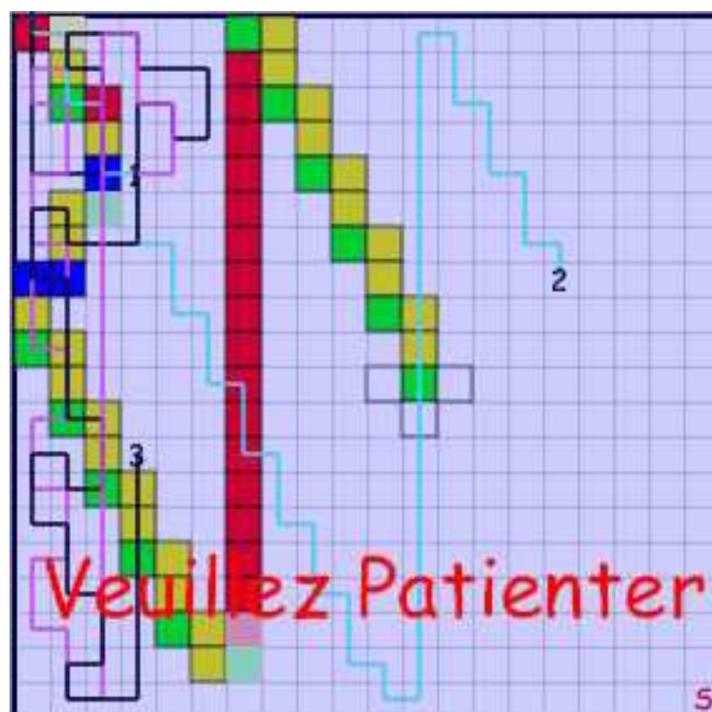


# LaBy : l'apprentissage social

Emmanuel FAURE

Master de Sciences Cognitives



Sous la direction de : Paul Bourgin, CREA – Ecole polytechnique / CNRS

Juin 2005

## **Remerciements**

Je tiens tout particulièrement à remercier mon directeur de stage,  
Mr Paul Bourguine,  
son contact humain, et son enthousiasme infini.

Je tiens aussi à remercier l'ensemble des participants au jeu  
d'avoir consacré un peu de leur temps précieux à mes recherches.

Et enfin cette terre de tourner en rond.

Ce rapport contient 48 pages, 15607 mots, 614 paragraphes, 1770 lignes, sans ceux-ci.

## Résumé

L'apprentissage est au cœur d'un grand nombre de recherches scientifiques,

La capacité à apprendre étant reconnue comme une disposition essentielle dans de très nombreuses fonctions cognitives, il est alors peu étonnant que l'apprentissage devienne un sujet central de l'intelligence artificielle dès l'origine de cette discipline.

Au cours de notre éducation scolaire, nous avons été confrontés à plusieurs classes différentes et que chacune d'entre elles nous a influencé lors de notre apprentissage. Au regard de ces informations qui touchent chacun d'entre nous, nous voulons savoir selon quelles spécificités du groupe et de l'individu, cet apprentissage peut être modifié. Dans quelles situations d'apprentissage particulières s'exercent, de manière plus caractéristique, les différents facteurs d'influence sociale modifiant ses propres capacités.

Pour tenter d'apporter un grain de sable de réponses à cet océan de questions que se posent toutes les personnes touchant de près ou de loin à l'apprentissage, nous allons définir un nouveau protocole expérimental permettant d'étudier l'influence d'un groupe sur un individu lors de l'apprentissage. Nous allons nous référencer sur les travaux antérieurs basés sur l'apprentissage supervisé et par renforcement pour établir nos bases d'acquisitions. Nous établirons un jeu d'interaction social pour étudier l'influence du groupe. Nous comparerons ainsi l'apprentissage individuel et celui au sein d'une équipe.

# Tables des matières

## INTRODUCTION 6

### I CONTRAINTES D'APPRENTISSAGE POUR UN NOUVEAU PROTOCOLE EXPERIMENTAL

7

INTRODUCTION	7
I.1 PRESENTATION ET DEFINITION	7
<i>Espace clos</i>	8
<i>Requêtes</i>	8
I.2 DE L' APPRENTISSAGE PAR SIMULATION A L' APPRENTISSAGE PAR IMITATION	9
I.3 LIMITES EXPERIMENTALES	9
<i>III.3. Premier point</i>	9
<i>III.3. Deuxième point</i>	10
<i>III.3. Troisième point</i>	10
CONCLUSION	10

### II PHENOMENE DE CONFORMITE 11

INTRODUCTION	11
II.1 NOTION DE GROUPE	11
<i>Accord privé/public</i>	11
II.2 FACTEURS D'INFLUENCE	11
II.3 CONSEQUENCES	12
CONCLUSION	12

### III LABY 13

INTRODUCTION	13
III.1 DESCRIPTION	13
III.2 PRINCIPE DU JEU	14
III.3 DESCRIPTION EXPERIMENTALE	15
<i>III.3.a Déroulement</i>	15
<i>III.3.b Technique</i>	15
III.4 LE MODULE DE NAVIGATION	15
III.5 LE MODULE DE DECOUVERTE	16
<i>III.5.a Sens</i>	17
<i>III.5.b Couleur</i>	17
III.6 LES REGLES DU JEU	18
<i>III.7 Le module proposition de la loi de transition</i>	19
III.8 LE SYSTEME DE RETRIBUTION	20
<i>III.8.a Module de Navigation</i>	20
<i>III.8.b Module de Découverte de règles</i>	21
III.9 JEU SOCIAL	21
<i>III.9.a Définition du groupe</i>	21
<i>III.9.b Déroulement du jeu</i>	21
<i>III.9.c Parcours des joueurs</i>	22
<i>III.9.d Score des joueurs</i>	22
<i>III.9.e Connaissance commune des Théories</i>	22
<i>III.9.f Les évènements d'interaction</i>	22
<i>III.9.g Les Agents Fictifs</i>	22
<i>III.9.h Groupe Type</i>	23
CONCLUSION	25

## IV RESULTATS ET ANALYSE 26

IV.1 EXPERIMENTATIONS	26
IV.1.a Condition expérimentales	26
IV.1.b Quelques statistiques sur la communauté participante	27
IV.1.c Avis nécessaire des joueurs	28
IV.2 PRINCIPE DE L'EXPLOITATION DES DONNEES	29
IV.2.a Méthode d'analyse	29
IV.3 PARCOURS	30
IV.3.a Phase Solo	30
IV.3.b Phase sociale	32
Conclusion	34
IV.4 RECHERCHE DE REGLE	34
IV.4.a Phase Solo	35
IV.4.b Phase sociale	39
Conclusion	45
IV.4.c Conclusion	45
CONCLUSION	45

## CONCLUSION 46

# Introduction

L'imitation désigne la correspondance entre le comportement de deux individus lorsque cette correspondance résulte de l'observation, par l'un d'entre eux, du comportement de l'autre. L'être humain possède une très grande propension –innée- à l'imitation. Il s'agit en fait d'un premier mode d'apprentissage très développé chez les nouveau-nés, qui permet d'acquérir un certain nombre d'informations. Il nécessite en outre des codes communs de perception et de production chez l'imitateur et l'imité. L'un des challenges, dans le domaine de l'Intelligence artificielle, est de créer un robot capable d'apprendre par imitation. En psychologie sociale, l'hypothèse selon laquelle la présence des autres, qu'il s'agisse de spectateurs ou de « co-acteurs », favorise l'expression par le sujet de réponses dominantes semble bien fondée.

Les différentes études menées tendent à supposer que les capacités d'apprentissage individuelles sont renforcées par imitation sociale.

Nous voulons savoir sous quelles hypothèses nous pouvons considérer le renforcement de l'apprentissage, et quelles sont les caractéristiques qui spécifient une *bonne* ou une *mauvaise* imitation.

Au regard des contraintes expérimentales rencontrés lors de l'étude menée sur le jeu Nobel Eleusis (Sylvain Charron) nous avons été mené à créer un nouveau protocole LaBy d'étude de l'influence social lors de l'apprentissage.

Ce protocole modélise un processus de découverte scientifique sous la forme d'un jeu de recherche de règle.

Ce protocole a pour motivation dans une première phase, d'évaluer les capacités stratégiques lors de l'apprentissage individuel. Puis, dans une deuxième phase, de placer les individus en groupe pour réévaluer ces capacités au regard d'un phénomène de renforcement.

Le processus d'apprentissage supervisé de concepts a longuement été étudié. Nous verrons comment Dana Angluin a introduit l'interaction au cœur du processus d'apprentissage. Nous définirons ainsi la situation d'apprentissage dans laquelle se situe notre protocole expérimental.

Nous allons étudier l'influence de l'apprentissage social sur deux modules distincts du jeu représentant des capacités cognitives relativement différentes.

Ce protocole a pour exigence d'étudier les différents phénomènes de conformité et leurs facteurs d'influences afin de décrire le processus d'interaction sociale de notre jeu. Nous donnerons une description détaillée et nous établirons les principes du jeu.

Nous voulons étudier les caractéristiques spécifiques du groupe qui peuvent mener au phénomène d'apprentissage par imitation. Nous allons pour cela créer des agents fictifs permettant de modéliser différents comportements types d'un groupe social.

Au cours de cette création du protocole, nous allons définir les contraintes expérimentales qui nous permettront d'avoir accès à un grand nombre de participants, pour nous permettre d'être capable ensuite d'analyser nos résultats sur assez de données.

*Remarque* : le protocole est accessible depuis la page <http://jeudelaby.free.fr>

Il est possible de se connecter en tant que nouvel utilisateur pour effectuer des parties

# I Contraintes d'Apprentissage pour un nouveau protocole expérimental

## Introduction

Dana Angluin a proposé à la fin des années 80 un nouveau modèle pour l'apprentissage supervisé actif d'une classe de concepts à partir d'un nombre fini d'exemples. Dans ce modèle le tuteur et l'apprenti peuvent s'échanger deux types de requêtes

- requêtes d'appartenance : « Est-ce que cet exemple appartient au concept ? » auxquelles le tuteur répond par « oui » ou « non »
- requêtes d'équivalence : « Est-ce que ceci est le concept ? » auxquelles le tuteur répond par « oui » ou par un contre-exemple

Le type d'apprentissage auquel nous nous intéresserons est l'apprentissage supervisé de concepts à partir d'un nombre d'exemples finis. Il met en jeu un apprenti qui cherche à apprendre à partir d'exemples et un tuteur qui donne une information relative aux exemples, au contraire de l'apprentissage non-supervisé où l'apprenti est seul face à ces exemples. L'apprentissage supervisé est dit actif lorsque l'apprenti a le choix des exemples qu'il soumet au tuteur. Cet apprentissage s'avère primordial dans l'évolution de notre existence, notamment au sein de l'apprentissage du langage.

Nous allons présenter dans un premier temps, les différents travaux concernant ce type d'apprentissage. Nous verrons ensuite comment Angluin a introduit l'interaction au cœur du processus d'apprentissage, et face aux limites rencontrées lors de la réalisation du jeu Nobel Eleusis, nous définirons la situation d'apprentissage dans laquelle se situe notre protocole expérimental.

## I.1 Présentation et Définition

Selon Boucheron, la question de l'apprentissage - comment est-il possible et réalisé- se pose dès le 19<sup>ième</sup> siècle et devient une question scientifique au début du 20<sup>ième</sup>, principalement en biologie et en psychologie, bientôt suivies par la linguistique. La capacité à apprendre étant reconnue comme une disposition essentielle dans de très nombreuses fonctions cognitives, il est alors peu étonnant que l'apprentissage devienne un sujet central de l'intelligence artificielle dès l'origine de cette discipline. Et le projet général de l'intelligence artificielle classique reposant sur la possibilité d'une formalisation des fonctions cognitives, la question d'une description formelle des processus d'apprentissage émerge naturellement.

Tout le monde s'accorde généralement sur le fait qu'une telle définition doit faire intervenir : un apprenant, doté d'une certaine capacité de calcul ; un objet à apprendre ; un environnement ou un protocole qui précise de quelle manière l'objet à apprendre est présenté à l'apprenant et un critère de succès qui indique à quel moment l'objet à apprendre pourra être considéré comme appris.

## Espace clos

Le paradigme du nombre d'exemple infini étant peu adapté aux situations pratiques, Gold en 1978 propose le cadre d'apprentissage à partir de données fixées.

**Valiant** décrit l'apprentissage comme le phénomène d'acquisition de connaissances en l'absence de programmation explicite. Il assigne alors aux modèles formels la tâche de jeter quelque lumière sur les limites entre ce qui peut et ce qui ne peut pas être appris ; l'analogie avec ce qu'a apporté la théorie de la calculabilité à la notion intuitive de calcul est explicite. Son modèle de PAC-apprenabilité est bâti sur une vision statistique de l'apprentissage. (PAC pour le critère d'apprentissage « Probablement Approximativement Correct »). Dans ce modèle, l'apprentissage est considéré comme une convergence. Ce qui est appris n'est pas la représentation en extension d'un concept, mais un algorithme de reconnaissance d'un concept.

**Angluin** propose un modèle d'apprentissage par requêtes qui ne se fonde pas lui sur une vision statistique mais sur une vision algorithmique de l'apprentissage. Sa motivation étant de ne plus se focaliser sur ce qui est appris mais sur le processus d'apprentissage lui-même.

**Def** : Le domaine  $E$  est un ensemble fini non vide tel que  $E = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . Un concept  $c$  est un sous-ensemble quelconque de  $E$ .

## Requêtes

Les algorithmes disposent d'un oracle capable de répondre à plusieurs types de requêtes. Les deux requêtes suivantes définissent le cadre d'inférence MAT (de l'anglais Minimally Adequate Teacher) :

### Requête d'appartenance :

Question : Est-ce un élément de l'ensemble ? Soit  $x \in E$  ?

Réponse :  $\begin{cases} \text{"oui"} & \text{si } \exists c \subset E \text{ tel que } x \in c \\ \text{"non"} & \text{si } \forall c \subset E, x \notin c \end{cases}$

### Requêtes d'équivalence :

Question : Est-ce un concept de l'ensemble ? Soit  $c \subset E$  ?

Réponse :  $\begin{cases} \text{"oui"} & \text{si } \exists c' \subset E \text{ tel que } c = c' \\ \text{un contre-exemple de } x & \text{de la différence symétrique de } c \text{ et } c', \text{ si } \forall c' \subset E, c' \neq c \end{cases}$

L'utilisation combinée en un algorithme de ces deux types de requête permet l'identification du concept. Ce type de requêtes, bien que rarement disponible en pratique, permet de préciser quelle quantité d'information est nécessaire à l'inférence.

## I.2 De l'apprentissage par simulation à l'apprentissage par imitation.

Le paradigme des modèles formels d'apprentissage supervisé développés dans les années 90 peut se décrire comme la transmission d'un programme représentant le concept à apprendre entre un tuteur et un apprenti, tous deux modélisés par des machines. La question de l'apprentissage peut alors se transformer en une question de simulation, en effet, si l'apprenti peut simuler le fonctionnement du tuteur, l'apprentissage se limite à la transmission d'un programme du tuteur à l'apprenti.

Les travaux d'Angluin proposent une nouvelle version de l'apprentissage supervisé en introduisant l'interaction au cœur du processus d'apprentissage. Le point de départ de ces travaux est la constatation que l'apprentissage humain s'effectue avec des agents complexes, différents les uns des autres, aux capacités de modélisation limitées et ayant une connaissance imparfaite d'eux-mêmes et des autres. De telles contraintes sur les agents obligent à un changement de paradigme, la simulation devenant inaccessible aux agents dès que ceux-ci sont confrontés à l'ignorance de leur fonctionnement propre. Dana Angluin tourne alors le dos aux formalismes de l'apprentissage se fondant sur la capacité à simuler et propose un formalisme pour la boucle d'apprentissage intégrant un tuteur et un apprenti fondée sur l'interaction entre ces deux agents. Il s'agit dès lors d'un apprentissage par imitation.

## I.3 Limites expérimentales

Il est démontré que quelque soit le système de requête utilisé pour obtenir de l'information, il se ramène aux deux requêtes du modèle proposé par Angluin.

Cependant ce modèle est trop rarement applicable en réalité car il se révèle être assez lourd pour les protocoles expérimentaux. Il nécessite de la part du tuteur un langage développé lui permettant de formuler une réponse de contre-exemple, ce qui nécessite une supervision forte. Ces deux types de requêtes paraissent essentiels pour l'identification du concept mais il est possible de restreindre la requête d'équivalence.

### III.3. Premier point

A la question « est-ce que le concept appartient à l'ensemble ? », la réponse affirmative est claire et évidente mais la réponse négative ne représente qu'un ajout supplémentaire d'une réponse négative à une potentielle requête d'appartenance.

La réponse négative de la requête d'équivalence est en fait composée de deux réponses.

La première étant « non » et la deuxième le contre-exemple. Le « non » donne une première réponse à l'apprenti qui lui permet de restreindre l'ensemble de ses concepts potentiels. Le contre-exemple du tuteur amène un savoir supplémentaire à l'apprenti pour l'orienter dans son apprentissage, lui évitant de poser trop de questions supplémentaires d'appartenance au concept. Mais c'est une aide supplémentaire à l'apprentissage initial qui s'avère être un énorme travail supplémentaire au tuteur. Ce qui n'est peut-être pas nécessaire dans certains cas.

Nous restreignons donc la requête d'équivalence  $c \subset E$  ?

à la réponse  $\begin{cases} \text{"oui"} & \text{si } \exists c' \subset E \text{ tel que } c = c' \\ \text{"non"} & \text{si } \forall c' \subset E, c' \neq c \end{cases}$

Tout en allégeant les contraintes expérimentales, nous avons ainsi un apprentissage supervisé, avec un tuteur qui peut clairement répondre aux questions de l'apprenti.

### III.3. Deuxième point

Dans la définition du modèle d'Angluin, un élément de l'ensemble peut appartenir à plusieurs concepts de l'Ensemble. Dans ce cas, il est nécessaire d'évaluer tous les éléments d'un concept pour être capable de l'identifier, et cela sans pouvoir en tirer des conséquences sur les autres concepts de l'Ensemble. Ceci s'avère être un modèle général qu'il nous est nécessaire de restreindre ici. En effet lors du processus de découverte de règle, les éléments des concepts doivent être disjoints pour favoriser le côté intuitif de la déduction.

Nous redéfinissons donc notre ensemble de concept tel que :

**Def :** Soit  $E$  l'ensemble des concepts disjoints.

*Soit  $c \in E, \forall x \in c, x \notin c'$  pour  $\forall c' \in E$  tel que  $c' \neq c$*

### III.3. Troisième point

Le formalisme d'Angluin permettant un apprentissage par imitation est fondé sur l'interaction entre un tuteur et un apprenti. Il est cependant nécessaire d'élargir la définition restrictive des agents. Le concept de tuteur et d'apprenti n'est valable que dans certains cadres précis où la place des deux agents est fixée à l'avance. Il est fort probable dans certains cadres, que le tuteur devienne apprenti et l'apprenti son tuteur.

Le concept de l'apprentissage par imitation au sens large est valable dans tous les cas où plusieurs agents non identiques interagissent. La condition humaine où la différence individuelle est inhérente, engendre l'apprentissage par un phénomène d'imitation dans les caractéristiques spécifiques de chacun. Nous définissons donc l'ensemble des agents comme possiblement tuteurs et apprentis. Nous élargissons ainsi le formalisme à l'interaction de plusieurs agents qui s'octroient leur propre rôle.

## Conclusion

Nous avons présenté l'apprentissage supervisé de concepts à partir d'un nombre d'exemples finis qui est le type d'apprentissage auquel nous nous intéresserons. Nous avons rapidement aperçu les différents travaux, et les apports du modèle d'Angluin. Nous avons ensuite remis en cause quelques notions qui nous semblaient être trop large pour être applicable à des situations expérimentales réelles. Nous avons réduit pour cela l'espace des concepts et apporté une modification sur l'ensemble des requêtes proposé dans le modèle d'Angluin. Nous avons enfin redéfini les points essentiels qui s'avéreront être crucial pour l'étude de cette apprentissage en situation individuel et sociale dans notre protocole expérimental.

# II Phénomène de conformité

« La psychologie sociale est la science du conflit entre l'individu et la société »  
Serge Moscovici Psychologie Sociale (Edition Fondamentale)

## Introduction

Notre définition de la conformité répond à l'idée qu'une personne *modifie* sa position dans la direction de la position d'un groupe. Ce critère de mouvement est important car il nous permet d'arriver à de fortes conclusions en ce qui concerne l'influence d'un groupe, notamment lors d'un désaccord initial avec le groupe. Par contraste, si nous savons qu'un individu est présentement en accord avec un groupe, nous n'aurons pas la conviction que son accord résulte de l'influence du groupe. Une des raisons principales de définir la conformité en fonction du mouvement est que nous différencions l'influence du groupe de *l'uniformité de comportement*, laquelle implique un accord indépendant en l'absence de pression perçue du groupe.

## II.1 Notion de groupe

Les recherches systématiques sur la conformité ont commencé vers le début des années 50 avec les études classiques de Solomon Ash.

Ash (1951, 1955, 1956) s'intéressera aux facteurs qui amènent les individus à céder à la pression d'un groupe, lorsque le groupe formule de toute évidence un jugement incorrect.

Bien que la technique d'Ash pour l'étude de la conformité ait été largement utilisée depuis les années 50, elle présente un grave inconvénient : la nécessité de faire appel à des compères.

Pour éliminer les problèmes associés à l'emploi des compères, Richard Crutchfield (1955) a conçu un appareil de signalisation électrique pour les recherches sur la conformité, où il fait croire aux réponses du groupe, par l'intermédiaire de cabine isolée, alors qu'elles ne sont simulées par l'expérimentateur qu'à l'aide d'un tableau de contrôle.

L'inconvénient de la technique de Crutchfield est que les sujets sont physiquement isolés les uns des autres et ne croient pas que leurs réponses soient faciles à identifier pour les autres membres du groupe.

## Accord privé/public

Un problème important, quand on définit la conformité, a trait à la distinction entre accord public et privé. Par accord privé (ou soumission) nous entendons le changement manifeste de comportement de l'individu dans la direction de la position du groupe. Par accord privé (ou acceptation) nous entendons le changement d'attitude latent de l'individu dans la direction de la position du groupe. La distinction entre l'accord public et l'accord privé est importante parce qu'elle a des conséquences relatives à la façon dont une personne se comportera, une fois la pression du groupe écartée.

## II.2 Facteurs d'influence

Trois facteurs déterminent l'influence d'un groupe :

- Les caractéristiques de l'individu qui est exposé à la pression du groupe,
- Les caractéristiques du groupe qui est la source de la pression,

- La relation entre l'individu et le groupe.

Nous nous concentrerons ici sur la taille du groupe et son homogénéité unanime.

La taille se rapporte tout simplement au nombre de membres du groupe qui exerce une pression sur le sujet.

L'unanimité se rapporte au degré de consensus qui règne chez les membres du groupe relativement au problème en discussion.

Si nous considérons d'abord les recherches sur la taille du groupe, nous apercevons un tableau plutôt confus :

Ash (1951) a trouvé que la conformité augmentait jusqu'à ce que la majorité atteigne trois personnes, point à partir duquel elle demeurerait égale.

D'après Goldberg (1954), il n'y aurait aucune relation significative entre la conformité et la taille du groupe.

Selon Gerard, Wilhelmy et Conolley, (1963) la conformité augmenterait à mesure qu'augmente la taille du groupe.

Ash n'a pas seulement donné l'impulsion initiale aux recherches sur la taille du groupe, il a aussi stimulé l'intérêt pour l'influence de l'unanimité du groupe sur la conformité. Pour tester l'importance de l'unanimité, Ash (1951) a fait dévier un de ses compères de la majorité incorrecte lors d'une tâche d'estimation des lignes, ce compère donnant la réponse correcte (c'est-à-dire qu'il choisit la ligne qui est égale à la ligne étalon). La présence de cet allié social réduit de façon draconienne la conformité, par comparaison avec la condition d'unanimité.

## **II.3 Conséquences**

Nous pouvons reconnaître que la conformité a des conséquences négatives et positives.

Du point de vue de l'individu, la conformité peut souvent être une réaction complexe et souple. Une personne qui désire réagir avec exactitude à un milieu complexe et changeant sera souvent bien avisée de se fier aux jugements de ses pairs, en particulier lorsqu'ils ont plus de connaissances sur le problème en question. De même une personne qui désire être estimée et acceptée trouvera souvent que la conformité est une stratégie utile pour se faire accepter. Dans certains cas, une personne peut désirer s'identifier à un groupe attrayant, même si elle ne s'attend à aucune sanction en cas de déviance. Ici aussi la conformité peut être une réaction appropriée.

Bien sûr, la conformité peut également avoir des conséquences négatives pour l'individu. Dans certaines circonstances l'individu a plus de chances d'être dans le vrai s'il s'en tient à sa propre position que s'il emboîte le pas au groupe. De plus, même si les conformistes sont généralement plus estimés que les déviants, il peut arriver aux conformistes d'être rejetés si l'on juge qu'ils donnent leur accord servilement afin de se faire accepter et les déviants arrivent à se faire respecter pour leur courage à s'écarter du consensus du groupe. Enfin, la conformité peut être inappropriée si l'individu souhaite se différencier des autres afin de se sentir unique.

## **Conclusion**

Nous avons présenté ici un état de l'art de l'approche du phénomène de conformité au fil des recherches menées. Nous avons aperçu quels en étaient les facteurs d'influences qui nous intéressaient dans notre protocole et nous avons enfin vu les conséquences éventuelles de cette conformité que l'on voulait aborder pour notre conception du protocole.

# III LaBy

## Introduction

La motivation de notre protocole expérimental est d'étudier l'influence sociale lors de l'apprentissage. Nous avons pour cela abordé les définitions et les notifications expérimentales nécessaires à nos bases d'apprentissage. Nous avons ensuite analysé le phénomène de conformité et ses facteurs d'influences qui vont nous permettre de décrire le processus d'interaction sociale de notre jeu.

Notre protocole LaBy modélise un processus de découverte scientifique. Nous donnerons une description détaillée et nous établirons les principes du jeu. Nous voulons pouvoir comparer les capacités d'apprentissage individuelles des joueurs dans une première phase de jeu pour être capable d'analyser l'influence sociale éventuelle dans une deuxième phase. Notre protocole va nous permettre d'étudier l'apprentissage sur deux caractéristiques différentes du jeu, d'une part la navigation sur un plateau de jeu, qui sera considéré comme un repère d'influence sociale puisqu'il ne nécessite des capacités cognitives relativement limitées. Et d'autre part le processus de découvertes de règles qui lui est abordable par différentes stratégies cognitives plus élevées.

Notre étude ayant pour motivation de définir les phénomènes d'influence sociale lors de la confrontation avec certains comportements types, nous allons pour cela créer un groupe d'agents fictifs qui viseront à être le plus représentatif possible des différents comportements utilisés lors du jeu.

Nous allons au cours de cette création du jeu, définir les contraintes expérimentales qui nous permettront d'avoir accès à un grand nombre de cobayes, pour nous permettre d'être capable ensuite d'analyser nos résultats sur assez de données.

*Remarque* : Nous n'allons pas présenter ici un descriptif explicite des règles du jeu tels que les joueurs l'ont eu, ni surcharger le rapport de graphique représentant l'interface en elle-même mais nous conseillons de se référer à l'annexe X « LaBy le site » où elles sont détaillées.

## III.1 Description

LaBy est un jeu de découverte de règles respectant une loi de transition.

Les joueurs jouent dans différents environnements qui sont des « mondes de LaBy ». Chaque monde est régi par une loi de transition qui restreint la façon dont une case peut succéder à une autre. Chaque joueur cherche à découvrir les lois de transition des différents environnements. Un joueur qui pense avoir découvert une théorie satisfaisante de la loi peut la publier. Si cette théorie est valide, le superviseur l'accorde, sinon elle est simplement refusée.

Le jeu est composé de deux modules :

- un module correspondant à un plateau de jeu où le joueur navigue d'un point initial jusqu'à un point final.
- un module d'apprentissage qui est un jeu inductif de découverte des lois cachées régissant un environnement.

## III.2 Principe du jeu

Chaque individu désirant participer au jeu LaBy s'inscrit comme un nouvel utilisateur, et après avoir lu attentivement les règles peut commencer à jouer.

Le score de chaque individu sera totalisé par une somme de toutes les parties qu'il aura effectuées au cours du jeu. On promet une récompense aux trois premiers gagnants du jeu, c'est à dire les trois personnes qui auront le score le plus élevé au final. Ceci permet de faire croire aux différents joueurs que seule la recherche de stratégie optimale nous intéresse, alors qu'en fait, quelque soit leur stratégie utilisée, nous cherchons simplement à savoir si celle-ci sera influencée en présence d'un groupe.

Le jeu se déroule en deux phases :

- une première phase dite individuelle,
- une deuxième phase dite sociale.

La **première phase** du jeu consiste à évaluer les capacités de chaque individu. Ses capacités sont à différencier en plusieurs critères.

Une première partie « libre » à jouer est donnée. Dans cette partie, on annonce la possibilité de jouer à son gré pour comprendre le fonctionnement du jeu sans que le score soit pris en compte pour le résultat final.

Nous verrons dans la partie résultat l'analyse détaillée de cette partie, elle permet déjà d'avoir une première approche sur les différentes utilisations possibles des stratégies de chacun.

Il est demandé ensuite de jouer 5 parties en solo où à chaque fois la loi de transition et son niveau de difficulté augmente légèrement. La stratégie de recherche de règle pure d'une part et la stratégie de navigation d'autre part sont alors observées. On s'accorde aussi à croire que selon la capacité d'apprentissage, une évolution de stratégie peut avoir lieu au fur et à mesure des cinq parties et, la dernière partie achevée, aboutir à l'acquisition d'une stratégie personnelle.

La **deuxième** étape du jeu consiste à observer les possibles changements de comportement lors d'un jeu en groupe.

- On demande de jouer 5 parties supplémentaires, en groupe. Les joueurs visualisent pour cela le parcours des autres participants sur le plateau ainsi que leurs différents scores de façon détaillée pour pouvoir en apprécier les éventuelles stratégies personnelles.
- On rajoute à ces parties un phénomène supplémentaire d'interaction sociale. Chaque règle découverte par un des joueurs devient alors connaissance commune et ne peut plus être découverte par les autres, donc ne peut plus rapporter de points éventuels, mais par contre elle est visible par tout le monde, ce qui fait que chaque joueur a la permission de l'utiliser.
- Le joueur se retrouve à jouer ces parties avec un groupe de trois autres joueurs, conformément aux découvertes de Solomon Ash. Mais, grâce à l'apport de Richard Crutchfield, les trois autres joueurs sont des agents fictifs, ce qui permet de modéliser un groupe type et donc d'apercevoir les changements potentiels du joueur cobaye en fonction de certains comportements types.

## III.3 Description expérimentale

### III.3.a Déroulement

Compte tenu du temps qui nous été alloué pour notre phase expérimentale, nous avons choisi que le protocole LaBy se déroule sur la toile d'internet. Cela nous a permis d'avoir suffisamment de cobayes pour pouvoir généraliser nos données. Effectivement un avantage considérable de ce progrès technologique est que les gens peuvent jouer de chez eux au moment où ils le désirent. L'ensemble des parties prenant un certain temps il nous aurait fallu réunir à plusieurs reprises une quantité considérable de participants, et cela aurait entraîné des difficultés techniques supplémentaires pour avoir accès à une grande salle muni de plusieurs ordinateurs. Un autre avantage de cette méthode expérimentale est que les participants, pendant la phase individuelle ne pouvaient pas communiquer entre eux et donc ne subissaient aucune influence de la part des autres joueurs. L'ensemble des joueurs n'ont donc jamais eu connaissance du nombre de participants et de leurs scores. Ce qui fait qu'avant d'arriver dans la deuxième phase en groupe, ils n'avaient pas vraiment idée de leur niveau face aux autres.

Un inconvénient non négligeable pour ce genre de protocole, est qu'aucune surveillance n'était possible lors du déroulement de leur partie. Nous avons stipulé au maximum que cela était un travail de recherche mais certains joueurs se sont peut-être fait aidée au cours de leur partie, ou bien pouvait prendre le temps de réfléchir en faisant des pauses alors que d'autres jouaient plus rapidement.

### III.3.b Technique

Le jeu a été développé en PHP (Hypertext Preprocessor) qui est un langage de scripts permettant de créer des pages web dynamiques. Nous l'avons couplé avec MySQL qui est un serveur de bases de données de type SQL (Structured Query Language).

L'interface a été entièrement conçue de façon graphique avec SVG (Scalable Vector Graphic) qui concilie les graphismes vectoriels et les données au format XML pour permettre de créer des documents interactifs.

Cela nous a permis d'une part d'enregistrer toutes les données des joueurs et d'autres part de leur fournir une interface épurée et agréable.

## III.4 Le module de navigation

Sur l'interface du jeu les cases sont disposées sur le plateau du LaBy en ligne et en colonne, leur évolution se fait selon le *Sens* donné au coup en cours. Nous définissons un repère dont l'unité est la case et l'origine la première case attribuée en début de partie ce qui permet de se repérer sur l'interface par un couple (*Colonne*, *Ligne*) tel que  $Colonne \in [1,20] \& Ligne \in [1,20]$

On définit les coordonnées de la première case comme  $(1,1)$ .

On définit les coordonnées de la case finale, appelée case de *Sortie* du jeu, comme l'extrémité opposée de la case initiale, elle a donc pour coordonnées  $(20,20)$ .

**Def:** chaque case du plateau de jeu est unique et ne peut pas être utilisée plusieurs fois. Cela amène à ne pas pouvoir passer deux fois par la même case.

*Remarque* : il est donc possible qu'un joueur se bloque et ne puisse plus jouer s'il s'enferme entre des cases déjà parcourues et les limites du bord du plateau. Le jeu s'arrête alors et on totalise le nombre de points de la partie en cours.

### Coordonnée d'une case

Soit le couple  $(a, b)_{n-1} \in (\text{Colonne}, \text{Ligne})$  les coordonnées de la case  $(x_{n-1})$ .

Pour la case  $(x_n)$  validant la loi de transition, selon son prédicat attribué au Sens, elle prend les coordonnées suivantes :

$$\text{haut}(x_{n-1}) = (a - 1, b)_n$$

$$\text{bas}(x_{n-1}) = (a + 1, b)_n$$

$$\text{gauche}(x_{n-1}) = (a, b - 1)_n$$

$$\text{droite}(x_{n-1}) = (a, b + 1)_n$$

### Couleur d'une case

Une couleur est attribuée à chaque case selon le choix du joueur lors de son processus de découverte des règles.

- Une case conforme à la loi de transition est affectée de son prédicat *Couleur* de chrominance **brillante**

- Une case non conforme à la loi de transition est affectée de son prédicat *Couleur* de chrominance **pastel**

### Navigation sur le plateau

Le processus de navigation sur le plateau est conforme au choix du joueur lors de son processus de découverte des règles selon son prédicat *Sens* qui lui est affecté.

## III.5 Le module de découverte

Ce module a pour objectif de découvrir une loi de transition (succession de deux cases) entre les différentes cases du jeu (définies par une intersection entre 4 couleurs et 4 sens).

### Principe du jeu

Un environnement est décrit par l'ensemble de ses éléments qui sont les 16 cases possibles du jeu ( $4 \text{ Sens} * 4 \text{ Couleurs}$ ) et par la loi qui définit les transitions permises dans cet environnement (quelle case doit on choisir après quelle case).

Un joueur cherche à découvrir cette loi dite « loi de transition ».

### Définitions

Notons  $E$  l'ensemble des 16 cases à jouer du jeu LaBy et  $x_n$  tel que  $x \in E, n \in N$  une case joué à la position  $n$ .

**Def : Transition permise** Chaque transition permise est de la forme

$$\text{Concept}_{n-1}(x_{n-1}) \rightarrow \text{Concept}_n(x_n) \forall x \in E, \forall n \in N$$

Où  $\text{Concept}_n$  est la conjonction d'un prédicat portant sur le *Sens* de la case et d'un prédicat portant sur la *Couleur* de la case.

*Remarque* :  $\rightarrow$  est défini au sens de l'implication. Nous aurions pu remplacer cette implication par une conjonction puisque les éléments sont traités à  $n-1$  et à  $n$  mais pour une simplification de la compréhension l'implication paraît plus appropriée.

**Def** : Considérons deux ensembles disjoints de mots  $S$  pour « Sens » et  $C$  pour « Couleur ». Nous notons  $\mathcal{U} = S \cup C$ .

$S = \{Haut, Bas, Gauche, Droite\}$

$C = \{Rouge, Jaune, Vert, Bleu\}$

### III.5.a Sens

**Def** : nous définissons un prédicat portant sur le Sens ( $S$ ) d'une case comme la fonction booléenne :  $\text{Prédicat}_{Sens} : E \otimes S \rightarrow \{0,1\}$

*Notation* :  $\forall Sens \in S$  nous notons pour la suite du mémoire  $Sens(x)$  le  $\text{Prédicat}_{Sens} : (x, sens)$

Nous définissons ensuite chacun des prédicats portant sur le Sens d'une case.

$Haut(x), Bas(x), Gauche(x), Droite(x)$

$Horizontale(x) = Gauche(x) \vee Droite(x)$

$Verticale(x) = Haut(x) \vee Bas(x)$

$TousSens(x) = Horizontale(x) \vee Verticale(x)$

### III.5.b Couleur

**Def** : nous définissons un prédicat portant sur le Couleur ( $C$ ) d'une case comme la fonction booléenne :  $\text{Prédicat}_{Couleur} : E \otimes C \rightarrow \{0,1\}$

*Notation* :  $\forall Couleur \in C$  nous notons pour la suite du mémoire  $Couleur(x)$  le  $\text{Prédicat}_{couleur} : (x, couleur)$

Nous définissons ensuite chacun des prédicats portant sur la Couleur d'une case.

$Rouge(x), Jaune(x), Bleu(x), Vert(x)$

$Chaude(x) = Rouge(x) \vee Jaune(x)$

$Froide(x) = Bleu(x) \vee Vert(x)$

$ToutesCouleur(x) = HChaude(x) \vee Froide(x)$

*Remarque* : l'avantage d'utiliser cette formalisation pour le jeu est son côté très simple de l'utilisation d'une matrice de 4 par 4 avec des couleurs élémentaires et une trivialité de visualisation des directions.

**Théorème** : Chaque transition est connexe à la matrice.

*Remarque* : Nous avons choisi de diviser la partition en éléments connexes pour favoriser le côté intuitif de déduction lors de la découverte des règles, puisque lors qu'un joueur à découvert une règle, l'espace et les possibilités des règles suivantes se réduit

considérablement compte tenu des contraintes citées précédemment. Si les éléments étaient arrangés dans un ordre plus aléatoire, cela serait à avoir plusieurs éléments de départ dans les mêmes à l'arrivée, l'esprit de déduction nécessaire en aurait été amoindri puisqu'il aurait fallu faire plus de tests systématiques pour y arriver.

*Exemple* : une transition permise exprimée en langage naturel puis en langage logique :

-langage naturel : « Un case Gauche et Bleu est suivie d'une case Horizontale et Rouge »

-langage logique :  $Gauche(x_{n-1}) \wedge Bleu(x_{n-A}) \rightarrow Horizontale(x) \wedge Rouge(x)$

*Remarque* : la navigation sur le plateau du LaBy rajoute certaines contraintes et ne permet pas forcément tous les mouvements offerts par les lois de transition, par exemple  $Gauche(x_{n-1}) \wedge Couleur(x_{n-1}) \rightarrow Droite(x) \wedge Couleur(x) Gauche$  n'est pas possible sur le plateau puisque l'on ne peut pas passer deux fois sur la même case du plateau.

**Def** : une transition permise est une relation orientée et la place des deux cases n'est pas interchangeable. Ainsi l'évaluation de la transition pour « *Haut et Rouge suivi de Bas et Bleu* » n'est pas la même que pour « *Bas et Bleu suivi de Haut et Rouge* ». Pour justifier cette forme de relation nous pouvons considérer que le jeu modélise la découverte scientifique où l'on considère que l'on observe les effets de causes maîtrisées, et que les effets suivent toujours les causes.

**Def : Loi de transition R.** Une loi de transition peut s'écrire sous une disjonction de transition permise, c'est-à-dire comme une disjonction de conjonctions.

Vous trouverez en Annexe Z la construction d'une loi de transition

## III.6 Les Règles du jeu

**Def 1** : la partie est fonction de la loi de transition attribuée à celle-ci.

**Def 2** : Dans un environnement donné, pour trouver la loi de transition, le joueur dispose de deux actions possibles :

- *Choix 1* : Tester une case vide.
- *Choix 2* : Forcer une case invalide.

Le jeu fournit un retour à ces actions : la transition formée par la case proposée et la case précédente est évaluée au regard de la loi de transition.

-*Réponse au Choix 1* : Pour une case vide, si elle est conforme à la loi de transition alors elle est validée et on passe au coup suivant ( $x_{n+1}$ ), sinon elle est invalidée et on reste au même coup ( $x_n$ )

-*Réponse au Choix 2* : Force la case invalide pour passer au coup suivant ( $x_{n+1}$ )

L'implémentation des réponses du système à l'action du joueur sont des visuels simples :

Une case *testé* ( $x_n$ ) comme successeur de la case précédent ( $x_{n-1}$ )

- est conforme à la loi de transition alors elle est automatiquement *validée*

- n'est pas conforme à la loi de transition alors, sur la matrice correspondant à cette case ( $x_n$ ), selon les coordonnées de ses prédicats (*Sens*, *Couleur*) elle s'affiche de chrominance **pastel**
- Une case *validée* ( $x_n$ ) comme successeur de la case précédent ( $x_{n-1}$ ) est automatiquement disposée sur le plateau selon ses prédicats.
  - *Sens* : selon ses coordonnées calculées sur son prédicat *Sens*.
  - *Couleur* : affecté de son prédicat *Couleur* de chrominance **brillante**
- Une case *invalidée* ( $x_n$ ) comme successeur de la case précédente ( $x_{n-1}$ ) est automatiquement disposé sur le plateau selon ses prédicats
  - *Sens* : selon ses coordonnées calculées sur son prédicat *Sens*.
  - *Couleur* : affecté de son prédicat *Couleur* de chrominance **pastel**

### Def 3 :

- Une case *testée* non-conforme à la loi ne devient pas successeur, la case ( $x_n$ ) et le coup en cours à jouer reste identique
- Une case *validée* ou *invalidée* ( $x_n$ ) devient automatiquement successeur et donc passe en position de prédécesseur pour le coup suivant.

**Remarque :** Soit ( $x_n$ ) le coup à jouer en cours, nous affichons sur le plateau toutes les cases valides (en brillant) et invalide (en pastel) de 1 à  $n$ .

Nous enregistrons tous les tests effectués par le joueur sur une case ( $x_n$ ) défini par son *Sens* et sa *Couleur*,. Si au cours de son parcours, il tombe sur une case ayant les mêmes caractéristiques, les tests effectués se réaffichent automatiquement.

## III.7 Le module proposition de la loi de transition

Ce module permet au joueur de proposer des théories des lois de transition.

**Def :** instantiation de la requête d'équivalence avec le jeu.

La publication d'une théorie propose le résultat du processus individuel de découverte quant à l'objet découvert, elle correspond à la question d'une requête d'équivalence. Le système implanté dans le jeu LaBy peut donner une réponse positive à la requête dans le cas d'une conformité avec la loi de transition ou une réponse négative dans le cas contraire. A ce protocole de publication, le jeu LaBy associe un système de rétribution qui permet d'établir des scores liés aux évènements réponses.

- +*RV* pour un joueur qui publie une théorie conforme à la loi de transition (Vraie)
- -*RF* pour un joueur qui publie une théorie non-conforme à la loi de transition (Fausse)

Ce système de rétribution est un paramètre de contrôle du système social puisque l'objectif d'un joueur est de maximiser son score à l'horizon du jeu.

### Règle du jeu.

Les lois de transition des environnements peuvent avoir deux états :

- « Théorie découverte »
- « Théorie non découverte ».

Au début du jeu toutes les lois sont dans l'état « théorie non découverte ». Lorsque la théorie d'une loi est proposée par un joueur, est conforme alors elle passe dans l'état « théorie

découverte » et ne peut plus changer de statut, sinon elle reste dans l'état « théorie non découverte »

### **Théorie d'une loi de transition**

Lorsqu'un joueur estime avoir découvert la loi de transition d'un environnement, il peut publier sa théorie. Il existe quatre théories pour chaque loi de transition, il n'y a aucun ordre préférentiel entre ces théories, donc la théorie proposée est conforme à une des quatre théories (qui est encore dans l'état « théorie non-découverte ») elle passe dans l'état « théorie découverte ».

Vous trouverez dans l'annexe Z la notion de niveau de difficulté sur une loi de transition

## **III.8 Le Système de rétribution**

Le choix d'un système de rétribution doit être choisi relativement au protocole expérimental, dans notre cas, pour permettre dans la deuxième partie du jeu, l'analyse d'une interaction sociale.

Les deux modules du jeu LaBy sur lesquels nous voulons observer une influence sont à rétribuer.

Les différentes rétributions correspondent aux actions du système :

- Testé :  $-T$
- Validé :  $+V$
- Invalidé :  $-I$
- Proposition d'une règle Vraie :  $+RV$
- Proposition d'une règle Fausse :  $-RF$

Nous avons voulu, à travers notre protocole, étudier l'influence de l'apprentissage social sur deux modules distincts représentant des capacités cognitives différentes.

Nous avons décidé ici d'utiliser un algorithme génétique pour établir l'importance de quelques uns des principaux paramètres de notre protocole expérimental. Il a contribué à établir les différentes rétributions des actions. (Voir Annexe Y « Algorithme génétique »)

De plus, après avoir étudié certains joueurs sur plusieurs catégories de rétributions possibles, il en ressort que le système de score ne doit pas être équitable entre les deux modules. Effectivement, les joueurs n'arrivant pas à découvrir les règles ne doivent pas être trop pénalisés et doivent pouvoir continuer à participer au jeu à travers le module de navigation.

Nous ne cherchons pas forcément un comportement rationnel de compromis entre les deux modules puisque nous voulons observer l'influence sociale sur les différents modules du jeu et non la maximisation réels des scores.

*Remarque :* Les deux comportements à étudier ne sont pas non plus complètement dissociables puisque la navigation sur le plateau est très difficile sans la découverte des règles.

### **III.8.a Module de Navigation**

Pour favoriser la navigation sur le plateau de cases valides et entraver la non-connaissance des règles, nous avons choisi  $V=I$ .

Pour favoriser la recherche de règles, nous avons minimisé au maximum T.

Ce qui nous donne  $T=1, V=4, I=4$ .

### III.8.b Module de Découverte de règles

Pour favoriser la proposition des règles, nous avons choisi qu'une règle découverte coûterait deux fois plus qu'une règle fautive.  $V=2*F$ .

Pour inciter à la découverte des règles nous avons multiplié par cinq l'action du parcours.  $RV=5*V$ .

Ce qui nous donne  $RV=20$ ,  $RF=10$ .

*Remarque* : nous avons choisi d'étudier dans cette version du jeu ces deux modules d'interactions, mais il est possible dans une deuxième version de changer le système de rétribution pour axer l'étude seulement sur un des deux modules, par exemple celui de découverte des règles qui paraît être le plus intéressant cognitivement.

**Sortie** : Le joueur arrivant à la case de *Sortie* du plateau gagne 30 points supplémentaire. Cela a pour but de créer un point attractif au parcours.

## III.9 Jeu Social

Une fois que les joueurs ont joué les 5 premières parties en solo, nous leurs demandons de refaire 5 parties en groupe. Ces parties correspondent à un protocole d'interaction entre les joueurs. Ce protocole d'interaction se situe à plusieurs niveaux :

- visualisation du parcours des joueurs
- visualisation du score détaillé des joueurs
- visualisation et interaction des théories proposées qui deviennent connaissance commune.

### III.9.a Définition du groupe

Dans ce qui suit nous allons parler «des joueurs» et «du groupe» comme un ensemble de personnes réelles qui joueraient ensemble puisque pour étudier l'influence sociale d'un groupe, il faut que ce groupe soit réel, composé d'humains, car l'influence d'un objet ou d'un robot considéré comme «agent intelligent» ne serait bien-sûr par la même. Cependant pour des facilités expérimentales, nous allons ici modéliser un groupe qui ne sera que fictif mais qui tentera de ressembler au maximum à des personnes réelles. (Voir paragraphe «Agents Fictifs» pour plus de détails). De plus cela nous permet d'exercer une influence type sur les joueurs étudiés. (Voir paragraphe «Groupe Type»)

### III.9.b Déroulement du jeu

Chaque joueur joue en parallèle aux autres joueurs. Cela correspond à un même niveau temporel pour le coup en cours. Un joueur ne peut pas passer au coup suivant tant que tous les joueurs n'ont pas fini leur coup en cours. Une fois que tous les joueurs ont joué leur coup, ils passent ensemble au coup suivant. Cela permet d'une part d'éviter un délai trop long d'attente si les joueurs jouaient les uns après les autres, et d'autre part cela permet différentes stratégies possibles, qui sont soit de se précipiter de jouer pour publier une théorie, soit d'attendre que les autres joueurs jouent pour analyser leur résultats et en tenir compte pour sa propre stratégie.

**Def** : Un coup correspond à

- Un avancement d'une case (par la validé ou invalidée)
  - Une proposition d'une théorie (Vraie ou Fausse)
- Un coup ne correspond pas à
- Un test

Cela se traduit par : tant que le joueur effectue des tests qui ne sont pas validés alors il continue à jouer son coup, sinon il passe au coup suivant, et doit pour cela parfois attendre la fin du coup en cours de chaque joueur.

### III.9.c Parcours des joueurs

Grâce à l'interface plateau du jeu LaBy, les joueurs perçoivent, en plus de leur propre parcours de jeu, le parcours des autres joueurs. Contrairement à leur parcours qui donne exactement toutes les informations du couple (*Sens, Couleur*) de leur stratégie de jeu, le parcours des autres joueurs se limite à la seule information de *Sens*. Cela permet de ne pas complètement dévoiler directement les stratégies de chaque joueur mais donne suffisamment d'informations au niveau du parcours pour qu'une analyse de stratégie puisse être faite. (Voir la fin de l'Annexe X pour des exemples de parties)

### III.9.d Score des joueurs

De la même façon que chaque joueur perçoit son score, ils visualisent à chaque étape (donc même pour chaque test) l'évolution du score de chacun des joueurs. A la différence du sien, ces scores sont directement calculés sans pré visualiser les opérations mathématiques nécessaires pour y arriver. Cette visualisation du score permet d'induire sur la capacité stratégique de chaque joueur, comme par exemple s'il a tendance à faire plus de tests ou à parcourir des cases déjà validées, ou s'il a tendance à proposer des théories.

### III.9.e Connaissance commune des Théories

Comme dans la première partie en solo où un joueur pouvait proposer une théorie qui était validée ou non par LaBy, là aussi chacun des joueurs peut faire de même. La différence amenait par la nécessité d'interaction sociale est que dès qu'une théorie est proposée par un des joueurs, elle devient « théorie découverte » pour le groupe et donc ne peut plus être découverte par les autres joueurs. Bien sûr, seul le joueur qui a découvert cette théorie se verra rémunérer de *RV* points.

### III.9.f Les évènements d'interaction

Les évènements d'interaction sont les publications des théories, les différents scores et le parcours des joueurs. La publication d'une théorie s'accompagne du basculement de l'environnement d'un état à un autre et de la mise à jour visuel de la théorie proposée ainsi que du score du joueur. Une publication d'un joueur dans le groupe est signalée au niveau de l'interface par une alerte qui s'affiche sur les écrans de tous les joueurs et les oblige à cliquer dessus pour pouvoir continuer à jouer. Ce mécanisme permet de s'assurer que les publications deviennent connaissance commune à l'ensemble des joueurs constituant le groupe.

### III.9.g Les Agents Fictifs

Nous avons déjà vu précédemment que pour les parties en groupe, ce groupe était constitué de quatre personnes. Une personne *étant* le cobaye étudié, les trois autres étant des agents fictifs. Cette première personne ne sait bien-sûr rien de la *fictivité* des autres agents et s'attend à jouer avec d'autres joueurs comme elle-même.

La justification d'un tel système a pour but de réduire les contraintes expérimentales. Nous nous inspirons des études d'Ash sur la composition d'un groupe de trois personnes étant suffisant pour l'étude de la conformité. Pour éliminer les problèmes associés à l'emploi des compères nous utilisons de façon plus *moderne* l'idée expérimentale de Richard Crutchfield de simuler le groupe. La limite de la technique de Crutchfield est que les sujets sont physiquement isolés les uns des autres et ne croient pas que leurs réponses soient faciles à identifier pour les autres membres du groupe. Nous allons pour cela essayer au maximum, à travers un grand nombre de supercherries, de rendre nos agents fictifs *plus* humains.

1. Au démarrage un délai d'attente plus ou moins long signale l'attente nécessaire de 1, 2 ou 3 joueurs supplémentaires pour commencer la partie. Ce délai varie en fonction des heures de connexion. Il est par exemple très grand à des heures très tardives...
2. Il a été stipulé par un mail d'information aux différents joueurs que bon nombre de d'entre eux étaient connecté en permanence à leur ordinateur, et qu'ils mettaient le jeu en attente jusqu'à ce qu'un nombre total de 4 joueurs se connectent. Cela dans le but d'expliquer aux joueurs qui connaissent un petit peu le système internet et celui de la difficulté de trouver des cobayes que le délai d'attente peut être raisonnable. Ce délai pourrait être bien sûr augmenté pour que cela paraisse plus réel sans qu'il soit nécessaire d'inventer des supercherries, mais entraînerait une lassitude de la part des joueurs de devoir attendre sans cesse...
3. Les parties des agents fictifs ont été modélisées sur chacune des lois de transitions à laquelle le joueur cobaye est confronté, cela permet de ne pas avoir d'erreur de parcours possible selon la loi de transition à trouver.
4. Certaines parties ont été modélisées par l'algorithme génétique seul (Voir Annexe Y « algorithme génétique »), d'autres par un agent humain et certaines par une combinaison entre les deux.
5. En étudiant les parties de la première phase du jeu, les temps de jeu à chaque coup ont été modélisés au mieux pour être les plus réels possibles. Une moyenne de temps de jeu a été faite sur chaque action possible, ainsi qu'une étude d'écart type permettant de rajouter un facteur aléatoire supplémentaire de temps permettant quelques variances potentiellement plus humaines.
6. Selon le groupe type auquel le joueur est confronté une adaptation de la publication des théories est faite. Tout en restant au maximum conforme à une réalité humaine, cela permet en fonction de la stratégie utilisée par le joueur cobaye, de proposer des théories

### III.9.h Groupe Type

Les trois joueurs fictifs de chaque partie forment un groupe. Pour étudier au mieux l'influence du groupe sur l'individu lors de la découverte des règles, nous avons créé des groupes types qui peuvent exercer une influence sur un ou plusieurs critères spécifique de l'apprentissage. Un groupe type est donc spécifié par un comportement similaire de la part des trois joueurs.

**Def :** Pour cela, les joueurs fictifs ne sont pas influençables, c'est-à-dire que quelque soit le comportement du joueur cobaye, les agents gardent la même stratégie de jeu. Cela représente un biais de représentation d'agent humain, mais d'une part, est nécessaire pour l'étude d'influence d'un comportement type, et d'autre part est difficilement décelable dans notre protocole. Bien sûr cela peut être modifié pour diverses études futures .....

Nous avons divisé les différents comportements des groupes selon deux critères :

- *la stratégie de navigation sur le plateau*
- *la stratégie de recherche de règle.*

Pour évaluer de façon catégorique l'influence du groupe comportant un de ces critères sur l'individu, nous avons divisé chacun de ces critères en deux niveaux

- *stratégie optimale*
- *aucune stratégie*

*Aucune stratégie* signifie que le joueur n'utilise pas de stratégie spécifique lui rapportant des points.

La *stratégie optimale* permet, pour chacun des deux critères, de rapporter le maximum de points au score final.

Elle est définie sur le module de navigation par un remplissage de toutes les cases du plateau de jeu. Nous verrons dans l'analyse des résultats, les différentes variantes de cette stratégie.

Sur le module de recherche des règles, elle consiste à découvrir en un nombre minimal de coup toutes les règles. Ici aussi plusieurs variantes sont possibles, qui retournent de la capacité d'extrapolation des tests effectués. Ces variantes sont aussi détaillées dans la partie analyse.

Au fur et à mesure de l'avancement des parties nous avons changé le comportement type du groupe :

- *1<sup>ère</sup> partie* : aucune stratégie de navigation & aucune stratégie de recherche de règle
- *2<sup>ème</sup> partie* : stratégie optimale de navigation & aucune stratégie de recherche de règle
- *3<sup>ème</sup> partie* : aucune stratégie de navigation & stratégie optimale de recherche de règle
- *4<sup>ème</sup> partie* : Stratégie optimale de navigation & Stratégie optimale de recherche de règle
- *5<sup>ème</sup> partie* le groupe des trois joueurs n'est pas type au sens uniformité mais chacun des trois joueurs à un comportement spécifique :
  - o *Joueur 1* : stratégie optimale de navigation & aucune stratégie de recherche de règle
  - o *Joueur 2* : Aucune stratégie de navigation & stratégie optimale de recherche de règle
  - o *Joueur 3* : Stratégie optimale de navigation & Stratégie optimale de recherche de règle

*Remarque* : En raison des limites expérimentales (temporelles, budgétaires, cobayes etc.), nous n'avons pas étudié de groupe type portant sur un des critères de façon moins catégorique et donc plus détaillé. Il serait bien-sûr nécessaire de reprendre ce protocole expérimental LaBy pour continuer un grand nombre d'expériences de façon plus précises.

## **Pré-Conclusion**

Nous conseillons tout d'abord au lecteur de se rendre sur le site <http://jeudelaby.free.fr> pour avoir un aperçu plus dynamique de ce protocole interactif ! Il peut-être aussi intéressant d'y effectuer quelques parties.

## **Conclusion**

Nous venons de donner une description détaillée de notre protocole expérimental. A travers un formalisme d'apprentissage et la création de phénomènes d'interactions sociales, nous avons construit les deux modules que nous souhaitons étudier. Nous avons stipulé notre démarche expérimentale permettant dans une première phase d'établir l'apprentissage individuel éventuel et dans une deuxième phase de le comparer à un apprentissage social.

Notre étude ayant pour motivation de définir les phénomènes d'influence sociale lors de la confrontation avec certains comportements types, nous avons défini des groupes d'agents fictifs essayant au mieux de modéliser les comportements humains.

Nous avons maintenant les clés en main pour analyser les phénomènes d'influences éventuels.

## IV Résultats et Analyse

L'objectif que nous avons fixé pour ce protocole était de réaliser un système opérationnel qui permette de tester des hypothèses relatives à la cognition sociale. Nous avons mis en place un protocole expérimental à travers lequel nous avons voulu étudier l'influence d'un groupe type sur l'individu lors de la découverte de Règles. Nous allons développer dans un premier temps, les conditions expérimentales qui nous ont permis d'analyser ce processus. Ceci nous permettra de vérifier les limites et les avantages de notre première version du protocole. Nous verrons par la suite les définitions que pose l'apprentissage dans la première phase de jeu (individuelle). Nous verrons qu'il est nécessaire de distinguer la communauté des joueurs en deux catégories distinctes. Et ainsi nous pourrons analyser les caractéristiques d'influence du groupe lors de la deuxième phase du jeu.

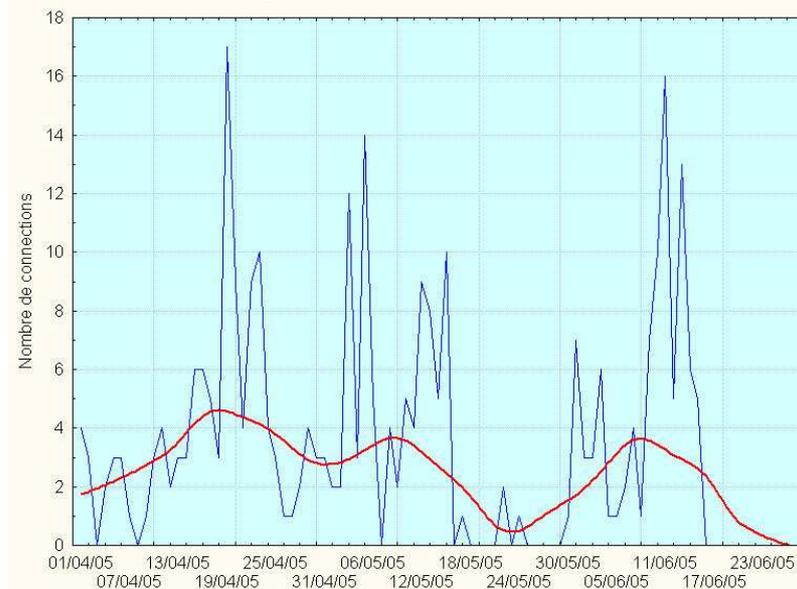
### IV.1 Expérimentations

#### IV.1.a Condition expérimentales

L'application du protocole s'est déroulée sur le web, ce qui nous a permis une étude sur plusieurs mois. Nous avons vu dans la partie descriptive du protocole, les contraintes positives et négatives qu'un tel système à distance peut engendrer. Nous allons maintenant aborder les conséquences de telles contraintes sur le déroulement expérimental.

#### Durée expérimentale

Le jeu a été lancé au début du mois d'avril pour être arrêté vers le 15 juin. Pendant ces deux mois les joueurs participants à l'étude avaient le loisir de se connecter quand ils le désiraient. Un graphique journalier a été établi pour voir l'affluence des connections.

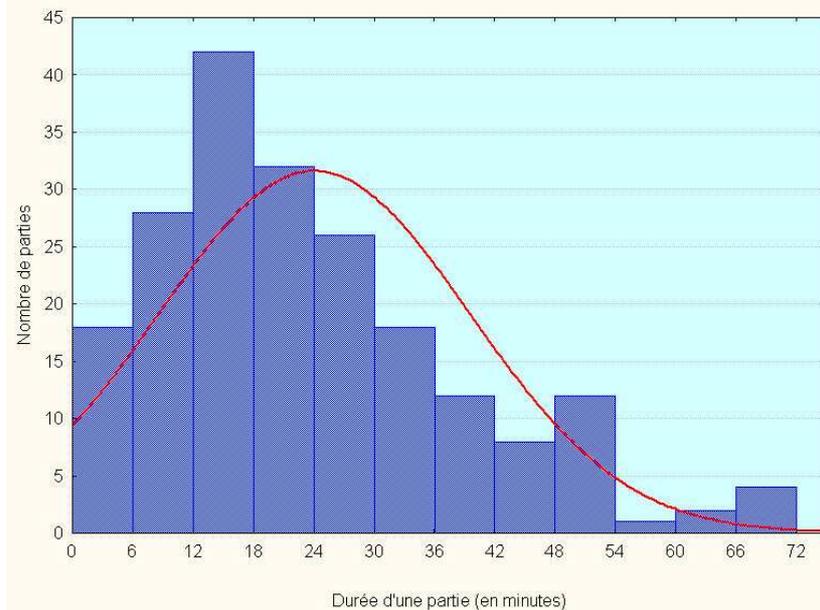


Nous pouvons d'ores et déjà remarquer une période un peu plus creuse durant quelques jours, celle-ci est due au temps d'attente des joueurs ayant déjà terminé leur première phase en solo, pour pouvoir continuer en groupe. Ceci était bien-sûr factice mais était destiné à rendre nos agents fictifs encore plus humains.

La deuxième remarque concernant ce graphique correspond aux pics de connections qui peuvent avoir lieu certains jours. Cela est due au fait que certains joueurs jouaient leur cinq parties en solo en un seul jour.

### Durée d'une partie

Une partie à durée en moyenne 24 minutes, avec des écarts assez variables.



On constate que la majorité des joueurs ont consacré entre 10 et 30 minutes par partie.

Ce graphique a été établi en enlevant les pauses éventuelles.

Nous avons fortement conseillé aux participants de jouer leur partie en une seule fois, et en étant concentrés du début jusqu'à la fin, ce qui n'était pas une obligation...

Compte tenu de la durée moyenne d'une partie, effectuer toutes les parties du protocole prenait en général 3 heures et pour certains plus de 5 heures ...

Un contact permanent avec tous les joueurs a été établi lors de toute la durée de la phase expérimentale. Des questions de tous genres furent posées. Elles peuvent se regrouper en 5 catégories.

1 : les personnes qui ne comprenaient pas vraiment les règles.

2 : celles qui voulaient avoir plus d'information sur l'étude menée.

3 : d'autres cherchaient la stratégie optimale.

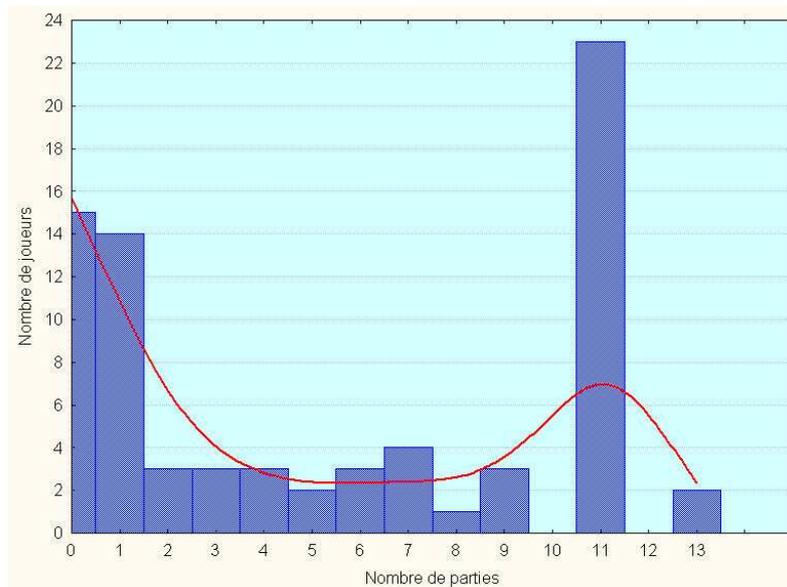
4 : certaines avaient besoin de réconfort stratégique.

5 : et beaucoup de commentaires quand au jeu en lui-même et à l'addiction qu'il leur procurait.

## IV.1.b Quelques statistiques sur la communauté participante

76 personnes se sont inscrites en tant que nouveau participant au jeu LaBy

Le graphique ci-dessous représente le nombre de parties effectuées par les participants.



Cet histogramme représente d'une certaine façon l'investissement personnel de chaque participant au jeu.

Nous avons donc

- 29 personnes qui se sont seulement inscrits ou n'ont joué qu'une seule partie.
- 14 personnes qui n'ont joué que quelques parties en solo
- 8 personnes qui n'ont pas fini toutes leurs parties en groupe
- 25 personnes qui ont joué toutes les parties du jeu.

*Remarque :* Compte tenu de la difficulté apparente du jeu, et du temps nécessaire à y consacrer, certains joueurs ont vite abandonné.

Nous allons donc dans la suite analyser les parties des 25 personnes qui ont suivi le protocole expérimental du début jusqu'à la fin.

#### IV.1.c Avis nécessaire des joueurs

La première constatation du protocole nous provient directement de l'avis des joueurs. Il en sort que globalement le jeu a été très apprécié, différents intérêts ont retenu leur attention. Certains aimant de façon générale les jeux de stratégie ont trouvé celui-ci très stimulant, ils ont joué, pour la plupart, par plaisir de la découverte de règle demandant un certain côté intuitif de réflexion. D'autres ont aimé le jeu pour son interface jolie et conviviale, même s'ils n'étaient pas ...passionnés de ce genre de jeu, ils ont trouvé le compromis de parcours et de découverte assez intéressant pour les mener jusqu'au terme. D'autres encore ont simplement joué leurs parties en étant fiers d'être un cobaye pour la recherche. Peu de joueurs ont visé le prix final qui doit être remis aux trois meilleurs scores : chacun pensait que les autres joueurs étaient meilleurs ou surtout plus patients pour remplir toutes les cases du labyrinthe. Or il s'avère qu'aucun joueur n'a rempli toutes les cases jusqu'au bout.

Ce premier résultat nous montre qu'il faudra porter une attention particulière lors de l'interprétation de la notion de renforcement, puisque la majorité d'entre eux ne se comportent pas comme s'ils ne faisaient qu'évaluer l'espérance de gain liée au système de rétribution. Il faudrait bien sûr dans une seconde version du jeu être capable d'annuler cet effet, notamment en augmentant le prix final si l'on veut tester les hypothèses de départ.

## **IV.2 Principe de l'exploitation des données**

Nous avons enregistré les parties en temps réel de chacun des joueurs. L'exploitation des résultats doit se faire en tenant compte du fait que l'on souhaite observer un processus social. Nous allons dans un premier temps expliciter notre méthode d'analyse pour chacun des modules. Nous étudierons ensuite les parties de la première phase du jeu, nous permettant d'observer ainsi les performances individuelles. Nous effectuerons enfin une analyse détaillée des parties effectuées en groupe pour vérifier nos hypothèses d'apprentissage social.

### **IV.2.a Méthode d'analyse**

#### **Parcours**

Une des techniques du jeu qui s'avère être la plus efficace pour gagner des points est de parcourir tout le plateau. Celle-ci n'est pas tout le temps réalisable puisque certaines contraintes de jeu peuvent entraîner un parcours régulier mais non optimal n'étant pas forcément linéaire et laissant choir quelques cas vides.

Une des contraintes évidentes pour réaliser ce parcours est de précédemment connaître les quatre règles nécessaires à la validation des cases. Une autre contrainte moins stratégique est de notion temporelle et stimulante puisque parcourir toutes les cases ne requière aucun processus cognitif spécialement élevé mais plutôt beaucoup de temps inutile à consacrer à une méthode systématique.

Les 30 points attribués à la sortie du jeu ne sont en fait que dissuasifs de parcourir toutes les cases, puisqu'il a pour but de créer une attirance vers la sortie en oubliant de parcourir le maximum de cases valides.

L'étude du parcours se portera sur une analyse intuitive visuelle de chaque partie pour extraire les comportements types et établira un graphique en fonction des différents paramètres.

#### **Recherche de Règle**

La recherche de règle est l'élément essentiel du protocole expérimental. C'est le point de départ pour être capable de cumuler un maximum de points en parcourant toutes les cases. C'est la profondeur stratégique de chacun des joueurs qui est mise en évaluation. Cette recherche peut paraître évidente pour certains joueurs alors que pour d'autres elle est un problème insolvable. Nous allons étudier, dans les deux phases de jeu l'évolution de cette profondeur stratégique. Nous prendrons pour cela en compte toutes les données que nous avons enregistrées:

- le temps passé à trouver une règle
- le nombre de règles trouvées
- le nombre de règles fausses proposées
- le nombre de tests effectués
- le nombre de cases validées
- le nombre de cases forcées.

## IV.3 Parcours

Nous allons observer les divers comportements possibles que les joueurs utilisent lors de leur parcours du plateau de jeu, dans un premier temps sur la phase individuelle, et dans un deuxième temps dans la phase sociale. Nous observerons dans les deux cas l'apprentissage éventuel. Dans la deuxième phase nous étudierons la conformité au groupe qui peut s'exercer.

### IV.3.a Phase Solo

Après visualisation de l'ensemble des parties, nous pouvons dégager deux catégories différentes :

- les personnes approchant le parcours optimal.
- les autres ayant un parcours plus *libre*.

Chacune de ces deux catégories est divisible en trois comportements différents.

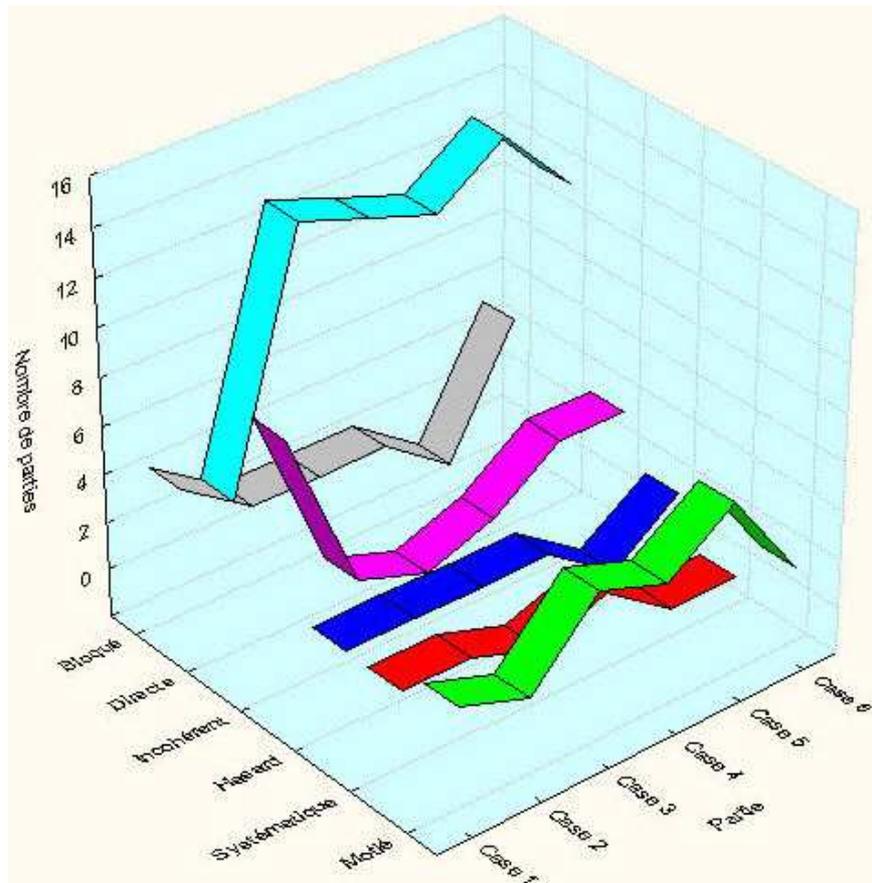
#### I Parcours optimal

- 1 – Moitié : les joueurs remplissent environ à moitié le plateau de jeu.
- 2 – Systématique : les joueurs remplissent tout le plateau de manière systématique en exploitant une ou deux règles.
- 3 – Hasard : les joueurs remplissent tout le plateau de manière hasardeuse en exploitant toutes les règles de manière aléatoire.

#### II Parcours non optimal

- 1 – Directe : les joueurs vont directement à la sortie.
- 2 – Bloqué : les joueurs se bloquent lors de leur parcours.
- 3 – Incohérent : les joueurs effectuent un parcours ne respectant aucune logique et rapportant très peu de points.

On peut voir sur le graphique suivant l'évolution de ces comportements pour l'ensemble des joueurs.



### **Première partie** (Il ne faut pas oublier que celle ci ne compte pas.)

Nous pouvons constater que lors de la première partie, un bon nombre de joueurs ont effectivement expérimenté le jeu dans tous les sens, ce qui donne lieu à un parcours assez incohérent. Ils peuvent avoir procédé sans prêter attention, et en arrivent à s'enfermer.

Certains joueurs remplissent énormément de case, ce qui constitue une perte de temps, le score de cette partie n'étant pas pris en compte pour les totaux finaux. Alors qu'on aurait pu croire que la grande majorité des joueurs allaient avoir un parcours non optimal, il en ressort que plus d'un quart de cette première partie est effectué en parcours proche de l'optimal.

### **Les Autres parties**

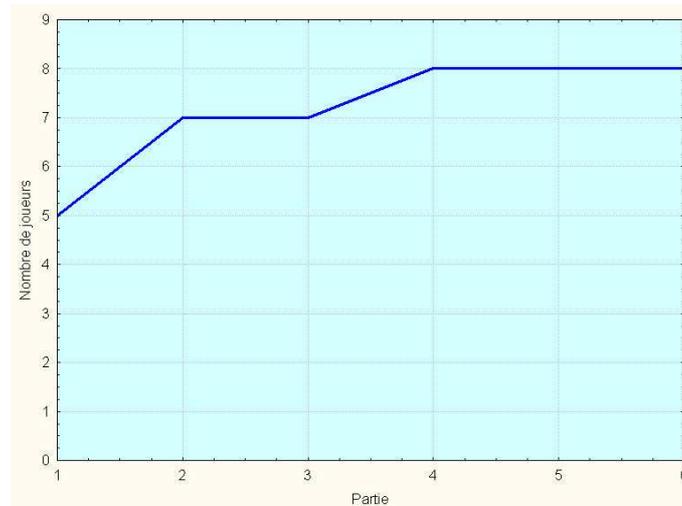
Les parcours optimaux représentent 26% de toutes les parties et les parcours non optimaux en représentent donc 74%. Il est donc tout d'abord surprenant de constater que près des trois quart des joueurs n'auraient pas *compris* la stratégie optimale pour récupérer des points sur le parcours.

On remarque cependant pour la deuxième partie, que la majorité des joueurs va directement à la sortie sans chercher à parcourir des cases. Mais peu à peu certaines personnes semblent découvrir une stratégie productive puisque de plus en plus de personnes se mettent à remplir au moins la moitié du plateau.

Cette représentation nous donne une première approche de la situation des joueurs globalement face au problème du parcours mais, elle peut être trompeuse car on ne voit pas l'évolution et donc l'apprentissage de chaque individu au cours de leurs différentes parties.

Nous allons voir plus en détail, grâce au graphique suivant, le total des personnes utilisant la stratégie optimale. Attendu qu'il existe un biais temporel, nous considérons que toute

personne qui a utilisé la stratégie optimale au cours d'une partie précédente est capable de l'utiliser à la partie en cours et donc nous l'incluons dans ce total.



A la deuxième partie, 7 joueurs sur 25 utilisent le parcours optimal. Un seul joueur sur les 18 personnes restantes acquiert cette stratégie de cette première phase.

Nous pouvons en conclure que l'apprentissage individuel est quasiment nul pour le parcours du plateau de jeu, puisqu'il est d'une personne sur 18.

**Remarque :** il est possible de critiquer cette étude puisqu'il existe un biais temporel élevé, mais nous ne cherchons pas à dévoiler le comportement idéal mais simplement à découvrir s'il existe une influence sociale.

**Remarque :** il existe un autre biais que nous appelons de nécessité de découverte de règle, il implique qu'un joueur n'arrivant pas à découvrir les règles au cours d'une partie ne peut pas parcourir tout le plateau. Par déduction, sur les 18 personnes n'ayant pas la stratégie optimale, 3 n'ont découvert qu'une règle ou le cas échéant aucune, il en reste donc 15.

### IV.3.b Phase sociale

Nous avons donc maintenant établi les bases nécessaires au parcours du jeu qui nous permettent d'aborder le problème de l'apprentissage social.

Un grand nombre de personnes de la communauté participante ne parcourait pas tout le labyrinthe et nous nous demandons si l'influence du parcours des autres joueurs peut avoir existé dans ce cas précis.

Nous avons vu que le groupe type se comportait selon les parties soit de façon optimale soit de façon non optimale. Les deux différentes stratégies de parcours utilisés par les agents fictifs sont représentées de la même façon qu'elles ont été recensées chez les joueurs réels lors de l'étude de la première phase de jeu.

Pour un parcours non-optimal on a donc une équipe constitué par :

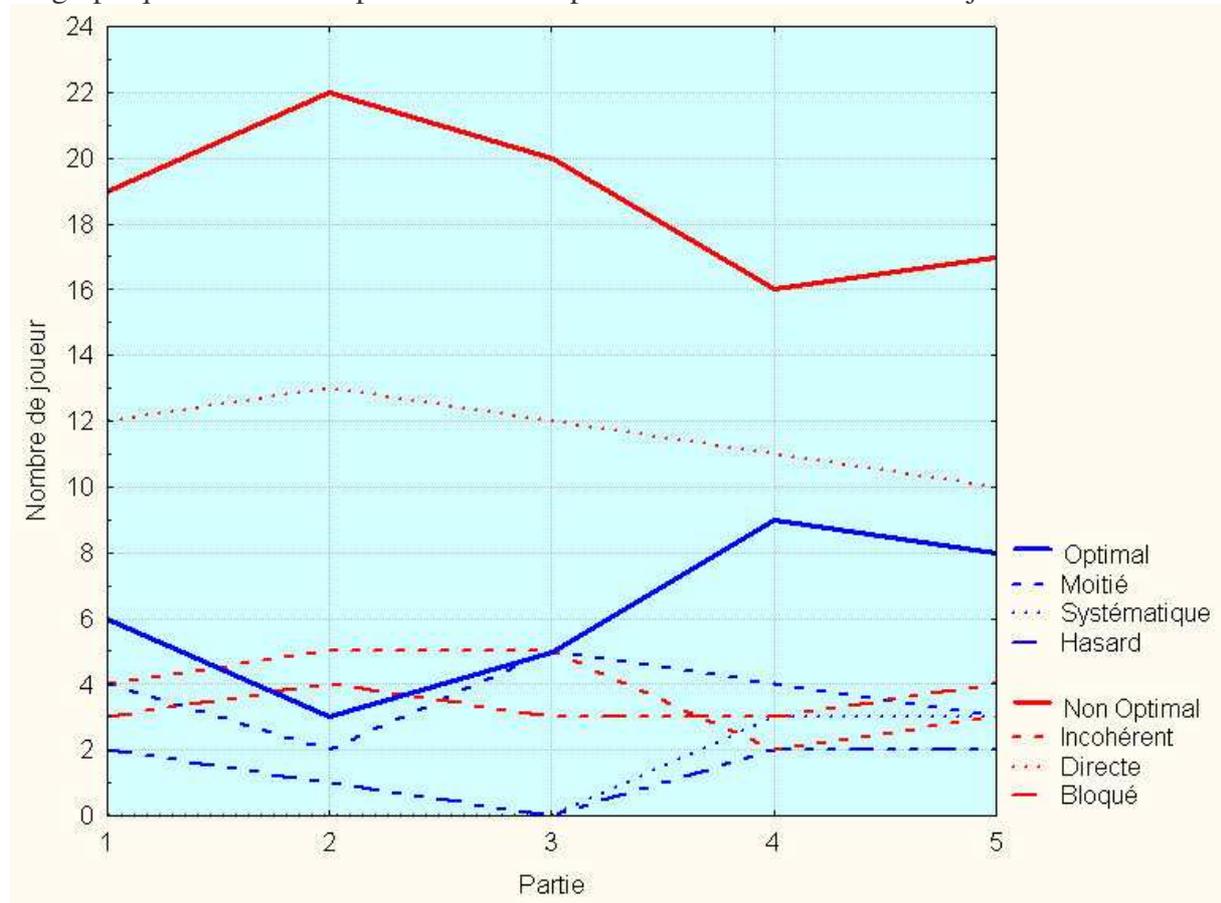
- Le premier joueur se bloque vers la fin de la partie.
- Le deuxième joueur a un parcours incohérent.
- Le troisième joueur a un parcours direct.

Pour un parcours optimal, l'équipe est constitué de

- le premier joueur parcourt toutes les cases de façon systématique.
- le deuxième joueur parcourt toutes les cases de façon hasardeuse.
- le troisième joueur parcourt un grand nombre de case avant d'atteindre la sortie.

### Etude du phénomène de conformité

Le graphique ci-dessous représente les comportements de l'ensemble des joueurs.



**1<sup>ère</sup> partie** : le parcours du labyrinthe est non-optimal

Nous pouvons tout d'abord constater que le nombre de joueurs utilisant la stratégie optimale est légèrement supérieur à la dernière partie de la première phase du jeu puisqu'il passe de 4 à 6. L'utilisation de la stratégie de façon non systématique sous entend qu'elle n'a été utilisée que partiellement et surement sous pression sociale.

**2<sup>ème</sup> partie** : le parcours est non-optimal

Le nombre de joueurs utilisant la stratégie optimale diminue assez fortement. Après avoir joué la première partie en groupe, les joueurs possédant la stratégie optimale considéraient que la majorité des autres joueurs ne l'utiliseraient, et donc eux aussi se mettraient à aller plus rapidement à la sortie.

**3<sup>ème</sup> partie** : le parcours est optimal

Le nombre de joueur utilisant la stratégie optimale augmentent à nouveau légèrement. Dans l'étude détaillée, ces joueurs se mettent à remplir les cases à partir de la moitié de la partie. Nous apercevons ici l'influence du groupe.

**4<sup>ème</sup> partie** : le parcours est optimal

Le nombre de joueur utilisant la stratégie optimale augmente assez fortement. Compte tenu de l'influence du groupe et de l'approche de la fin du jeu, les joueurs se mettent à parcourir de manière systématique.

**5<sup>ème</sup> partie** : 2 joueurs ont un parcours optimal et 1 va directement à la sortie.

Pour les mêmes raisons que précédemment, certains joueurs utilisent une stratégie optimale de parcours.

On constate qu'un principe de conformité assez fort s'applique aux joueurs qui possèdent la stratégie optimale puisqu'ils ont tendance à reproduire le comportement des autres joueurs. Il est intéressant d'observer que ce principe ne s'applique pas directement au moment de la partie mais à des effets plutôt plus forts sur la partie suivante.

### **Etude de l'apprentissage**

Il s'agit maintenant d'extraire, outre cette conformité apparente, un phénomène d'apprentissage éventuel.

On constate à la quatrième partie, qu'une personne supplémentaire seulement, qui n'avait jamais utilisé la stratégie optimale auparavant, se met à parcourir toutes les cases de manière hasardeuse. Après observation du comportement du groupe à la troisième partie, il a donc appris cette nouvelle stratégie qu'il réutilise à la dernière partie.

### **Conclusion**

Nous avons vu que durant les deux phases de jeu, on avait à chaque fois une seule personne qui avait pris conscience de la stratégie optimale à appliquer pour gagner le maximum de points. Nous pouvons donc conclure que la phase d'apprentissage social est ici identique à la phase d'apprentissage individuel et qu'elle reste très faible. Nous avons été surpris pendant la phase individuelle qu'aussi peu de personnes n'utilisaient la stratégie optimale, mais nous sommes encore plus surpris de constater que cela n'évolue guère lors de la deuxième phase. Nous pensons que cette étude appliquée au parcours serait un point témoin pour l'apprentissage social mais étant donné que la balance entre l'appât du gain et le temps nécessaire à consacrer n'était pas réellement équilibrée, son poids a été beaucoup trop fort comparé à l'apprentissage éventuel.

## **IV.4 Recherche de règle**

Nous allons maintenant étudier nos participants à travers leur capacité à découvrir les différentes règles. Nous verrons qu'il paraît nécessaire de diviser l'ensemble des joueurs en deux catégories. Nous étudierons pour chacun de deux groupes leur apprentissage possible. Nous allons calculer ensuite la profondeur stratégique d'une partie de l'ensemble des joueurs dans les deux phases de jeu. Nous allons regarder pour chacun des cas si elle est *innée* à l'individu et qu'elle ne change pas au cours des parties ou si au contraire elle *subit* un apprentissage plus ou moins implicite selon les cas.

## IV.4.a Phase Solo

Nous commencerons par étudier les différents individus dans leur première phase de jeu en individuel.

### IV.4.a.i Proposition de Règle

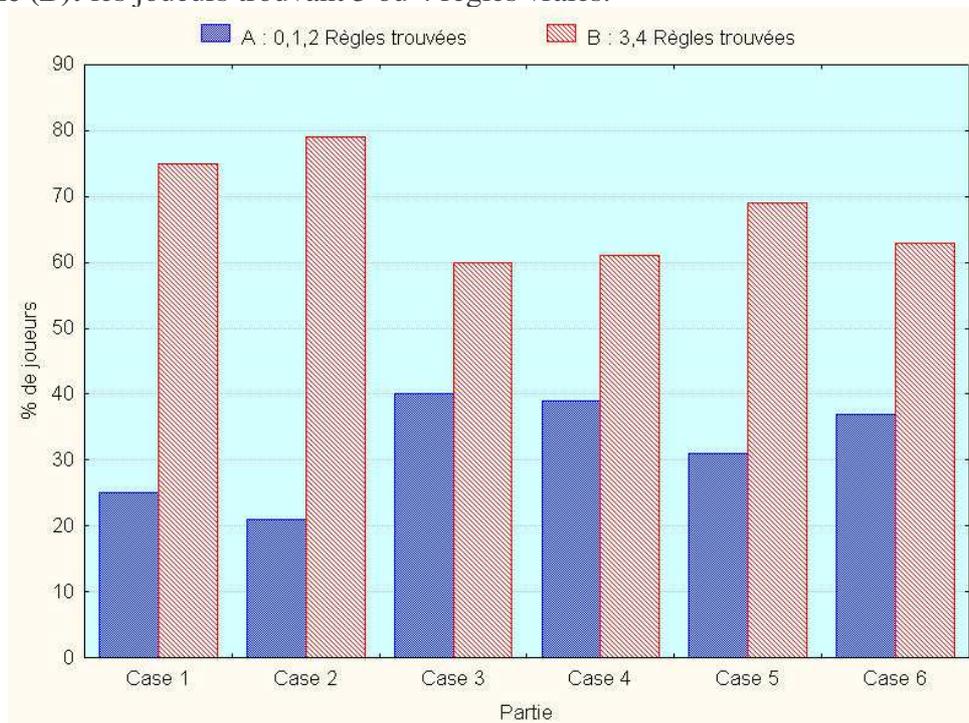
Pour situer l'ensemble des participants, nous allons en premier nous intéresser au nombre de règles trouvées par les joueurs et au rapport entre le nombre de règles vraies et le nombre de règles fausses.

#### Règle vraie

Nous pouvons distinguer l'ensemble des joueurs en deux catégories, « Ceux qui trouvent les règles et ceux qui ne les trouvent pas. »

**Catégorie (A):** les joueurs trouvant 0,1 ou 2 règles vraies.

**Catégorie (B):** les joueurs trouvant 3 ou 4 règles vraies.



A la première et la deuxième partie le pourcentage de joueurs qui trouvent les règles paraît excellent alors qu'il diminue soudainement après. Il faut préciser que pour ces deux premières parties, la découverte des règles est extrêmement simple.

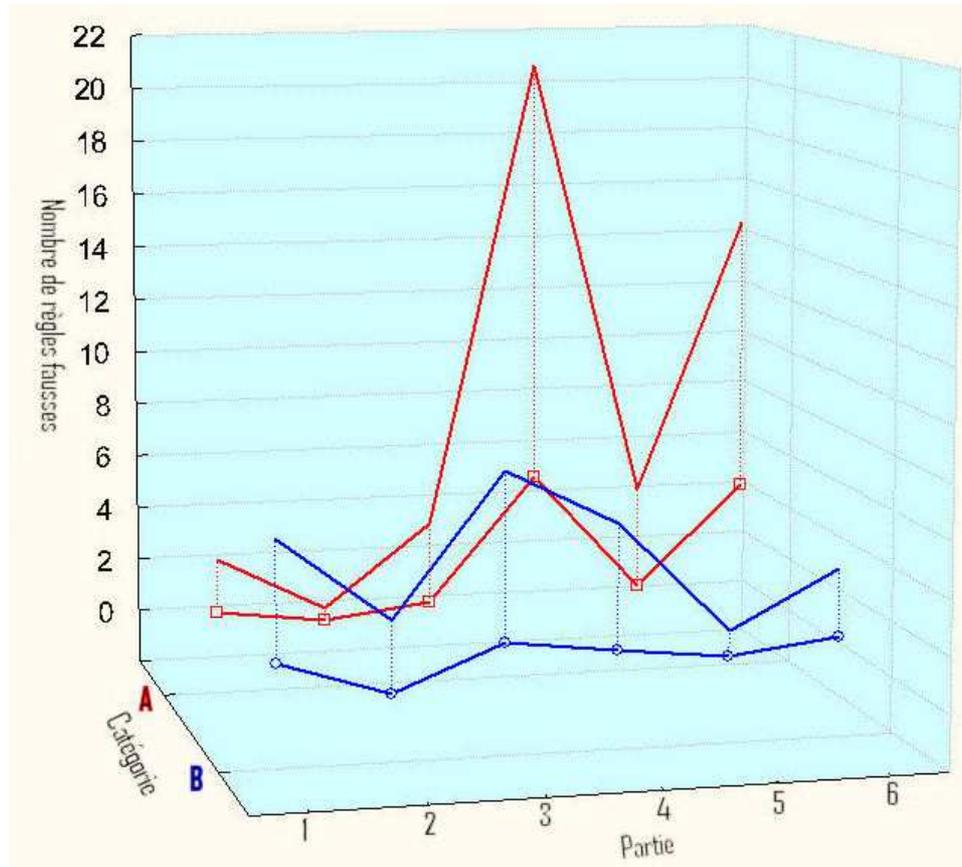
Nous constatons ensuite une légère augmentation du pourcentage, deux joueurs ont effectivement bien amélioré leur performance de découverte.

La catégorie A est constituée de 9 joueurs

La catégorie B est constituée de 16 joueurs.

#### Règle fausse

Nous allons maintenant étudier pour chacune de ces catégories la proposition de règles fausses.



*Explication du graphique* : la ligne du bas représente le nombre moyen de règles fausses proposées par chaque catégorie respective. La ligne supérieure représente le nombre de règles fausses maximum proposées. Nous n'avons pas représenté le nombre minimal car il est toujours égal à zéro dans les deux catégories.

*Etude de la catégorie A* : La courbe est assez peu significative, les joueurs n'ont pas trouvé de stratégie de découverte de règles et parfois propose un nombre considérable de règles fausses avec une grande volonté d'apprentissage. Deux joueurs ont même abandonné la proposition de règle, une forme d'acceptation de soi-même et des ses capacités.

*Etude de la catégorie B* : on constate, à partir la troisième partie, que le nombre de règles fausses diminue considérablement, ce qui signifie que les joueurs s'améliorent et donc apprennent leur propre stratégie de découverte.

**Conclusion** : après avoir divisé l'ensemble des joueurs en deux catégories bien distinctes : ceux qui arrivent à découvrir des règles et ceux qui n'y arrivent pas, nous avons observé plusieurs formes d'apprentissage :

- deux joueurs se sont mis à découvrir les règles
- les joueurs de bon niveau ont proposé de moins en moins de règles fausses.

#### IV.4.a.ii Profondeur stratégique de la Catégorie B

La notion de profondeur stratégique que nous utilisons ici est tout d'abord à détailler.

Elle représente la capacité cognitive des joueurs à extrapoler leurs connaissances d'une règle sur les autres règles. Elle se traduit par la facilité à essayer de trouver plusieurs règles en même temps.

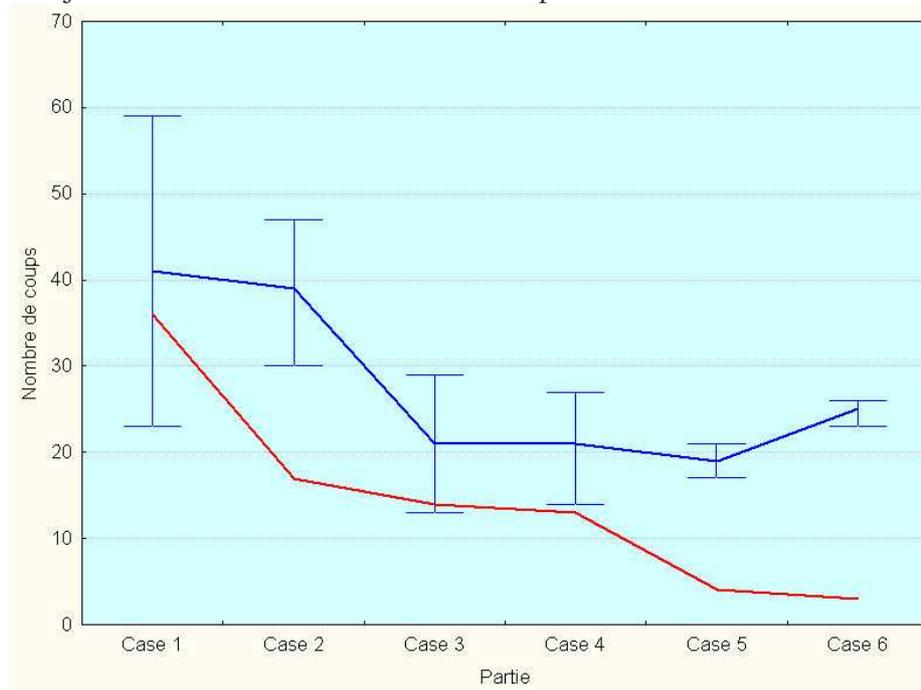
Il est par exemple beaucoup plus facile de travailler sur une seule règle et dès qu'elle est trouvée, de passer à la suivante. Cela engendre par contre plus de cases à invalider et plus de temps à consacrer.

Une autre solution à l'opposé de la précédente est de travailler sur les quatre règles ensemble, ce qui amène, en général, à les découvrir presque toutes en une seule fois. Cela nécessite une capacité d'abstraction et de déduction assez élevée.

La différence entre le nombre moyen de coups effectué par l'ensemble des joueurs pour trouver la dernière règle et celui pour trouver la première règle représente ici la profondeur stratégique de recherche. Cela se traduit par le fait que plus cette différence est grande, plus elle signifie que le joueur a travaillé sur les règles les unes après les autres. Alors qu'au contraire plus cette différence est faible, plus le joueur a tendance à travailler sur les quatre règles en même temps.

Il est impossible d'étudier la profondeur stratégique pour la catégorie A puisqu'ils ne trouvent pas de règles. Nous allons nous concentrer sur la catégorie B.

Le graphique ci-dessous représente une évaluation de la profondeur stratégique pour l'ensemble des joueurs au cours de leurs différentes parties.



Les bâtonnets représentent le nombre moyen de coups de l'ensemble des joueurs pour découvrir les règles. La partie basse du bâtonnet représente le nombre moyen de coups pour découvrir la première règle et la partie haute celui pour découvrir la dernière règle.

La ligne bleue représente l'évolution de l'approximation du nombre de coups pour découvrir l'ensemble des règles.

La ligne rouge représente l'évolution de la longueur des bâtonnets, c'est-à-dire du nombre moyen de coups entre la première et la dernière règle trouvée.

**Première constatation :**

Le nombre moyen de coups pour découvrir l'ensemble des règles diminue fortement à la troisième partie. Cela signifiant qu'au bout seulement de deux parties de jeu, l'ensemble des joueurs aurait acquis une stratégie de recherche de règle qui s'avérerait être efficace. A partir de cette troisième partie, on ne constate aucune évolution de ce nombre de coups, il semblerait que cette stratégie de recherche utilisée par les joueurs ne peut guère s'améliorer pour chacun d'entre eux. Il y a un effet de convergence vers leur stratégie optimale.

**Deuxième constatation :**

Si nous ne tenons pas compte de la première partie où les joueurs ont découvert le jeu sans employer de méthodologie particulière, il en ressort, en étudiant les autres parties, que cette différence diminue régulièrement jusqu'à la cinquième partie. Puis elle chute soudainement pour ensuite rester presque constante. Cela signifiant que l'ensemble des joueurs aurait acquis leur niveau de profondeur de recherche personnelle au bout de quatre parties.

**Troisième constatation :**

On peut aussi remarquer, bien que cela puisse paraître étrange, qu'à partir de la troisième partie le nombre moyen de coups nécessaires à l'ensemble des joueurs pour découvrir la première règle augmente légèrement. Cela aurait tendance à contredire les deux constatations précédentes quant à l'apprentissage pour chacun de leur stratégie optimale. Mais cela peut s'expliquer par deux facteurs :

- Nous avons vu qu'une profondeur de recherche élevée impliquait de travailler sur plusieurs règles en même temps. Cela entraîne que, de façon générale, le nombre de coups moyen pour trouver l'ensemble des règles diminue. Par contre cela implique que les joueurs mettent un peu plus de temps avant de proposer leur première règle.
- Nous rappelons que le niveau des parties augmentant légèrement au fur et à mesure du jeu, cela pourrait aussi contribuer au fait qu'il faille un peu plus de coups avant de proposer la première règle.

**Conclusion**

Nous avons constaté pour l'ensemble des individus représentant la catégorie B que l'apprentissage individuel sur la recherche de règle était relativement fort puisque, par phase assez marquée, l'ensemble des joueurs semblerait acquérir une profondeur stratégique de plus en plus performante.

**IV.4.a.iii Conclusion sur la phase individuelle**

Nous avons donc vu que dans cette première phase de jeu les joueurs que l'on a divisés en deux catégories avaient dans chacun des cas subi un apprentissage personnel. Les meilleurs joueurs peaufinent leur stratégie de recherche en découvrant plus rapidement les quatre règles et en faisant petit à petit moins de propositions de fausses règles. Les joueurs moins performants, quant à eux n'ont pas réellement progressé dans la découverte de règles, mais on a constaté que beaucoup d'entre eux persistaient à essayer de les découvrir en proposant un grand nombre de règles.

## IV.4.b Phase sociale

Nous allons maintenant étudier l'influence du facteur social dans la capacité d'apprentissage au niveau de la découverte de règle.

Nous rappelons que dans cette phase sociale du jeu, la découverte des règles devient connaissance commune. C'est-à-dire que les agents fictifs qui vont trouver des règles avant les joueurs empêchent ces derniers de les trouver en premier. Et inversement. Chaque proposition de règle compte pour un coup, ce qui signifie que si un des joueurs trouve une règle pendant son tour et que les autres n'ont pas fini, ils peuvent pendant ce tour proposer une règle en ayant en plus la connaissance de celle qui vient d'être découverte.

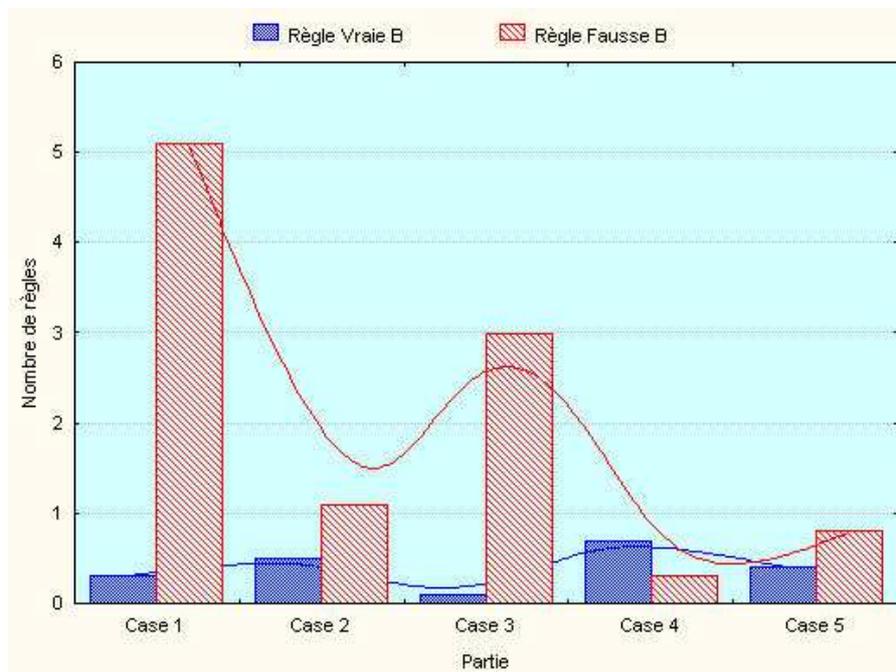
Il faut savoir aussi que la difficulté des règles ne cesse d'augmenter et que les dernières parties du jeu deviennent assez compliquées.

Il faut faire très attention à l'évolution stratégique que l'on veut étudier car chaque partie est différente compte tenu des agents fictifs qui sont plus ou moins forts.

Nous allons premièrement étudier les éventuelles progrès de la catégorie A puis nous verrons les améliorations possibles de la catégorie B.

### IV.4.b.i Catégorie A

Cette catégorie de joueurs qui ne réussit pas à découvrir les règles est maintenant confrontée à un groupe d'agents plus ou moins doués selon les parties. Nous allons étudier leur capacité à découvrir les règles vraies et à proposer de fausses règles au cours de cette nouvelle phase de jeu.



### Règle vraie

Aucun de joueurs n'a trouvé l'ensemble des règles. Nous en déduisons qu'aucun apprentissage ne s'est effectué sur cette catégorie de la communauté.

Nous avons cependant remarqué qu'en présence des agents utilisant la stratégie optimale (Partie 2 et 4), les résultats de deux joueurs étaient meilleurs. Ils n'approchent pas la stratégie optimale mais ont développé une stratégie parallèle. Ils attendent d'être à l'avant dernière ou à la dernière règle à découvrir pour par déduction, la proposer.

Cela est considéré comme un apprentissage social puisque ces deux joueurs face au groupe n'ont pas cherché à améliorer leur stratégie de découverte mais ont adopté une stratégie de remplacement permettant elle aussi, à sa façon, de gagner des points.

### **Règle fausse**

Le nombre de règles fausses proposées diminue considérablement dans les parties où les agents sont performants, cela s'explique par le fait que les joueurs n'ont pas le temps de proposer d'autres règles. De façon globale, sur les cinq parties, le nombre de proposition de règles fausses diminue chez l'ensemble des joueurs. Cela signifie qu'ils renoncent peu à peu à proposer des règles pour se consacrer à un autre aspect du jeu. On a pu constater chez certains de ces joueurs des parcours représentant d'originales créations artistiques visuelles, peut-être était-ce pour épater nos agents fictifs par leur talent graphique. Doit-on pour autant conclure ici à une forme d'apprentissage social sous forme d'amusement ?

### **Conclusion**

Nous pouvons signaler que les joueurs de la catégorie A qui n'arrivaient pas à découvrir les règles lors de la première phase du jeu en solo, n'ont pas progressé malgré l'influence sociale. Ils ont cependant, à leur manière, développé des capacités de substitution impressionnante.

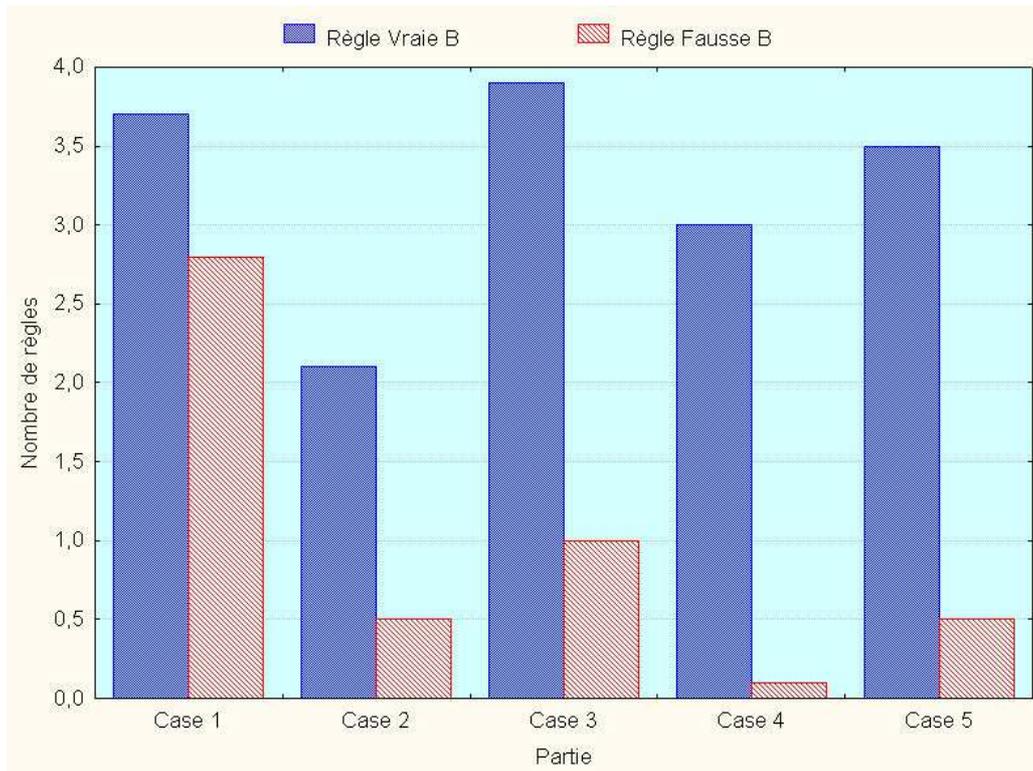
### **IV.4.b.ii Catégorie B**

Nous allons étudier maintenant les joueurs qui dans la première phase de jeu découvraient quasiment systématiquement toutes les règles.

Nous verrons dans un premier temps leur capacité à trouver des règles et dans un deuxième temps nous étudierons leur profondeur stratégique.

### **Découverte de Règles**

Pour vérifier que nos joueurs sont toujours aussi performants et si ce n'est plus, nous allons établir un graphique représentant la découverte des règles vraies et celles des règles fausses au fur et à mesure des parties.



Ce graphique représente le nombre moyen de règles vraies et fausses proposées par la communauté des joueurs appartenant à la catégorie B.

Ce résultat paraît à premier vue étrange mais nous allons l'analyser partie par partie pour tenter de comprendre le comportement des joueurs.

### *1<sup>ère</sup> partie : recherche non-optimal*

Si on regarde le nombre moyen de règles fausses proposées, il est étonnant de constater que les joueurs n'ont pas été très performants à cette partie alors que les agents fictifs sont aussi très peu habiles dans la recherche des règles puisqu'ils sont capables de trouver seulement une règle après un grand nombre de coups. On pourrait justifier ce comportement au niveau de difficulté des règles qui a augmenté par rapport à la phase sociale, mais comme nous le verrons dans la suite des parties où le niveau augmente encore, le nombre de règles fausses, lui, diminue fortement.

Il est impossible de représenter toutes les parties ici, mais si on regarde en détail chaque partie des joueurs, on se rend compte que leur recherche s'est faite de façon plus ou moins chaotique. Quand nous avons demandé aux différents joueurs leurs avis sur cette partie, ils ont signalé qu'ils ont été assez perturbés par l'arrivée d'autres joueurs. Bien que l'interface n'ait été que très légèrement modifiée, certains d'entre eux ont perdu un peu de leur capacité de concentration face au comportement des joueurs. Nous pouvons donc suggérer ici qu'un principe de conformité assez fort s'est appliqué, puisqu'en présence d'un groupe d'agents relativement médiocres, les bons joueurs ont eu tendance à perdre de leur capacité stratégique.

### *2<sup>ème</sup> partie : recherche optimale*

Il paraît a priori étonnant que la moyenne de règles vraies proposées avoisine seulement deux règles sur les quatre mais les agents fictifs sont dans cette partie assez doués et donc découvrent parfois les règles avant les joueurs. On constate par contre que le nombre de règles fausses est redescendu à un niveau assez faible, cela peut-être du à deux facteurs :

- les joueurs n'ont pas eu le temps de proposer des règles
- les joueurs ont retrouvé leur capacité qu'ils avaient perdue à la première partie.

Si on étudie visuellement l'évolution du rapport : nombre de règles vraies / nombre de règles fausses, on se rend compte que les joueurs se sont améliorés après la première partie et donc nous penchons donc vers le deuxième facteur.

### *3<sup>ème</sup> partie : recherche non-optimal*

Alors que les agents fictifs étaient relativement peu compétents, presque tous les joueurs ont trouvé les quatre règles vraies. On constate aussi que par rapport à la première partie où on se situe dans le même cadre d'agents, le nombre de règles fausses proposées a considérablement diminué alors que la difficulté, elle, augmente toujours. On peut donc conclure, ici à un réel apprentissage, les joueurs semblent s'être adaptés au groupe et ont dompté leur première réaction.

### *4<sup>ème</sup> partie : recherche optimale*

Si l'on compare cette partie avec la 2<sup>ème</sup>, on constate là aussi une nette amélioration dans les deux formes de propositions de règles, puisque très peu de joueurs proposent une règle fausse.

### *5<sup>ème</sup> partie : 2 joueurs utilisent une recherche presque optimale, 1 non.*

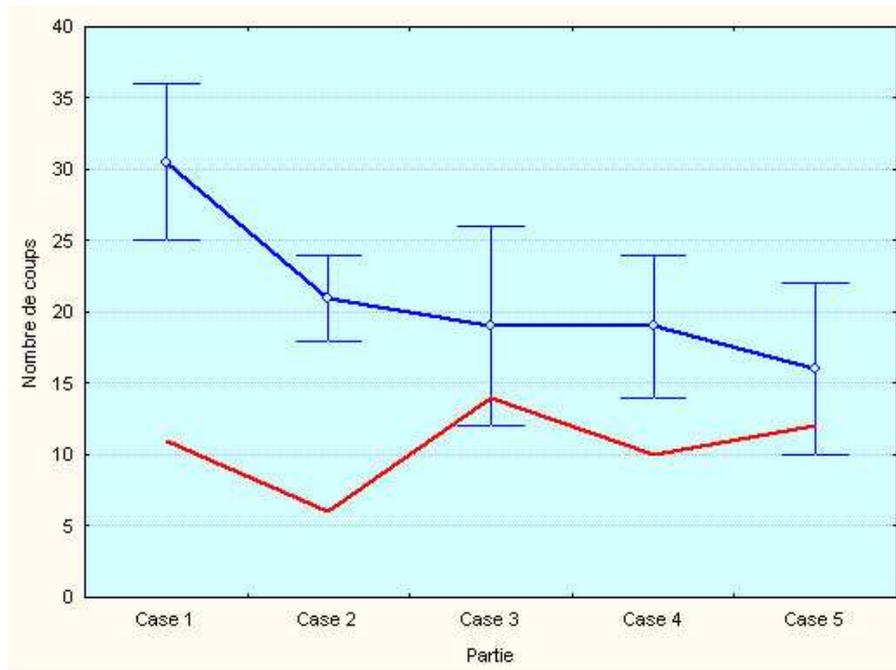
Ici, les joueurs n'ont pas réellement l'air de s'être améliorés puisqu'ils ont deux joueurs de bon niveau en face d'eux, il est normal que d'après leurs capacités découvertes aux parties précédentes, ils trouvent un grand nombre de règles vraies. Nous constatons par contre que le nombre de règles fausses augmente légèrement mais semble encore rester dans leur taux normal.

## **Conclusion**

Nous avons remarqué en étudiant les *bons* joueurs de la communauté que leur stratégie de proposition de règles continuait à s'améliorer face aux autres joueurs. Nous pouvons donc penser qu'ils se sont adaptés face aux nouvelles données sociales et qu'ils ont appris de nouvelles connaissances. Pour essayer de mieux comprendre cette évolution apparente, nous allons étudier leur profondeur stratégique.

## **Profondeur stratégique**

Nous allons maintenant examiner la profondeur stratégique moyenne de l'ensemble des joueurs. Il faut noter une différence ici par rapport à la première phase, toutes les règles vraies proposées ne le sont pas forcément par un seul joueur mais peuvent l'être aussi par les agents fictifs. On va donc simplement compter quel que soit le joueur qui les a découvertes, le nombre de coups avant la première règle et le nombre de coups entre celle-ci et la dernière règle vraie trouvée.



### *1<sup>ère</sup> partie*

On a étudié précédemment les raisons pour lesquelles la première partie s'était avérée assez mauvaise pour l'ensemble des joueurs. On constate le même phénomène ici : les joueurs ont mis un certain temps à trouver la première règle et leur profondeur (la ligne rouge) est assez forte (11) comparativement à la dernière partie de la phase individuelle où elle était de 4.

### *2<sup>ème</sup> partie*

Les joueurs ont l'air d'avoir retrouvé leur profondeur stratégique habituelle, mais c'est une fausse impression : nous avons vu qu'en moyenne, ils avaient seulement découvert deux règles, les autres l'ayant été par les agents fictifs. Ce qui pourrait donc expliquer que la profondeur est faible.

### *3<sup>ème</sup> partie*

Alors qu'à cette partie les agents ne découvrent presque aucune de règles, la profondeur stratégique augmente fortement de nouveau, ce qui signifierait effectivement qu'à la partie précédente, elle était sûrement biaisée par la découverte des agents.

### *4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> partie*

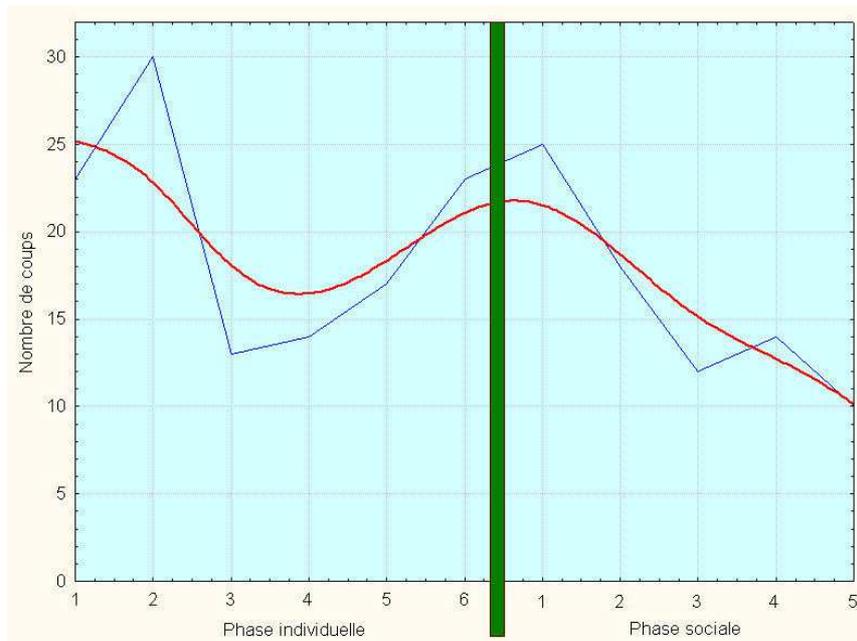
Nous constatons que la profondeur stratégique redevient légèrement plus faible que précédemment mais garde un niveau relativement élevé.

## **Pré-Conclusion**

Il paraît étrange de constater que les joueurs n'ont pas amélioré leur profondeur stratégique pendant leurs parties en groupe mais qu'au contraire ils ont l'air d'avoir perdu leur apprentissage individuel acquis lors des parties précédentes.

## **Remarque**

On constate cependant que leur capacité à trouver la première règle a tendance à diminuer. Nous allons établir un graphique analysant le nombre moyen de coups que les joueurs mettent pour trouver la première règle lors de la première phase de jeu et, à la suite, lors de la phase sociale.



On aperçoit effectivement sur ce graphique que le nombre de coup pour découvrir la première règle diminue régulièrement au cours des parties en groupe, ce qui n'était pas le cas pour la phase individuelle. On aurait donc ici une nouvelle forme d'apprentissage.

### Explication

En étudiant les différentes parties une à une, il ressort qu'une profondeur stratégique assez élevée a l'inconvénient d'entraîner un retard dans la publication de la première règle, même si comme nous l'avons vu elle est beaucoup plus performante en moyenne. Les joueurs lors de la deuxième partie, n'ont pas eu le temps de proposer leurs règles presque découvertes puisque les agents fictifs avaient déjà commencé à les publier. Les joueurs ont donc modifié leur comportement pour se focaliser seulement sur une ou deux règles, de manière à les trouver plus rapidement.

**Remarque :** De manière générale, on constate que 70% des joueurs ont joué à la fin du tour, c'est-à-dire après les agents fictifs. Quand nous avons questionné certains d'entre eux, ils nous ont répondu qu'il était très utile d'attendre, cela leur apportant différentes informations supplémentaires sur les règles. Et si une règle était découverte : la proposer avant les autres, le plus rapidement possible.

**Remarque :** au premier tour, en plus d'attendre que les agents jouent leur coup, certains joueurs (12%) ont directement forcé une case au lieu d'effectuer les différents tests possibles. Cela apparaît être un apprentissage stratégique très fort.

*Explication :* La case de départ se situe dans le coin en haut et à gauche, les joueurs ont seulement la possibilité d'aller en bas ou à droite. Il n'y a donc que 8 tests possibles pour ce coup (4 par couleurs pour les deux sens). Si les agents faisaient 8 tests c'est qu'ils étaient obligés par la suite de forcer une case, alors les autres joueurs savaient qu'il n'y avait aucun moyen d'aller en bas ou à droite et donc au lieu de faire les tests, passaient directement au coup suivant en forçant une case, ce qui leur évitait de perdre des points.

De plus l'indication première du chemin choisi par les agents transmettait aussi une information sur la direction possible en fonction du nombre de tests.

## Conclusion

Il nous est apparu en étudiant la catégorie B de la communauté, c'est-à-dire les *bons* joueurs, que les différents points stratégiques acquis qu'on avait observés lors de la première phase de jeu ont été assez rapidement remis en question. Il a été étrange d'observer que leur comportement ne paraissait pas très logique mais qu'au final il s'avérait que d'autres critères stratégiques de recherche de règles très performants ont été acquis lors de la phase sociale.

### IV.4.c Conclusion

Au regard de l'étude sur la découverte de règle durant la phase sociale, nous avons observé les deux catégories de joueurs de la communauté.

La catégorie A des joueurs n'a pas progressé dans leur stratégie de découverte de règles mais, par contre, a développé d'autres techniques parallèles qui, dans certains contextes, peuvent s'avérer efficaces.

La catégorie B dite des bons joueurs a, quant à elle, remis ses acquis de profondeur stratégique en cause, pour les substituer par la technique la plus simple qui consiste à chercher une règle à la fois puisqu'elle s'avérait être plus efficace.

Nous notons ici que la phase sociale n'a pas renforcé les comportements précédemment acquis lors de la phase individuelle mais a développé des comportements parallèles non pas moins surprenants et efficaces.

## Conclusion

Nous avons étudié sur les modules du jeu LaBy, l'apprentissage lors de la phase individuelle et l'apprentissage social.

L'étude de l'apprentissage sur le module de navigation que nous avons pensé être notre témoin puisque les capacités cognitives nécessaires y sont limitées, ne révèle aucune forme d'apprentissage réel aussi bien dans la phase individuelle que dans la phase sociale. On a constaté quelques phénomènes de conformité mais très partiels et sur un temps très court. Le biais temporel a été beaucoup trop fort et n'a pas laissé place aux facteurs de motivation personnelle et d'interactions sociales.

L'étude sur le module de recherche de règle a révélé pendant la phase individuelle un important phénomène d'apprentissage individuel, particulièrement pour les joueurs déjà performants.

Lors de la phase sociale, on n'a constaté sur l'ensemble de joueurs aucun renforcement d'apprentissage sur les stratégies découvertes individuellement mais plutôt un phénomène d'adaptation parallèle. Les joueurs ont parfois remis en cause leur propre stratégie, pour développer d'autres techniques plus performantes.

# Conclusion

Nous avons voulu savoir sous quelles hypothèses nous pouvions considérer le renforcement de l'apprentissage, et quelles sont les caractéristiques qui spécifient une *bonne* ou une *mauvaise* imitation. Au regard des contraintes expérimentales rencontrées lors de l'étude menée sur le jeu Nobel Eleusis, nous avons créé un nouveau protocole d'étude de l'influence sociale lors de l'apprentissage.

LaBy modélise un processus de découverte scientifique sous la forme d'un jeu de recherche de règle. Nous avons pour motivation dans une première phase, d'évaluer les capacités stratégiques lors de l'apprentissage individuel. Et, dans une deuxième phase, de placer les individus en groupe pour réévaluer l'éventuel renforcement de ces capacités. Nous avons étudié l'influence de l'apprentissage social sur deux modules distincts du jeu représentant des capacités cognitives différentes.

Nous avons spécifié les caractéristiques du groupe d'agents fictifs permettant d'étudier l'influence sociale pour plusieurs comportements types.

Les résultats de l'analyse de l'ensemble de nos participants ont révélé un processus d'apprentissage important lors de la phase individuelle.

Lors de la phase sociale, on a constaté parfois un phénomène de conformité assez éphémère.

Mais l'étude menée sur l'ensemble des joueurs concernant le renforcement de l'apprentissage sur leur stratégie de recherche s'avère ne pas apporter de confirmation à cette hypothèse.

Il en ressort plus souvent un phénomène d'adaptation parallèle. Les joueurs ont parfois remis en cause leur propre stratégie, pour développer d'autres techniques plus performantes à cette situation.

Nous avons pourtant limité l'interaction sociale à de simples stimuli visuels informatifs du comportement des autres joueurs et adapté la découverte des règles à un groupe de façon à ce qu'elle devienne connaissance commune. Les joueurs ont pourtant changé, en partie, de stratégie leur permettant d'améliorer leur comportement face aux nouvelles données.

Il est effectivement difficile de comparer les capacités d'un individu seul, et de ce même individu au milieu d'un groupe, sans pour autant changer le contexte expérimental.

Cela nous fait cependant prendre conscience qu'effectivement le phénomène d'apprentissage dépend du contexte social qui diffère naturellement du contexte individuel. On ne peut pas analyser le renforcement de façon précise puisque le contexte est intrinsèquement différent.

## Critiques et perspectives du protocole

Nous avons voulu dans un premier temps, à travers cinq parties, étudier les capacités individuelles de chacun des joueurs pour permettre de vérifier qu'un apprentissage social pourrait les renforcer. Il s'avère qu'au bout de la phase individuelle, chaque individu a atteint sa capacité maximale stratégique et donc aucun renforcement n'a pu être décelé. Nous avons opté pour ce système afin de connaître les individus avant de les mettre en situation sociale mais notre module de découverte de règle s'est avéré être trop facile pour certains ou trop dur pour d'autres. La matrice des lois de transitions nécessiterait sûrement d'être légèrement augmentée pour constater un apprentissage sur plusieurs parties.

Pour apporter une interaction sociale, nous avons rajouté dans la phase sociale la connaissance commune des règles découvertes. Hors cela a apparemment modifié l'approche stratégique de certains joueurs. On peut donc se limiter à l'information visuelle simple

d'interaction sociale pour une nouvelle étude. Il suffirait par exemple d'informer qu'un des joueurs a trouvé une règle mais de ne pas présenter laquelle. Chacun des joueurs joueraient donc exactement sur la même configuration de jeu qu'en phase individuelle.

Le système de rétribution des points a été calculé pour que l'ensemble des joueurs puissent apprécier le jeu soit par le module de navigation, soit par le processus de découverte de règles. Il serait bien entendu très utile dans une nouvelle version du protocole, de changer ce système pour créer un compromis d'exploration et d'exploitation concernant le parcours et la recherche de règle. Nous avons voulu, de notre côté, étudier l'influence sur les deux modules mais il serait intéressant de se focaliser seulement sur la découverte scientifique. On pourrait par exemple mettre un score négatif au parcours des cases valides (-1), cela encouragerait le joueur à découvrir les sans parcourir trop de cases.

# Bibliographie

- [1] CHARRON, Sylvain « Un protocole pour l'étude d'un processus social de découverte : le jeu Nobel-Eleusis » CREA-CNRS / Ecole Polytechnique, Septembre 2004. *Mémoire* de DEA
- [2] ANGLUIN, D. « Queries revisited. Theorical » *Computer Science* (313) : 175-194, 2004
- [3] ZAJONC, R.B. « Social facilitation », *Science* 149(3681), 16 July 1965 : 269-274
- [4] MOSCOVICI, S. « Psychologie Sociale » Edition Fondamentale (586) : 224-04573
- [5] BEAUVOIS, J.L., JOULE, R.V., MONTEIL, J.M. « Perspectives cognitives et conduites sociales , jugements sociaux et changement d'attitude » Delachaux et Niestlé (314)
- [6] SUTTON, R.S. & BARTO, A.G. « Reinforcement Learning » MIT Presse, Cambridge, MA, 1998 , A Bradford book.
- [7] BERTSEKAS, D.P. & TSITSIKLIS, J. "Neuro-dynamic programming" (512), September 1996 MIT.
- [8] MITCHELL, M. "An introduction to genetic algorithm", 1996, MIT Press
- [9] D.CHAVALARIAS, D. « La thèse de Popper est-elle réfutable ? » CREA-CNRS / Ecole Polytechnique, 1997. *Mémoire* de DEA
- [10] PAVARB B., « Systèmes coopératifs: de la modélisation à la conception. » 1994 Toulouse: Octares

## TABLES DE MATIERES ANNEXES

### ANNEXE Z LOI DE TRANSITION 50

Z.1 CONSTRUCTION D'UNE LOI DE TRANSITION	50
Z.2 NIVEAU DE DIFFICULTE D'UNE LOI DE TRANSITION	52

### ANNEXE Y ALGORITHME GENETIQUE 53

INTRODUCTION	53
Y.1 DESCRIPTION	53
Y.2 PRINCIPE	53
Y.3 LANCEMENT	54

### ANNEXE X LABY, LE SITE 56

X.1 LABY LES REGLES	56
X.2 LABY REGLE EN GROUPE	61
X.3 EXEMPLE DE PARTIE	62
<i>X.3.a Phase individuelle</i>	62
<i>X.3.b Phase en groupe</i>	62

# Annexe Z Loi de transition

## Z.1 Construction d'une loi de transition

**Def : Loi de transition R.** Une loi de transition peut s'écrire sous une disjonction de transition permise, c'est-à-dire comme une disjonction de conjonctions.

*Exemple d'une loi de transition*

Expression en langage naturel :

Une case Bas et Chaude entraine une case Droite et Froide

Une case Bas et Froide entraine une case Droite et Chaude

Une case Haute et Toutes les Couleurs entraine une case Gauche et Toutes les couleurs

Une case Horizontale et Toutes les couleurs entraine une case Verticale et Toutes les couleurs

Expression en langage logique

$$Bas(x_{n-1}) \wedge Chaude(x_{n-1}) \rightarrow Droite(x) \wedge Froide(x)$$

$$Bas(x_{n-1}) \wedge Froide(x_{n-1}) \rightarrow Droite(x) \wedge Chaude(x)$$

$$Haut(x_{n-1}) \wedge ToutesCouleurs(x_{n-1}) \rightarrow Gauche(x) \wedge ToutesCouleurs(x)$$

$$Horizontale(x_{n-1}) \wedge ToutesCouleurs(x_{n-1}) \rightarrow Gauche(x) \wedge ToutesCouleurs(x)$$

*Remarque :* du fait de la distributivité du  $\wedge$  et du  $\vee$  par rapport l'un à l'autre, il peut y avoir différentes expressions d'une même loi.

### **Evaluation d'une transition entre deux cases.**

Dans un environnement qui est régi par une loi de transition la succession de deux cases est évaluée selon les règles de la logique propositionnelle classique. Si la succession formée par deux cases vérifie au moins une des transitions permises de la loi de transition, la case proposée est acceptée. Dans le cas contraire, la case proposée est refusée.

*Remarque :* nous avons choisi d'attribuer automatiquement au joueur la première case, c'est-à-dire la case correspondant au début du jeu en position  $(I, I)$ . Cette case est considérée comme toujours acceptée. Cela implique un biais d'apprentissage mais il est le même pour tous les joueurs.

**Def :** Prédicats contraires.

Deux prédicats sur les sens sont contraires si leurs sens sont opposés

Par exemple  $Haut(x)$  est contraire à  $Bas(x)$  et  $Droite(x)$  est contraire à  $Gauche(x)$

*Remarque :* les prédicats composés ne peuvent pas être contraire puisqu'ils sont une disjonction de prédicats élémentaires.

**Def :** il n'existe aucun prédicat de sens contraire sur une transition

*Exemple :* on ne peut pas avoir  $Bas(x_{n-1}) \wedge Chaude(x_{n-1}) \rightarrow Haut(x) \wedge Froide(x)$

**Def :**  $\forall n, \forall x, concept_{n-1}(x) \neq concept_n(x)$ . Une transition ne peut s'impliquer elle-même.

*Conséquence :* Quelque soit la transition, une case de départ donnée ne peut pas entrainer cette même case. Il n'existe aucun recouvrement possible d'une transition sur une autre

*Conséquence :* pour une loi de transitions donnée, il n'existe aucune transition individuelle, c'est-à-dire une transition qui boucle sur elle-même.

## Définitions sur la construction d'une loi de transition

**Def :** une loi de transition est composée de quatre transitions (noté  $T(n) \ n \in [1..4]$  ), soit quatre disjonctions de conjonctions. Ce chiffre est choisi pour le protocole expérimentale comme convenable pour la difficulté du jeu. Cependant il pourrait être plus élevé, ce qui entrainerait un niveau de jeu plus difficile ou au contraire diminué, ce qui faciliterait le niveau du jeu.

**Def :**  $\forall n$ , la partition des 16 éléments de E est divisé en 4 concepts disjointes et connexe.  
*Conséquence :*  $\forall n$  il n'existe aucun recouvrement possible d'un concept sur un autre.

**Def :** Il n'existe aucun cycle de 1, 2 ou 3 transitions, mais seulement un cycle de 4 est possible.

## Description des prédicats

**Def :** Prédicats

- un prédicat élémentaire (noté  $P_e$ ) est un prédicat qui ne peut se diviser.
- un prédicat composé (noté  $P_c$ ) est un prédicat divisible en plusieurs prédicats.

**Def :** Soit  $P_{er}$  où  $r$  correspond au rang du prédicat, soit le nombre de disjonctions possibles de prédicats élémentaires dont il est composé.

*Notations :* Un prédicat élémentaire  $P_e$  est un prédicat composé de rang 1 soit  $P_{e1}$

Nous redéfinissons ensuite chacun des prédicats portant sur le Sens d'une case.

Prédicats Elémentaires :

$$P_{e1} : Haut(x), P_{e1} : Bas(x), P_{e1} : Gauche(x), P_{e1} : Droite(x)$$

Prédicats Composés :

$$P_{e2} : Horizontale(x) = Gauche(x) \vee Droite(x)$$

$$P_{e2} : Verticale(x) = Haut(x) \vee Bas(x)$$

$$P_{e4} : TousSens(x) = Horizontale(x) \vee Verticale(x)$$

Nous redéfinissons ensuite chacun des prédicats portant sur la Couleur d'une case.

Prédicats Elémentaires :

$$P_{e1} : Rouge(x), P_{e1} : Jaune(x), P_{e1} : Bleu(x), P_{e1} : Vert(x)$$

Prédicats Composés :

$$P_{e2} : Chaude(x) = Rouge(x) \vee Jaune(x)$$

$$P_{e2} : Froide(x) = Bleu(x) \vee Vert(x)$$

$$P_{e4} : ToutesCouleur(x) = HChaude(x) \vee Froide(x)$$

## Composition de plusieurs lois de transition.

**Def :**

soit  $N$  le nombre de loi de transition possible

soit  $L(n)$  la loi de transition  $n, \forall n \in N$

$\forall n L(n) \neq L(n+1)$

$\neq$  est défini :

- au sens exact : l'ensemble des 4 transitions de  $L(n)$  est différent de l'ensemble des 4 transitions de  $L(n+1)$
- au sens ressemblance : l'ensemble des rangs des prédicats portant soit sur le Sens soit sur la Couleur composant une loi de transition  $L(n)$  sont différents de l'ensemble de  $L(n+1)$

## Z.2 Niveau de difficulté d'une loi de transition

**Def :** plus l'ensemble des rangs des prédicats d'une loi de transition sont variés, plus le niveau de difficulté cette loi est grand.

### Exemple Facile

Soit la loi de transition

$Bas(x_{n-1}) \wedge ToutesCouleurs(x_{n-1}) \rightarrow Droite(x) \wedge ToutesCouleurs(x)$

$Droite(x_{n-1}) \wedge ToutesCouleurs(x_{n-1}) \rightarrow Gauche(x) \wedge ToutesCouleurs(x)$

$Gauche(x_{n-1}) \wedge ToutesCouleurs(x_{n-1}) \rightarrow Haut(x) \wedge ToutesCouleurs(x)$

$Haut(x_{n-1}) \wedge ToutesCouleurs(x_{n-1}) \rightarrow Bas(x) \wedge ToutesCouleurs(x)$

L'ensemble des rangs des prédicats est

$$\left\{ \begin{array}{l} 1,4;1,4 \\ 1,4;1,4 \\ 1,4;1,4 \\ 1,4;1,4 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \{1,4;1,4\} \Leftrightarrow \text{Niveau de difficulté 1}$$

### Exemple Difficile

Soit la loi de transition

$Bas(x_{n-1}) \wedge Chaude(x_{n-1}) \rightarrow Droite(x) \wedge Froide(x)$

$Bas(x_{n-1}) \wedge Froide(x_{n-1}) \rightarrow Droite(x) \wedge Chaude(x)$

$Haut(x_{n-1}) \wedge ToutesCouleurs(x_{n-1}) \rightarrow Gauche(x) \wedge ToutesCouleurs(x)$

$Horizontale(x_{n-1}) \wedge ToutesCouleurs(x_{n-1}) \rightarrow Gauche(x) \wedge ToutesCouleurs(x)$

L'ensemble des rangs des prédicats est

$$\left\{ \begin{array}{l} 1,2;1,2 \\ 1,2;1,2 \\ 1,4;1,4 \\ 2,4;1,4 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} 1,2;1,2 \\ 1,4;1,4 \\ 2,4;1,4 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \text{Niveau de difficulté 3}$$

# Annexe Y      Algorithme génétique

## Introduction

Les **algorithmes génétiques** (parfois appelés algorithmes évolutionnaires) appartiennent à une famille d'algorithmes appelés métaheuristiques dont le but est d'obtenir une solution approchée convenable en un temps correct lorsqu'il n'existe pas de méthode exacte pour résoudre le problème. Les algorithmes génétiques utilisent la notion de sélection naturelle développée au XIX<sup>ème</sup> siècle par le scientifique Darwin et l'appliquent à une population de solutions au problème donné.

Nous avons décidé ici d'utiliser un algorithme génétique pour établir l'importance de quelques uns des principaux paramètres de notre protocole expérimental. Il a servi notamment à établir les différentes rétributions des actions. Et aussi dans un but expérimental il nous a aidé à créer des parties pour les agents fictifs.

## Y.1 Description

D'un point de vue biologique, un certain nombre d'opérations interviennent lors de la phase de reproduction lorsque les chromosomes de deux organismes fusionnent.

Ces opérations sont imitées par les algorithmes génétiques afin de faire évoluer les populations de solutions de manière progressive.

- Les crossing-over ou recombinaison

La probabilité d'apparition lors d'un croisement entre deux chromosomes est un paramètre de l'algorithme génétique. Nous avons fixé la proportion d'apparition à 0,7.

- Les mutations

De façon aléatoire, un gène peut, au sein d'un chromosome être substitué à un autre. On définit ici un taux de mutation lors des changements de population à 0,005. La mutation sert à éviter une convergence prématurée de l'algorithme. Par exemple lors d'une recherche d'extremum la mutation sert à éviter la convergence vers un extremum local.

## Y.2 Principe

On commence avec une population de base qui se compose de chaînes de caractères correspondant chacune à un chromosome. Le contenu de cette population initiale est généré aléatoirement. On attribue à chacune des solutions une note qui correspond à son adaptation au problème, ici correspondant au score de la partie. Ensuite, on effectue une sélection au sein de cette population. Pour chaque individu, la probabilité d'être sélectionné est proportionnelle à son adaptation au problème. Afin de sélectionner un individu, on utilise le principe de la roue de la fortune biaisée. Cette roue est une roue de la fortune classique sur laquelle chaque individu est représenté par une portion proportionnelle à son adaptation. On effectue ensuite

des tirages au sort sur cette roue par groupe de deux. Lorsque deux chromosomes ont été sélectionnés, on passe à la phase du crossing-over. On effectue ensuite des mutations sur chaque individu. Ce processus nous fournit une nouvelle population. On réitère le processus un grand nombre de fois de manière à imiter le principe d'évolution, qui ne prend son sens que sur un nombre important de générations. On peut arrêter le processus au bout d'un nombre arbitraire de générations ou lorsque qu'une solution possède une note suffisamment satisfaisante.

En effectuant ces opérations (sélection de deux individus, crossing-over, mutation), un nombre de fois correspondant à la taille de la population divisée par deux, on se retrouve alors avec une nouvelle population (la première génération) ayant la même taille que la population initiale, et qui contient globalement des solutions plus proches de l'optimum. Le principe des algorithmes génétiques est d'effectuer ces opérations un maximum de fois de façon à augmenter la justesse du résultat.

### **Y.3 Lancement**

Notre population initiale est fixée à 10000 individus.

Un individu correspondant à une partie prend en moyenne 3,5 secondes à se créer.

Nous avons laissé tourner pendant 15 jours correspondant donc à la création de 400 000 individus.

Nous avons fixé les chromosomes correspondant à différents points sur les critères des deux modules du protocole.

Les poids sont

Module de navigation :

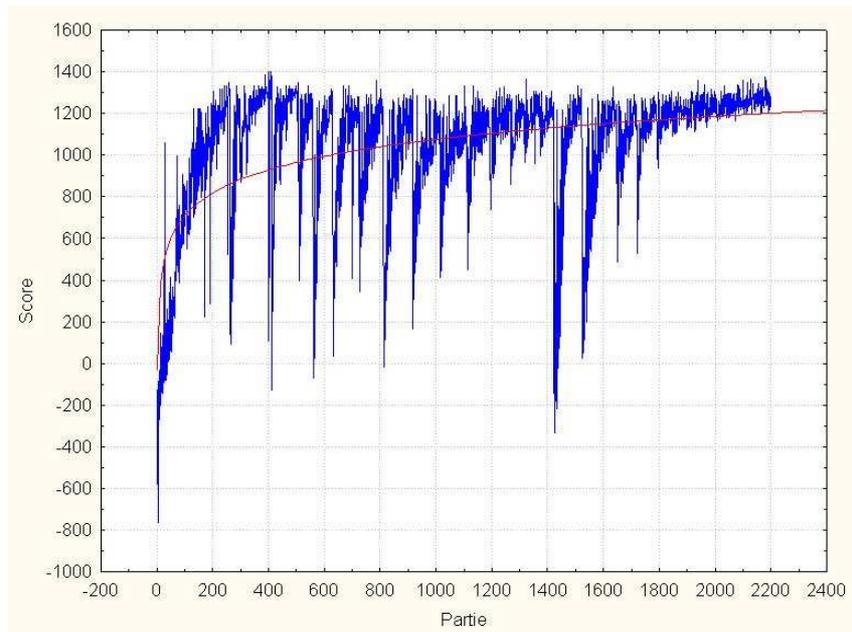
- définition du parcours général en fonction de
  - Nombre de cases parcours
  - Calcul de distance avec la Sortie
  - Limite des bords
- Choix de la case suivante en fonction de
  - Libre
  - Case en cours
  - Case Grand-mère

Module de Recherche des règles

- La profondeur stratégique (1,2,3,4 règles)
- Actions précédentes et restantes sur le nombre de
  - Test
  - Valide
  - Invalide

L'algorithme extrapole chaque donnée nouvelle dans la matrice de possibilité des règles à découvrir, il extrapole dans la matrice d'arrivée et celle de départ.

L'évolution des scores est représenté sur le graphique suivant.

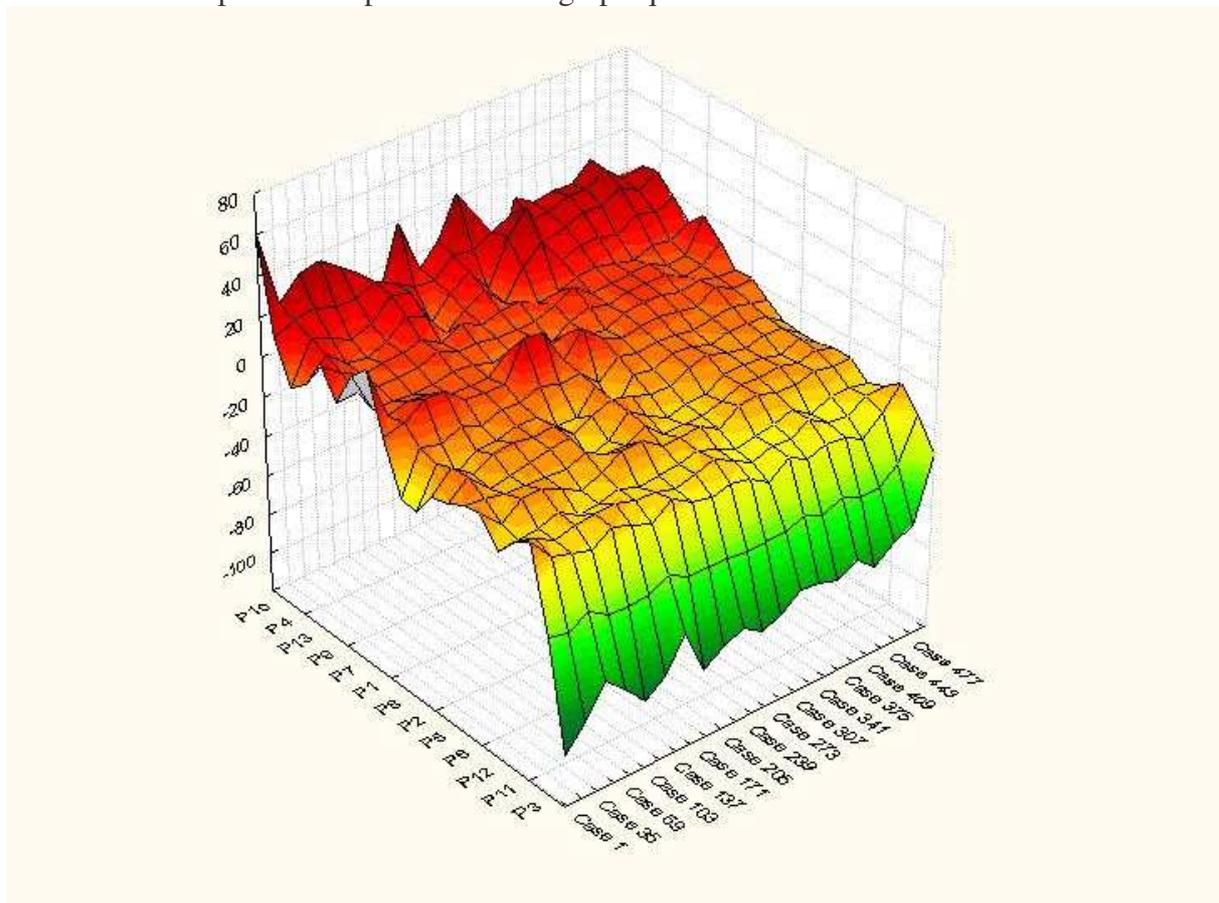


On peut constater que cela converge très rapidement.

Notre algorithme n'est pas optimal pour la navigation sur le plateau, ce qui explique qu'il converge entre 1200 et 1400 points, alors qu'il est possible d'en faire plus de 1600.

Mais le module de recherche de règle est lui optimal en fonction des poids obtenus, les agents trouvent les règles très rapidement.

L'évolution des poids est représenté sur le graphique suivant



# Annexe X LaBy, le site

Vous trouverez ici les règles telles qu'elles ont été présentées aux participants. Avec ici quelques problèmes de mises en forme supplémentaires (cf <http://jeudelay.free.fr>)

## X.1 LaBy Les Règles

LaBy est un jeu de découverte de règles dans un labyrinthe aveugle (car il n'y a pas réellement de mur).

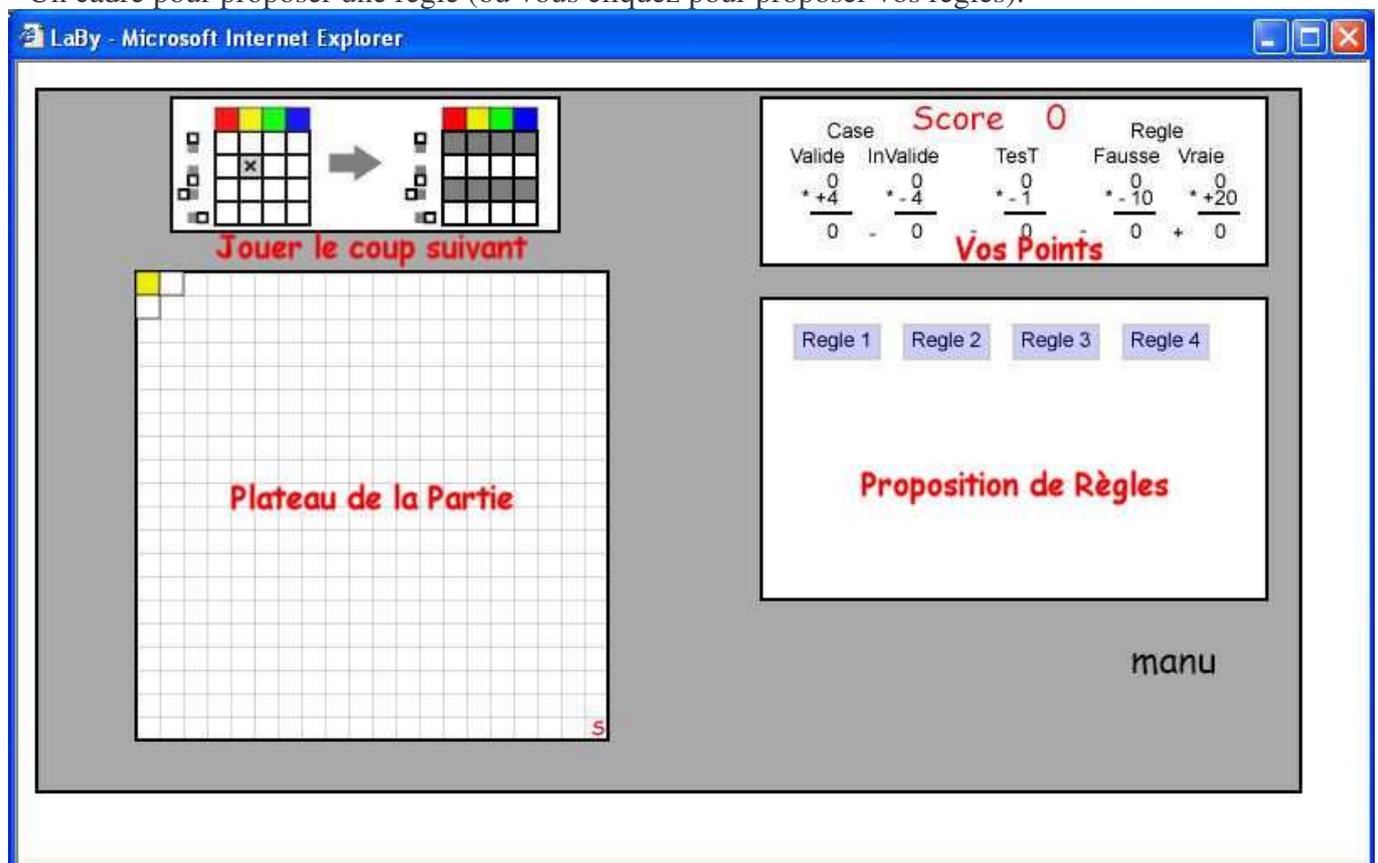
Le but du jeu est d'avoir le maximum de points à fin de la partie.

Pour gagner des points il faut se promener sur le plateau en cherchant des cases valides et en essayant de trouver les règles qui les relient entre elles.

### L'apparence

Le jeu s'ouvre dans une nouvelle fenêtre qui se compose de 4 cadres différents.

- Un cadre pour compter votre score au fur et à mesure du jeu (vous n'avez pas à cliquer dans ce cadre).
- Un cadre pour visualiser votre parcours pendant la partie courante (vous n'avez pas à cliquer dans ce cadre).
- Un cadre pour jouer le coup suivant (où vous cliquez pour choisir votre futur coup).
- Un cadre pour proposer une règle (où vous cliquez pour proposer vos règles).



### Le Plateau

Le plateau de jeu est un labyrinthe sans mur réel, qui est représenté par un quadrillage de 20 par 20 cases, avec un point de départ en haut à gauche et une arrivée en bas à droite.

## Les Règles

Ces cases sont reliées par 4 règles à découvrir qui changent à chaque nouvelle partie.

Vous pouvez y accéder en cliquant sur les menus des règles

[Regle 1](#)
[Regle 2](#)
[Regle 3](#)
[Regle 4](#)



Ces règles sont composées de la façon suivante : une ou plusieurs cases de départ entraîne une ou plusieurs cases d'arrivée.

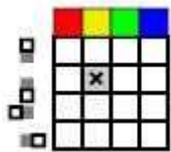
Les cases ont deux composantes : leur direction et leur couleur.

Cela est représenté par la matrice avec en colonne les différentes directions, et en ligne les



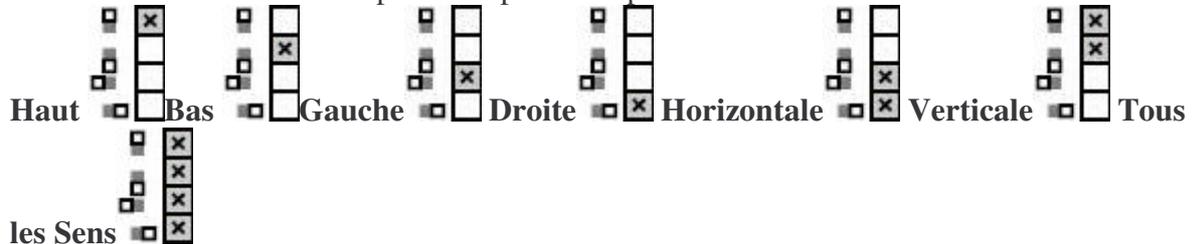
différentes couleurs.

Une position possible est **un sens et une couleur**, par exemple ici c'est **bas jaune**

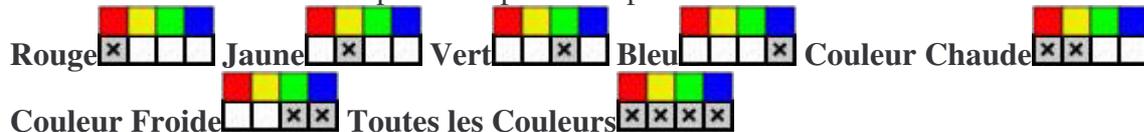


Un ensemble de positions possibles correspond à plusieurs orientations et/ou couleurs possibles.

Les différents ensembles de positions possibles pour les orientations sont :



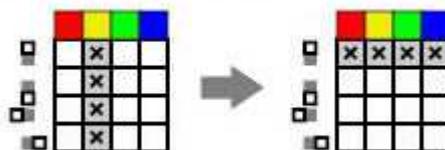
Les différents ensembles de positions possibles pour les couleurs sont :



**Remarque** : un ensemble de positions comportant par exemple seulement *Gauche et Haut* ou *Rouge et Bleu* n'existe pas!

Les Règles sont composées de telle sorte :

Un ensemble de positions de **départ entraîne**, un ensemble de positions d'**arrivée**



Une règle peut être de la forme

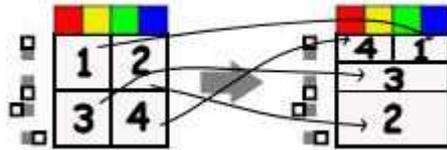
**les Sens et Jaune entraîne Haut et Toutes les couleurs.**

ce qui se traduit par **Tous**

**Construction des Règles**

Pour un jeu donné, il n'y a aucun recouvrement de ces 4 règles. C'est à dire que pour une position et une couleur donnée, le coup suivant ne sera valide que pour une règle, les autres n'étant pas concernés par ce cas.

Ce qui se traduit par la division de la matrice de départ en 4 ensembles de positions distinctes, et celle de la matrice d'arrivée en 4 autres ensembles de positions distinctes.



Par exemple

### Proposition de règles

A chaque partie un nouveau jeu de 4 règles est administré.

Pour déterminer votre règle il vous suffit de cliquer sur les différentes positions que vous désirez. du départ et d'arrivée.

*Remarque :*

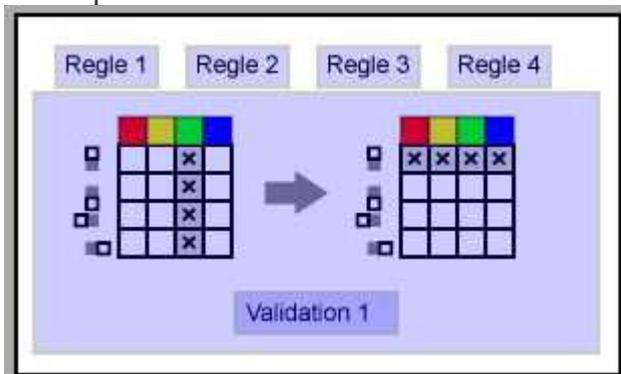
- un raccourci pour sélectionner une colonne entière en cliquant sur le symbole de cette colonne (par exemple )

- un raccourci pour sélectionner une ligne entière en cliquant sur le symbole de cette ligne (par exemple )

A tout moment de la partie vous pouvez proposer une règle qui vous semble être une des 4 règles de cette partie.

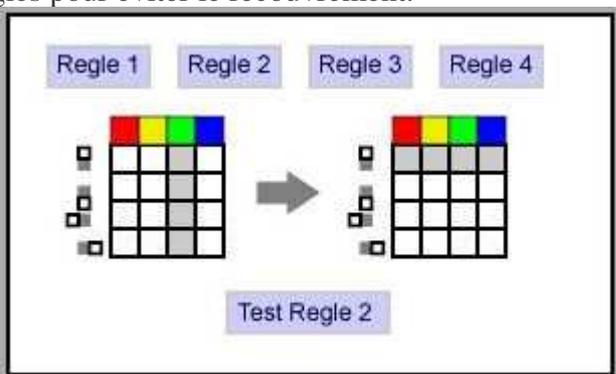
Il vous suffit pour cela, dans le cadre des règles, de cliquer sur un numéro de Règle et de proposer en cliquant la direction et la couleur de départ ainsi que celles d'arrivées. Ensuite il faut cliquer sur le bouton **Test Règle** pour vérifier sa validité avec celles du jeu en cours.

Une fois que vous avez trouvé une règle et que vous l'avez validée, elle s'affiche en bleu transparent pour ne plus être accessible



Par exemple

Au cours de la partie les règles qui auront déjà été découvertes seront affichées en gris dans les autres règles pour éviter le recouvrement.

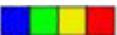


Par exemple

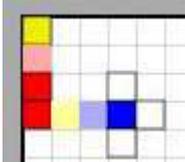
## Navigation

### Sur le plateau

Sur le plateau, deux styles de cases peuvent s'afficher :

- les bonnes qui sont conformes à une des règles s'affichent dans la couleur choisie et encadrées d'un bord noir 
- les mauvais coups qui ne sont pas conformes à aucune des 4 règles s'affichent en pâle sans bord. 

La navigation sur le plateau est automatique en fonction de vos coups. Le chemin s'affiche

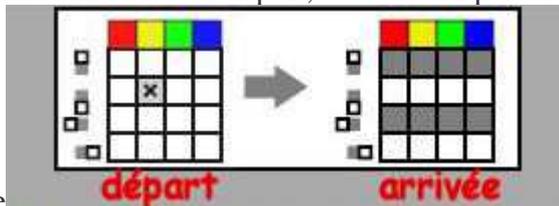


alors

Les cases entourées d'un bord gris sont les différentes cases possibles pour le coup suivant.

### Jouer le Coup suivant

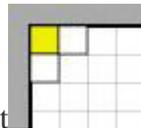
Etant donnée une case de départ, vous devez passer à la case d'arrivée.



Exemple

Vous n'avez pas à cliquer sur la case de départ qui est automatique, c'est à vous de choisir la case d'arrivée désirée.

Les parties en gris sur la matrice d'arrivée sont les coups non disponibles par les limites du bord du plateau ou par les cases déjà utilisées.

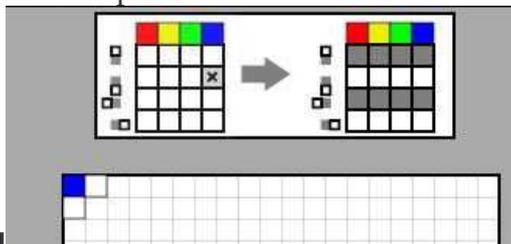


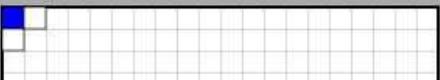
Dans l'exemple précédent on se situe au point de départ  et donc on ne peut ni aller en haut ni à gauche

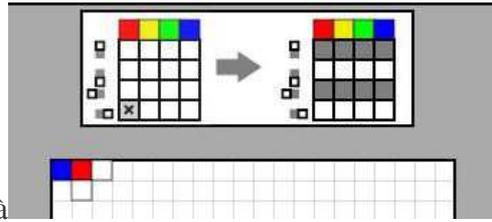
Pour définir le coup suivant, vous cliquez sur une des positions disponibles désirées sur la matrice d'arrivée.

### - Case valide : Conforme aux règles

Si cette position est conforme à une des règles alors elle est automatiquement validée et s'affiche sur le plateau. Vous passez alors au coup suivant sachant que votre ancien point d'arrivée devient votre nouveau point de départ.



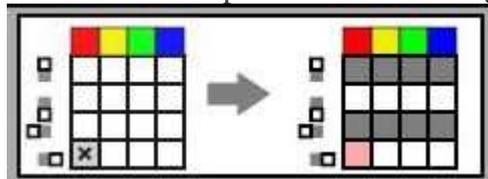
Par exemple si je suis en **Bas Bleu**  et que je clique sur **Droite Rouge** qui est conforme aux règles



alors je passe à et je dois maintenant choisir mon nouveau coup.

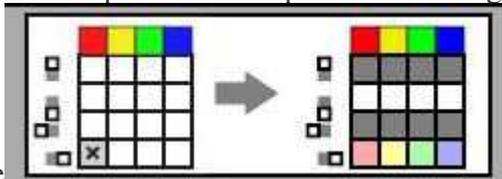
### - Case Test : Non conforme aux règles

Si par contre cette position choisie n'est pas conforme aux règles alors elle s'affiche en pâle



sur la matrice d'arrivée

et on est toujours sur le même coup à jouer. Si par exemple je fais tous les tests d'orientation Bas pour une position de départ Droite Rouge et que cela n'est pas conforme aux règles cela

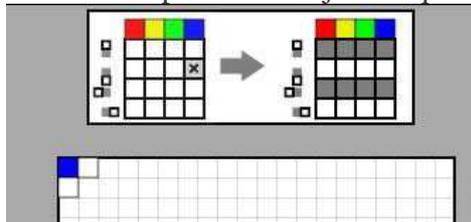


donne

### - Case Invalide : Forcer la position d'arrivée malgré qu'elle ne soit pas conforme aux règles

Si pour une raison quelconque (comme par exemple les limites des bords du plateau) j'ai tout de même envie de passer au coup suivant sur un choix de positions d'arrivées non conformes aux règles alors je re clique une nouvelle fois sur cette case et le coup est automatiquement validé.

Dans le cas précédent si je re clique sur **Droite Bleu** alors mon jeu devient



*Remarque : Les différents tests que vous avez effectués pour une même position de départ pendant la partie se réaffichent automatiquement dans le cadre du coup à jouer.*

## Le compte des points

Vous partez au départ avec **0** point et chaque action que vous faites est comptée en positif si elle est conforme à une des règles, en négatif si elle n'est conforme à aucune des règles. Le score est automatiquement mis à jour, vous n'avez rien à faire dans cette partie...

### Navigation

- *Valide* : Si la case est conforme aux règles, cela vous rapporte **4** points.
- *Test* : Si la case n'est pas conforme aux règles, cela vous coûte **1** point.
- *Invalide* : Si vous forcez une case qui n'est pas conforme aux règles, cela vous coûte **4** points.

### Règle

- Si une règle est bonne, cela vous rapporte **20** points.
- Si une règle est mauvaise, cela vous coûte **10** points.

### **Sortie**

Si vous terminez le jeu en arrivant à la sortie alors vous gagnez **30** points.

### **Début du jeu**

Le jeu commence avec une première case en haut à gauche du labyrinthe, le sens de cette case est *Bas* et sa couleur est tirée au hasard parmi les 4 couleurs.

### **Fin du jeu**

Le jeu s'arrête si

- vous vous retrouvez bloqué dans un coin sans aucune case disponible.
- vous arrivez au point S de sortie du labyrinthe.

Dans les deux cas la partie en cours s'arrête et on totalise votre nombre de points.

## **X.2 LaBy Règle en Groupe**

Vous allez maintenant jouer à 4 personnes en même temps.

Au démarrage, il va falloir être un petit peu patient le temps que le jeu signale à d'autres utilisateurs votre arrivée sur le plateau. Et ensuite vous devez jouer normalement, simplement en même temps, les autres joueurs feront de même. Avant de passer au coup suivant il faut attendre que tous les joueurs aient terminé celui en cours.

Une fois que la partie est commencée, terminez-là impérativement ! Si par hasard au milieu de la partie, votre ordinateur ou votre connexion a un problème vous pouvez recharger la page rapidement, les autres joueurs vous attendront, par contre si vous vous absentez trop longtemps... ils partiront.

**A chaque fois qu'un des quatre joueurs découvre une nouvelle règle du jeu, elle devient connaissance commune par tous les joueurs et ne peut donc plus être découverte par les autres.**

Le plateau de jeu a été un petit peu modifié, vous verrez apparaître en plus les scores et les parcours des autres joueurs.

La partie se termine quand tous les joueurs ont atteint la sortie du plateau.

A la fin de chaque partie vous devrez répondre à une petite question toute simple...

## X.3 Exemple de partie

### X.3.a Phase individuelle

LaBy - Microsoft Internet Explorer

Case		Score 601		Regle	
Valide	InValide	Test	Fausse	Vraie	
169	23	33	3	4	
+4	-4	-1	-10	+20	
676	-92	-33	-30	+80	

Regle 1 Regle 2 Regle 3 Regle 4

Validation 4

### X.3.b Phase en groupe

LaBy - Microsoft Internet Explorer

Case		Score 385		Regle	
Valide	InValide	Test	Fausse	Vraie	
78	6	13	0	4	
+4	-4	-1	-10	+20	
312	-24	-13	-0	+80	

Case		Groupe		Regle		Total
Valide	InValide	Test	Fausse	Vraie		
Joueur 1	1212	80	59	20	0	1083
Joueur 2	296	16	28	0	0	252
Joueur 3	884	436	38	0	0	440

Regle 1 Regle 2 Regle 3 Regle 4

Validation 4