



# Sommaire

Avant –  
propos.....  
.....3

Introduction.....  
.....4

A. Contexte technique :

I. Présentation du projet

II. Analyse des besoins du projet : cahier de charge

III. Méthodologie du travail

- Cadrage du projet
- Diagramme de Gantt

B. Contexte du projet :

I. Théorie des jeux

.....4

- Qu'est ce qu'un jeu ?

.....4

- D'où vient la théorie des jeux ?

.....4

- Grands thèmes en théorie de jeux

.....5

- Types de jeux

.....5

II. Dilemme des prisonniers.....

.....7

- Principe du dilemme des prisonniers.....

.....7

- Les différentes stratégies.....

.....8

III. Application du dilemme des prisonniers dans la vie quotidienne.....9

C. Contexte informatique :

IV. Présentation du projet :  
    Algorithmes.....

V. Présentation du projet en langage C  
    .....

- Prototypes  
    utilisés.....
- Structures  
    utilisées.....

VI. Analyse des  
    résultats.....  
    .....

VII. Conclusion  
    .....  
    .....

VIII. Bibliographie.....  
    .....



# Avant propos

*Tout est projet, et nous avons tous besoin de méthode: Voir, juger et agir ; Analyser, planifier et contrôler.*

Le jeu du dilemme du prisonnier itéré modélise beaucoup de phénomènes de société très importants comme la course aux armements nucléaires, le comportement d'individus partageant une ressource commune.

Dans ce genre de situation, les individus ou pays essaient de prendre l'avantage l'un sur l'autre mais coopèrent également entre eux.

Alors, comment évolue cette coopération ?

## I. **Introduction :**

Le projet que nous développerons dans le cadre du module d'algorithmes avancés n'est que le fruit de tout ce que nous avons appris en théorie.

Notre projet nous permettra l'approche pratique du domaine de la théorie du jeu. Il porte sur le développement d'un jeu du dilemme du prisonnier.

En fait, Le dilemme du prisonnier fournit un cadre général pour penser les situations où deux ou plusieurs acteurs ont un intérêt à coopérer, mais un intérêt encore plus fort à ne pas le faire si l'autre le fait, et aucun moyen de contraindre l'autre. Certains domaines comme l'écologie ou l'économie utilisent intégralement la nature mathématique du problème en donnant un sens concret aux paramètres, par exemple celui de paiements. D'autres ne retiennent que le cadre conceptuel pour catégoriser des situations où les paiements sont peu quantifiables.

Dans la suite de ce rapport, nous allons dresser les différentes étapes qui ont mené à la mise au point de notre Jeu.

Comme première partie nous dresserons le cahier de charge du projet ainsi que le contexte d'élaboration de celui-ci.

Dans une deuxième partie nous élaborons l'algorithme conçu pour le jeu.

Ensuite, comme troisième partie, on fera l'implémentation sous la plate forme C et l'analyse des résultats ainsi que le raffinement de ceux-ci.

Enfin nous dresserons une visite guidée de notre application.

## A. Contexte technique :

Ce chapitre présente le sujet du projet et le cahier des charges spécifié par l'encadrant ainsi que le professeur responsable du module « algorithmes avancés », il définit également la méthodologie de travail adoptée pour l'achever et les étapes de son déroulement.

### I. Analyse des besoins du projet : cahier de charge

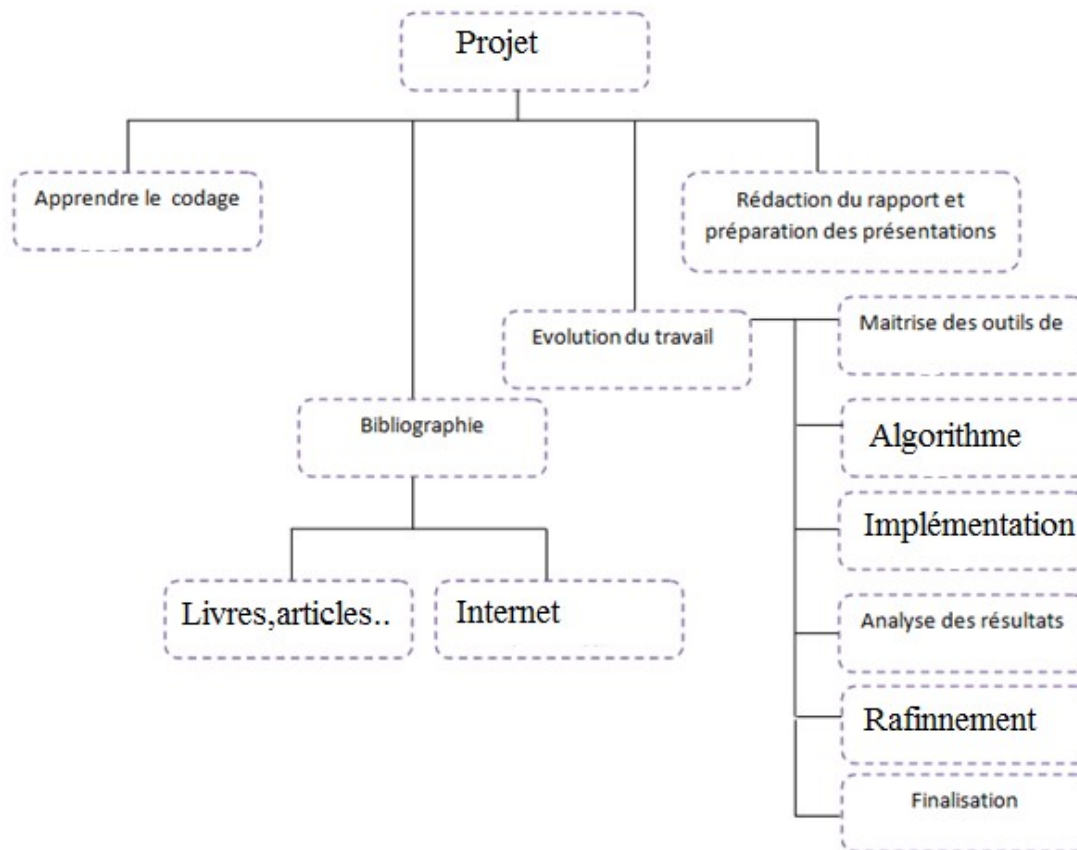
Le cahier des charges proposé comporte les points suivants :

- ✓ étude bibliographique : Théorie du jeu, dilemme du prisonnier et ses applications.
- ✓ l'étude des différentes méthodes existante pour résoudre ce dilemme
- ✓ Mise en place d'un nouvel algorithme capable de donner des résultats satisfaisants comparables aux autres méthodes.
- ✓ Implémentation, Analyse des résultats et améliorations

### II. Méthodologie du travail

#### a. Découpage du projet :





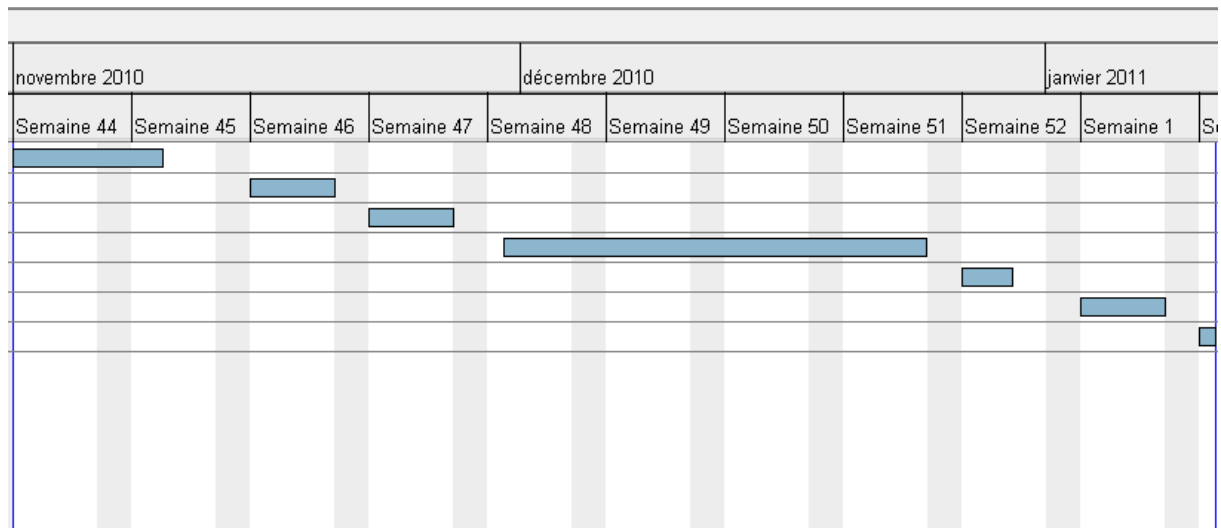
b. Diagramme de Gantt :

Le diagramme de GANTT est une représentation graphique permettant de renseigner et situer dans le temps, les phases, activités, tâches et ressources du projet.

Nom	Date de début	Date de fin
Bibliographie	01/11/10	10/11/10
Maitrise des outils C	15/11/10	20/11/10
Mise en place algorithme	22/11/10	27/11/10
Codage sous C	30/11/10	25/12/10
rédaction 1ère partie rapport	27/12/10	30/12/10
Implémentation et Analyse Résultats	03/01/11	08/01/11
Finalisation du projet	10/01/11	11/01/11

**Tableau 2 : Taches Du Projet**

La figure ci-dessous représente le diagramme de GANTT établi à partir du planning.

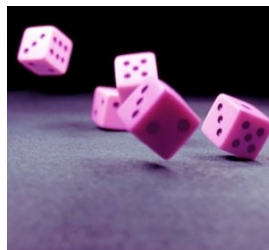


**Figure 3: Diagramme De Gantt**

A partir du diagramme de Gantt, on constate la criticité des différentes tâches constitutives du projet ; tout retard sur une tâche entraine immédiatement un retard sur toutes les autres tâches.

B. Contexte du projet :

I. Théorie des jeux



a. Qu'est ce qu'un jeu ?

La théorie des jeux est la discipline mathématique qui étudie les situations où le sort de chaque participant dépend non seulement des décisions qu'il prend mais également des décisions prises par d'autres participants. En conséquence, le choix "Optimal" pour un participant dépend généralement de ce que font les autres. Parce que chacun n'est pas totalement maître de son sort.

Des lors on peut voir les marchés comme des jeux où les participants sont des producteurs et des consommateurs. Plus généralement, une partie d'échecs, la formation d'une coalition

Dilemme du prisonnier

gouvernementale ou une négociation au sein de l'OMC sont autant de jeux différents obéissant à des règles spécifiques. Les jeux peuvent donc décrire des situations sociales très différentes.

Les participants à un jeu sont appelés joueurs.

Chaque joueur – une entreprise, un consommateur ou un gouvernement – agit pour son propre compte selon le principe de rationalité économique. Ce principe stipule que chacun cherche à prendre les meilleures décisions pour lui-même; il ne fait pas référence à une rationalité qui transcenderait les participants et le jeu dans lequel ils opèrent.

### b. D'où vient la théorie des jeux ?

La théorie des jeux fut fondée par Von Neumann et Morgenstern en 1944 lors de la parution de leur ouvrage **Théorie of Games and Economic Behavior**. Bien sûr, il y eut des précurseurs, parmi les principaux, il faut citer Cournot et Edgeworth. Toutefois, c'est depuis la publication du livre de Von Neumann et Morgenstern que la théorie des jeux est véritablement considérée comme une nouvelle discipline. Ces deux auteurs ont proposé une solution dans le cas particulier d'un jeu où le gain d'un joueur correspond exactement à la perte subie par l'autre (jeu à somme nulle ou duel). Le jeu d'échecs est un exemple de jeu où l'antagonisme entre joueurs est ainsi poussé à l'extrême. Les cas d'application en économie sont rares.

En 1951, Nash a montré comment les idées développées par Cournot dès 1838 pouvaient servir de base pour construire une théorie de l'équilibre non coopératif pour des jeux à somme variable, qui généralise la solution proposée par Von Neumann et Morgenstern. Les applications de ce concept à l'économie se sont multipliées à partir des années 70 et 80. C'est en économie industrielle que l'intérêt de ce concept est apparu avec le plus de force parce qu'il permet d'étudier des situations de concurrence imparfaite où les entreprises adoptent des comportements stratégiques.

### c. Grands thèmes en théorie de jeux :

En théorie des jeux, l'interaction qui relie les joueurs est beaucoup plus complexe. Tout d'abord, les joueurs se connaissent (ils savent combien il y a de participants et qui ils sont).

Ensuite, ils ne peuvent pas se contenter de choisir leurs propres plans d'actions, en négligeant ce que font les autres. Ils doivent au contraire se faire une idée aussi précise que possible des plans choisis par les autres. Pour cela, la théorie admet :

- 1) Que chaque joueur s'efforce de prendre les meilleures décisions pour lui-même et sait que les autres joueurs font de même.
- 2) Que chacun sait qu'il en va de même pour tous les autres et ainsi de suite.

Toutefois, il est important de préciser d'emblée que la théorie des jeux ne fournit pas de solutions toutes faites. Elle constitue plutôt une façon de penser qui permet de mieux

comprendre la nature des conflits possibles et de concevoir ce que pourrait être une solution acceptable et raisonnable.

A cote de l'analyse économique qui offre des cas d'application de plus en plus nombreux, on peut citer la science politique ou la théorie des jeux tend à devenir très répandue.

Comprendre comment les individus membres d'une société régissent leurs relations Sociales et construisent a cet effet des institutions particulières.

#### d. Types de jeux :

Nous différencions et définissons quatre types de situations :

##### ➤ Les "jeux coopératifs et non coopératifs" :

Un jeu est dit coopératif lorsque les joueurs peuvent communiquer librement entre eux et passer des accords (par ex. sous forme d'un contrat). Ils forment alors une coalition et recherchent l'intérêt général suivi d'un partage des gains entre tous les joueurs. Dans un jeu non coopératif, les joueurs (qui ne communiquent pas ou ne peuvent pas communiquer entre eux) agissent selon le principe de rationalité économique : chacun cherche à prendre les meilleurs décisions pour lui-même (c'est à dire cherche à maximiser égoïstement ses gains individuels). Ce dernier type de jeu fait intervenir les probabilités.

##### ➤ La théorie des jeux coopératifs ou coalitionnels :

Un jeu est coopératif lorsque des joueurs peuvent passer entre eux des accords qui les lient de manière contraignante, On dit alors qu'ils forment une coalition.

##### ➤ La théorie des jeux non-coopératifs ou stratégiques :

C'est-a-dire lorsque que les joueurs n'ont pas la possibilité de former des coalitions

##### ➤ Les "jeux à somme nulle et non nulle" :

Un jeu est dit à "somme nulle" lorsque la somme des gains des joueurs est constante (ou par le choix subtile d'une fonction utilité peut l'être...) ou autrement dit : ce que l'un gagne est nécessairement perdu par un autre (échecs, poker...). Les jeux de société sont souvent des jeux à somme nulle mais les situations réelles sont souvent mieux décrites par les jeux non coopératifs à somme non nulle car certaines issues sont profitables pour tous, ou dommageables pour tous (vie politique, situations d'affaires...).

##### ➤ Les "jeux avec ou sans équilibre" :

Un jeu à somme non nulle coopératif ou non est dit avec "équilibre de Nash" s'il existe un couple de stratégies (dans le cas d'un jeu à deux joueurs) tel que aucun des joueurs n'a intérêt à changer unilatéralement de stratégie et ceci afin de s'assurer le maximum des minium (le "Maximin") des gains.

##### ➤ Les "jeux compétitifs et non compétitifs" :

Dilemme du prisonnier

Un jeu non compétitif est à l'opposé d'un jeu compétitif tel que par définition, lorsque toute couple de stratégie (dans le cas d'un jeu à deux joueurs) est tel qu'il fait perdre ou gagner simultanément à tous les joueurs un gain donné (quand je perds quelque chose tu perds quelque chose, quand je gagne quelque chose tu gagnes aussi quelque chose).

## II. Dilemme des prisonniers

On dit qu'un jeu est statique (one-shot game) lorsque les joueurs choisissent simultanément leurs actions et reçoivent ensuite leurs gains respectifs.

Parmi les jeux statiques, les jeux finis à deux joueurs occupent une place privilégiée parce qu'ils permettent une présentation simple et pédagogique des principales questions posées en théorie des jeux. Ils sont décrits sous la forme de matrices dans lesquelles le premier joueur joue verticalement, c'est-à-dire choisit une ligne de la matrice, et le second horizontalement en choisissant une colonne. On parle dans ce cas de jeux matriciels. Nous allons en étudier quelques exemples au cours de cette Section.

### **“Coévolution des stratégies pour le jeu du dilemme du prisonnier itéré”**

Qu'entend t-on par coévolution?

La coévolution est un processus dans lequel des espèces évoluent en fonction de leurs actions ou effets sur les autres espèces présentes dans ce même processus.

En clair, nous cherchons des stratégies pour un certain jeu et l'on s'intéresse principalement à la coévolution de ces stratégies : Comment évoluent ces stratégies ensemble ?

Le titre motive d'autres questions :


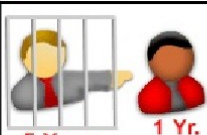
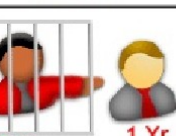

- Qu'est ce qu'une stratégie pour le jeu du dilemme du prisonnier?
- Qu'est ce qu'une bonne stratégie? Existe-t-il la meilleure stratégie?

#### a. Principe du dilemme

On suppose que deux suspects sont interrogés séparément par la police pour une action délictueuse grave. La police ne dispose pas d'éléments de preuve suffisants pour obtenir la condamnation des prévenus pour l'acte dont ils sont accusés. L'aveu d'au moins l'un des deux est donc indispensable.

La police propose à chaque accusé d'avouer, dans quel cas il sera relâché. S'il n'avoue pas mais que l'autre le fait, il écope d'une peine de prison de 15 ans. Si les deux avouent, ils

peuvent espérer bénéficier de circonstances atténuantes et recevoir une peine de 8 ans chacun. Enfin, si aucun des deux n'avoue, ils seront condamnés pour des délits mineurs à 1 an de prison. La matrice des gains a donc la forme suivante.

		Henry	
		Not Guilty	Guilty
Dave	Not Guilty	 2 Years	 5 Years     1 Yr.
	Guilty	 5 Years     1 Yr.	 3 Years

Existe-t-il une manière "naturelle" de jouer ce jeu ?

On remarque immédiatement qu'Avouer constitue une stratégie qui conduit toujours à une peine moins lourde que Ne pas avouer, et ce quel que soit le choix effectué par l'autre. Dès lors, il semble naturel de penser que chacun des prévenus va choisir cette stratégie dans l'intention de réduire sa peine.

Le résultat est qu'ils vont tous les deux être condamnés à 8 ans de prison, ce qui constitue malgré tout à une condamnation assez lourde. Dans ce jeu, la stratégie Avouer est "optimale" puisque, si l'importance de la condamnation dépend du comportement de l'autre prévenu, chaque joueur peut prendre sa décision sans avoir besoin de se faire une idée de ce que va faire l'autre.

Si dans un jeu donné tous les joueurs disposent d'une stratégie dominante et qu'ils choisissent effectivement cette stratégie, le résultat du jeu est appelé équilibre.

## b. Les différentes stratégies

### **1. stratégies donnant donnant :**

La stratégie appelée "Donnant donnant", qui consiste à coopérer au premier coup puis à systématiquement copier le comportement de son interlocuteur à la rencontre précédente.

### **2. stratégie rancunière :**

Je ne dénonce pas à la période initiale.

Je continue à ne pas dénoncer aux périodes suivantes tant que mon complice n'a pas dénoncé.

Si mon complice me dénonce, alors je le dénonce à toutes les périodes suivantes

### **3. Majorité mou :**

Choix majoritaire de l'adversaire, coopération si égalité et au premier tour.

4. **Donnant-donnant dur** :

Coopération, sauf si le partenaire a trahi une des 2 fois précédentes.

5. **Gentile** :

Toujours coopérer.

6. **Périodique gentille** :

Séquence cyclique de deux coopérations, puis une défection.

7. **Sondeur** :

Séquence trahir, coopérer, coopérer.

9. **Méfiant** :

Défection au premier tour, puis stratégie Précédente du partenaire.

10. **Majorité dur** :

Choix majoritaire de l'adversaire, défection si égalité et au premier tour.

11. **Méchante** :

Toujours faire défection

12. **Périodique méchante** :

Séquence cyclique de deux défections, puis une coopération

### III. **Application du dilemme des prisonniers dans la vie quotidienne**

**En économie :**

- Concurrence imparfaite : les prix ne sont pas donnés mais sont les conséquences des décisions des agents
- Enchère : l'issue (i.e., le gagnant et le prix qu'il a payé) dépend des actions de tous les enchérisseurs et du type d'enchère utilisée par l'organisateur
- Compétition électorale
- Décisions de membres d'un jury sur un verdict
- Macroéconomie ouverte : coordination internationale des politiques économiques
- Animaux chassant une proie

**En écologie :**

La théorie des jeux, et le dilemme du prisonnier en particulier, sont fréquemment utilisés en écologie pour modéliser l'évolution des comportements entre individus d'une même espèce vers des stratégies

évolutivement stables. L'apparition et le maintien des comportements de coopération par exemple, se prêtent à ce type d'analyse. Richard Dawkins en a fait l'un des points centraux de sa théorie du gène égoïste, puisque l'optimisation de la survie peut passer par un comportement apparemment altruiste.

#### En politique internationale :

Soit deux pays A et B. Les pays A et B peuvent choisir de maintenir ou non une armée. Si tous deux ont une armée (de force à peu près équivalente), la guerre est moins "tentante", car très coûteuse (situation de la guerre froide).

Les dépenses militaires sont alors une perte nette pour les deux pays. Si un seul a une armée, il peut évidemment conquérir sans coup férir l'autre, ce qui est pire. Enfin, si aucun n'a d'armée, la paix règne et les pays n'ont pas de dépenses militaires. La situation de coopération permettant à chacun de ne pas avoir d'armée est évidemment préférable à la situation où les deux pays entretiennent une armée, mais elle est instable : chacun des deux pays a une forte incitation à se doter unilatéralement d'une armée pour envahir l'autre<sup>1</sup>.

### c. Contexte informatique du projet :

#### I. Présentation du projet en langage naturel

##### a. Les stratégies

#### **Stratégie gentille:**

Je coopère souvent quelque soit le comportement de mon adversaire.

#### **Stratégie méchante:**

Je trahis toujours quelque soit le comportement de mon adversaire.

#### **Stratégie donnant donnant:**

Coopérer au premier coup puis copier la décision précédente de mon adversaire.

#### **Stratégie méfiante:**

Trahir au premier coup puis copier l'histoire précédente de mon adversaire.

#### **Stratégie rancunière:**

Je coopère au premier coup et tant que mon adversaire ne m'a pas trahit je continue ainsi ; à la première trahison je trahis toujours indépendamment des décisions suivantes de mon adversaire.

#### **Stratégie Pavlov:**

Je coopère au premier coup puis je coopère uniquement si mon adversaire et moi avons joué la même carte au coup précédent, sinon je trahis.

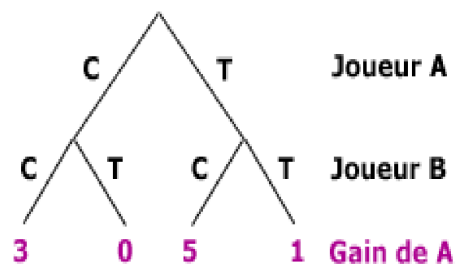
#### **Strategie mixte:**

Dilemme du prisonnier



Au premier coup je coopère après on définit la moyenne qui est la somme des décisions déjà prises par mon adversaire sur le nombre de coup joué , si la moyenne est inférieure à un demi je trahis sinon on fait appel à la fonction random et au facteur de confiance qui doit être donnée au début si notre nombre aléatoire est inférieur au facteur de confiance je trahis sinon je coopère le facteur de confiance s'incrémentera tant que l'histoire précédente de mon adversaire est une trahison.

b. Environnement des jeux :



Pour calculer le score de chacun des deux joueurs durant une partie , on a procédé comme suit :

```

int score1=0, score2=0

si (tour-1<n) n=tour-1;

pour ( i=tour-n; i<=tour-1; i++)

    si (MH[tour]==Cooperer et AH[tour]==Cooperer)

        faire score1 +=R; score2 +=R; }

    sinonsi (MH[tour]==Cooperer &&
AH[tour]==Trahir)

        faire score1 +=S; score2 +=T

    sinonsi (MH[tour]==Cooperer et
AH[tour]==Cooperer)

        faire score1 +=T; score2 +=S; }

    sinon si (MH[tour]==Trahir &&
AH[tour]==Cooperer)
  
```

```
faire score1 +=P; score2 +=P; }

si (tab==joueur1) retourner score1;

sinon retourner score2;

}
```

## II. Présentation du projet en langage C

### a. Les prototypes utilisés

void menu();

tournoi();

### b. Les structures utilisées

- Struct carte :

```
typedef struct carte carte;

struct carte
{
char cooperer;
char trahir;
}
```

## III. **Analyses des résultats :**

### a. Comparaison des différentes stratégies

On peut utiliser la simulation suivante pour comparer différents stratégies et en tirer celle qui donne des meilleurs résultats soit le graphe suivant.



b. Commentaires

IV. **Conclusion :**

Nous venons de montrer qu'il existe des panels de stratégies infiniment améliorables. En fait ceci traduit l'idée assez naturelle que certains environnements d'agents peuvent être dominés par un agent étranger mais qu'en général il n'est pas toujours possible de construire un comportement optimal pour un environnement donné. Cette démonstration annonce clairement le fait que l'étude de la coopération entre agents n'est pas si simple qu'on a bien voulu le penser. Elle permet également d'affirmer que l'environnement risque de jouer un rôle très important dans les comportements coopératifs.