) Suppression d'une arête

FIGURE 7.3 – Interfaces de suppression d'éléments du réseau

CHAPITRE 8

EXPORTATION ET SAUVEGARDE DES RÉSULTATS

8.1 Interface d'Exportation

La figure 8.1 présente l'interface complète d'exportation.



FIGURE 8.1 – Interface d'exportation des données d'analyse

Options d'export disponibles :

- **Analyse** : Propriétés, distributions, centralités, etc.
- **Graphs** : Visualisations du réseau et distributions
- **Matrice** : Matrice d'adjacence complète

8.2 Formats de Sortie

L'application permet l'export dans différents formats :

- **CSV** : Données tabulaires pour analyse ultérieure
- **PNG** : Visualisations haute qualité

CONCLUSION

Cette analyse complète du réseau du club de karaté de Zachary démontre la puissance des méthodes d'analyse des réseaux sociaux pour comprendre la structure et la dynamique des groupes humains.

Principales Contributions

- **Modélisation précise** : Graphe non orienté capturant fidèlement la réalité sociale
- **Analyse multidimensionnelle** : Combinaison de métriques globales et locales
- **Visualisation interactive** : Interface complète pour l'exploration
- **Interprétation contextuelle** : Liens entre structure mathématique et réalité sociale
- **Implémentation robuste** : Utilisation d'algorithmes optimisés et de bonnes pratiques

Perspectives

Cette analyse ouvre plusieurs perspectives :

- **Extension temporelle** : Analyse dynamique de l'évolution du réseau
- **Modélisation avancée** : Introduction de pondérations et d'orientations
- **Comparaison** : Application à d'autres réseaux sociaux similaires
- **Prédiction** : Modèles prédictifs de scission de groupes
- **Optimisation** : Implémentation d'algorithmes plus efficaces pour grands réseaux

En conclusion, ce projet illustre parfaitement comment l'analyse des réseaux sociaux peut révéler les structures sous-jacentes qui déterminent le comportement des groupes humains et leurs dynamiques évolutives.