

P. PARLEBAS

**Analyse mathématique élémentaire d'un jeu sportif**

*Mathématiques et sciences humaines*, tome 47 (1974), p. 5-35

[http://www.numdam.org/item?id=MSH\\_1974\\_\\_47\\_\\_5\\_0](http://www.numdam.org/item?id=MSH_1974__47__5_0)

© Centre d'analyse et de mathématiques sociales de l'EHESS, 1974, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Mathématiques et sciences humaines » (<http://msh.revues.org/>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

## ANALYSE MATHÉMATIQUE ÉLÉMENTAIRE D'UN JEU SPORTIF

par  
P. PARLEBAS\*

### RÉSUMÉ

*Un jeu sportif bien connu, les quatre coins, est l'objet de cette étude. Les règles de ce jeu déterminent une succession de déplacements qui sont organisés selon une structure de groupe. L'ensemble des graphes de déplacement peut être distribué selon trois partitions qui offrent un précieux support à l'étude expérimentale : on obtient alors des classes d'équivalence de type cyclique, de type spatial et de type métrique.*

*Les règles sont porteuses d'une logique qui accorde une grande importance à l'espace et aux distances à parcourir. L'action motrice du joueur se prête à une analyse en termes d'arbre de décision et de matrice de réussite. On décrit des comportements « rationnels » qui s'expriment dans des stratégies d'antagonisme ou d'alliance.*

*Une étude expérimentale portant sur des joueurs de cinq à vingt-cinq ans plonge le modèle dans la réalité. On constate une intense pesée de la logique interne du jeu : il y a surabondance des structures « rationnelles ». Cependant certains joueurs, notamment les plus petits et quelques jeunes filles, bousculent parfois la logique pour adopter des conduites motrices non « rationnelles » mais qui s'accordent davantage à leur propre affectivité.*

### SUMMARY

*The object of this study is a well-known athletic game called four corners. Its rules determine a succession of displacements organized according to a group structure. The set of displacement graphs can be distributed according to three partitions which furnish invaluable support to experimental studies : in this manner one obtains equivalence classes of cyclic, spatial and metric types.*

*The rules form a structure in which the space and the distances to be covered play a very important role. The movements of the player lend themselves to an analysis in terms of a decision tree and a success matrix. One describes the « rational » behaviours that express themselves in strategies of antagonism or alliance.*

*An experimental study with players from five to twenty-five years of age relates the model to reality. The internal logic of the game weighs heavily : « rational » structures are overly abundant. However certain players, notably the youngest ones and some girls, at times abandon the logic to use movement patterns that are non-« rational » but which correspond more closely with their own personal whims.*

---

\* Ecole Normale Supérieure d'Education Physique et Sportive, UER de Mathématique, Logique Formelle et Informatique, Université René Descartes, Paris.

Le jeu sportif est certainement un des grands oubliés de la recherche en théorie des jeux. Et cela est d'autant plus étonnant qu'ici le terme de *jeu* n'est pas utilisé de façon métaphorique comme c'est le cas dans les situations habituellement étudiées qui sont de type électoral, économique ou militaire. D'autant plus étonnant encore que l'étude expérimentale du jeu sportif est possible en grandeur réelle et sans recourir à des conflits fictifs en laboratoire dont le caractère artificiel est fréquemment critiqué. D'autant plus étonnant enfin que le jeu sportif forme une unité isolable bien définie, soumise à des règles précises qui la délimitent dans le temps et dans l'espace. « C'est la clôture qui fait le jeu », constate G. Th. Guilbaud [9], et cette clôture qui caractérise le jeu sportif est particulièrement propice à l'observation et à l'analyse.

Par « jeu sportif » nous entendons toute situation motrice d'affrontement codifiée qui est dénommée « jeu » ou « sport » par les instances sociales. Schématiquement, ce concept recouvre deux sous-ensembles socialement distincts : d'une part le secteur des *jeux institutionnalisés*, régis par des fédérations, c'est-à-dire les sports proprement dits (athlétisme, sports collectifs, escrime, sports de combat...), d'autre part le secteur des *jeux traditionnels*, jeux codifiés transmis souvent par tradition orale et auxquels les enfants aiment à s'adonner au cours de leurs récréations (balle au chasseur, balle au prisonnier, marelle, quatre coins, les barres...).

L'homme jouant est un homme agissant et décidant ; ses décisions s'expriment dans une *action* dont les sciences de l'homme peuvent légitimement se préoccuper. Ainsi que l'écrit R. Daval « il faut reconnaître que toutes ces sciences de l'homme, et en particulier la psychologie sociale, sont en quelque manière des sciences de l'action » [5]. Ce point de vue nous paraît capital pour la connaissance du jeu sportif ; dans ce cas, l'action est une praxis originale qui « prend corps » au sens fort du terme : il s'agit d'une action corporelle, d'une *action motrice*. Celle-ci peut être étudiée sous de multiples points de vue (bio-mécanique, psychologique, groupal, sociologique, mathématique...), points de vue qui peuvent converger vers la notion de décision. Le jeu sportif semble pouvoir ainsi s'inscrire dans le champ global d'une théorie des jeux et plus précisément dans le champ d'une praxéologie motrice.

Nous allons choisir ici un jeu sportif traditionnel très simple auquel tout lecteur a certainement joué durant son enfance : le jeu des quatre coins. L'étude portera sur trois points.

Dans un premier temps, nous tenterons de déceler les structures de déplacement déterminées par la logique de la règle et les contraintes de l'espace ; nous décrirons et classerons ces structures.

Dans un second temps, nous proposerons une théorie du comportement rationnel de chaque joueur, ce qui conduira à poser le problème en termes de décision et de stratégie.

Dans un dernier temps, à la lumière des analyses précédentes, nous présenterons des résultats expérimentaux recueillis auprès de groupes de joueurs échelonnés de la petite enfance à l'âge adulte.

## A. LA STRUCTURE DES DÉPLACEMENTS

### 1. LES RÈGLES DU JEU

C'est la règle qui fait le jeu. C'est effectivement par cette règle d'importance capitale que le jeu devient un « monde temporaire » et un « véritable microcosme » selon les expressions de G. Th. Guilbaud [9].

Nous utiliserons deux variantes des quatre coins. On appelle variantes d'un jeu, des formes ludiques très proches qui ne présentent dans leurs règles et dans l'aménagement de celles-ci que des différences apparemment secondaires. Les deux variantes utilisées ici offrent une très grande similitude, ce qui permettra d'observer au niveau des conduites ludiques les conséquences d'une légère modification du code de jeu. Ces deux *variantes* fonctionneront donc comme deux modalités distinctes de la même *variable* indépendante : « règle du jeu ». En raison de leurs caractéristiques, elles seront respectivement appelées *libre* et *stricte*.

● *La variante libre* : l'espace de jeu a la forme d'un carré de 5 à 8 mètres de côté dont chacun des coins figure un poste gagnant (ce peut être un arbre, un fanion ou un cercle tracé sur le sol). Au centre du carré est situé le poste perdant : le joueur à qui ce poste échoit est appelé le « trimeur ». Chacun des cinq joueurs est affecté à un poste et tout poste est occupé par un et un seul joueur.

L'objectif du trimeur est de s'emparer d'un coin dès que celui-ci devient provisoirement vide. Les quatre autres pratiquants cherchent à changer de coin en évitant de se retrouver au centre, « dans le pot », comme disent les enfants. Chaque joueur est *libre* de ses initiatives : il démarre quand il veut, vers le coin

de son choix et il peut revenir à son gré occuper à nouveau son propre coin de départ (à condition bien entendu que celui-ci soit vide).

- *La variante stricte* : toutes les règles concernant l'espace de jeu, la distribution des rôles et le gain du coup sont identiques aux précédentes à l'exception d'une seule. C'est le trimeur et lui seul qui possède l'initiative du début du coup : dès qu'il donne le signal convenu, les quatre joueurs de coin doivent de façon *stricte* quitter leur coin sans avoir le droit d'y revenir en rebroussant chemin.

- *Le coup du jeu* : lors de la variante stricte, chaque signal du trimeur déclenche un *coup* du jeu ; celui-ci est constitué de l'ensemble des déplacements réalisés entre deux signaux successifs.

La fragmentation en coups n'a pas été prévue par la règle de la variante libre. Pour une disposition de départ donnée, nous interpréterons comme un coup du jeu chaque changement de poste, associé éventuellement à tout autre changement de poste qui serait engagé avant la fin de cette première action.

Chaque coup représente une *unité de jeu*. Le déroulement d'une partie de quatre coins sera donc traduit par une *séquence* finie de coups enchaînés les uns aux autres.

## 2. LES DÉPLACEMENTS COLLECTIFS : UNE STRUCTURE DE GROUPE

### 2.1. Un modèle de coup : le graphe monotone

Le déroulement d'une partie se caractérise par des déplacements de joueurs de poste à poste. Chaque participant essaie de conquérir un coin : il se lance dans une course visant à la prise d'un territoire.

La représentation d'un coup du jeu pourra ainsi être faite à l'aide de deux ensembles qui définiront un graphe orienté  $G = (X, U)$  :

- l'ensemble  $X$  des cinq postes (ou sommets du graphe),
- l'ensemble  $U$  des déplacements, c'est-à-dire des cinq couples de postes (ou arcs du graphe) correspondant aux déplacements des cinq joueurs.

Dès à présent il convient de faire une distinction entre les déplacements de chaque joueur et le déplacement collectif, celui-ci résultant de la composition de ceux-là.

On appellera *déplacement individuel* le couple de postes associé à un joueur ; le poste de départ peut éventuellement être confondu avec le poste d'arrivée si le joueur ne change pas de poste.

On appellera *déplacement collectif*, l'ensemble des cinq déplacements individuels. A chaque déplacement collectif correspond un coup du jeu qui, comme nous l'avons vu, peut être représenté par un graphe dont nous allons étudier les propriétés.

Nous appellerons *graphe monotone* tout graphe orienté tel que chaque sommet soit d'une part l'extrémité initiale d'un arc et d'un seul, d'autre part l'extrémité finale d'un arc et d'un seul (ces deux extrémités pouvant éventuellement être indexées au même arc). La règle des quatre coins stipulant que tout joueur est occupant et tout poste occupé, le graphe du déplacement collectif est nécessairement un graphe monotone.

### 2.2. Le groupe des permutations

Chaque déplacement collectif correspond à une bijection de l'ensemble des cinq postes sur lui-même, c'est-à-dire à une *permutation ou substitution*. Graphe monotone et permutation sont donc deux traductions équivalentes d'une même réalité. Il s'est avéré nécessaire de recourir au langage des graphes afin, dans un second temps, d'établir une métrique, une valuation qui, à chaque graphe monotone, associera une longueur-image.

L'enchaînement de deux coups du jeu peut être traduit par la composition des deux bijections correspondantes ou par la « multiplication » des deux graphes monotones concernés (Kreweras [11]). Chaque permutation possédant 5 éléments, l'ensemble des permutations possibles  $S$  a pour cardinal factorielle de 5, c'est-à-dire 120. Cet univers dénombré  $S$  de 120 substitutions muni d'une loi de composition binaire possède plusieurs caractéristiques classiques (Frey [7]) : la loi de composition interne est *associative* ; il existe un *élément* neutre (permutation identique) et chaque permutation possède son *inverse* ; enfin, dans le cas général, cette loi n'est pas commutative.

Ces propriétés définissent une *structure de groupe* : il s'agit du groupe symétrique  $S_5$ . La donnée de l'ensemble des 120 déplacements collectifs possibles des quatre coins muni de la loi d'enchaînement constitue donc un groupe.

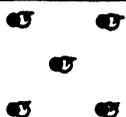
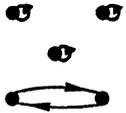
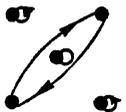
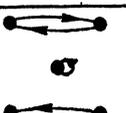
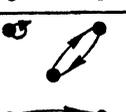
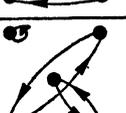
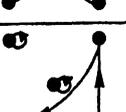
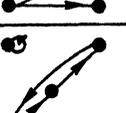
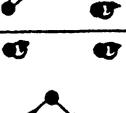
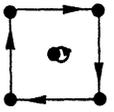
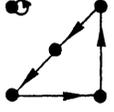
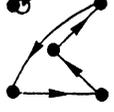
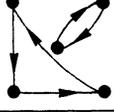
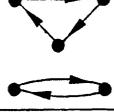
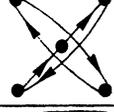
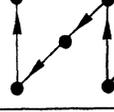
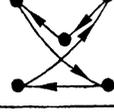
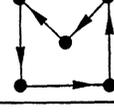
Classes de graphes monotones associés aux substitutions	Longueur du graphe	Étiquette	Effectif de la classe	Fréquence théorique (Effectif sur l'ensemble des possibles)	Classes d'équivalence cycliques
	0	G <sub>1</sub>	1	0,83 %	C <sub>1</sub> (5, 0, 0, 0, 0)
	2	G <sub>2</sub>	4	3,33 %	C <sub>2</sub> (3, 1, 0, 0, 0)
	2,82	G <sub>3</sub>	2	1,66 %	
	1,41	G <sub>4</sub>	4	3,33 %	
	4	G <sub>5</sub>	2	1,66 %	C <sub>3</sub> (1, 2, 0, 0, 0)
	5,64	G <sub>6</sub>	1	0,83 %	
	3,41	G <sub>7</sub>	8	6,66 %	
	4,23	G <sub>8</sub>	4	3,33 %	
	3,41	G <sub>9</sub>	8	6,66 %	C <sub>4</sub> (2, 0, 1, 0, 0)
	2,82	G <sub>10</sub>	4	3,33 %	
	2,41	G <sub>11</sub>	8	6,66 %	

Figure 1. Partition  $P_g$  des 120 graphes monotones en 22 classes d'équivalence spatiale  
L'isomorphisme des éléments d'une classe prend en compte la différenciation des arcs selon 4 types (arc-côté, arc-diagonale, demi arc-diagonale et boucle).

Classes de graphes monotones associés aux substitutions	Longueur du graphe	Étiquette	Effectif de la classe	Fréquence théorique (Effectif sur l'ensemble des possibles)	Classes d'équivalence cycliques
	4	G <sub>12</sub>	2	1,66 %	C <sub>5</sub> (1, 0, 0, 1, 0)
	4,82	G <sub>13</sub>	4	3,33 %	
	3,41	G <sub>14</sub>	8	6,66 %	
	3,82	G <sub>15</sub>	8	6,66 %	
	3,82	G <sub>16</sub>	8	6,66 %	
	4,82	G <sub>17</sub>	8	6,66 %	C <sub>6</sub> (0, 1, 1, 0, 0)
	4,41	G <sub>18</sub>	8	6,66 %	
	5,64	G <sub>19</sub>	4	3,33 %	
	4,82	G <sub>20</sub>	8	6,66 %	C <sub>7</sub> (0, 0, 0, 0, 1)
	5,23	G <sub>21</sub>	8	6,66 %	
	4,41	G <sub>22</sub>	8	6,66 %	
			120	100 %	

### 3. LES CLASSES D'ÉQUIVALENCE CYCLIQUE

Essayons d'organiser l'ensemble  $S_5$ , c'est-à-dire de répartir les 120 substitutions possibles en types ou classes d'équivalence.

On sait que toute permutation peut être décomposée de façon unique en *cycles* disjoints. Deux substitutions qui possèdent le même nombre de cycles, respectivement de même degré, sont dites conjuguées et sont isomorphes. On peut ainsi réaliser une partition  $P_c$  en répartissant les 120 substitutions en classes de conjuguées ou classes d'équivalence cyclique (Barbut et Monjardet [1], Berge [3], Kaufmann [10]).

A chaque partage de l'entier 5 est associée une classe d'équivalence. Le nombre 5 admet 7 partages : l'ensemble des 120 permutations accueille donc une partition  $P_c$  selon 7 classes d'équivalence cyclique (Fig. 1). Chacune de ces classes représente un *type* de permutation dont nous pouvons calculer l'effectif à l'aide de la formule de Cauchy.

Si  $T$  est le nombre de permutations (de degré  $n$ ) appartenant à la classe considérée  $C_j$  et si  $k_i$  représente le nombre de cycles de degré  $i$  possédés par toute permutation de cette classe, il vient :

$$T(C_j) = T(k_1, k_2, \dots, k_{n-1}, k_n) = \frac{n!}{\prod_{i=1}^n i^{k_i} \cdot k_i!}$$

Les effectifs de chacune des sept classes étiquetées de cette partition  $P_c$  sont reportés sur la Figure 1. Les graphes monotones correspondants sont associés à chaque classe tout en étant eux-mêmes distingués plus finement selon des critères spatiaux que nous allons maintenant envisager.

### 4. LES CLASSES D'ÉQUIVALENCE SPATIALE

Les sept classes d'équivalence obtenues sont trop grossières pour permettre d'analyser avec nuance les mécanismes sociomoteurs actualisés sur le terrain. Les *impératifs de l'espace* interfèrent en effet avec la structure algébrique mise en évidence.

On peut distinguer deux types de joueurs répondant aux deux rôles sociomoteurs institués par les règles du jeu. D'une part le *trimeur* dont le poste central est spatialement favorisé : exclu du réseau de communication et n'intervenant que dans le réseau de contre-communication, le trimeur est seul de son espèce ; d'autre part, les *joueurs de coin* qui occupent les quatre territoires convoités, hauts lieux de la réussite ludique. La *logique du jeu repose sur la disposition spatiale* de ces cinq postes qui détermine des déplacements traduisant des alliances ou des conflits de rôles sociomoteurs.

Selon la distance inter-postes parcourue, on peut distinguer trois types de déplacements individuels : déplacement entre deux coins adjacents, entre deux coins de la même diagonale, entre un coin et le poste central ; on y ajoutera un quatrième type : le déplacement « nul » du joueur qui ne change pas de poste.

Nous distinguons donc *quatre types d'arcs* parmi les 25 arcs possibles du graphe complet construit sur les cinq postes. Tout déplacement collectif répond à une composition de cinq arcs pouvant appartenir à un seul type (graphe-identité) ou à plusieurs (2, 3 ou 4) de ces types.

Les sept classes de conjuguées peuvent donc à leur tour être partitionnées en sous-classes dont chacune regroupe les *graphes isomorphes* en regard des quatre types d'arcs composés selon la relation de successeur. On obtient une partition  $P_s$  comprenant 22 classes d'équivalence spatiale.

La Figure 1 détaille ces 22 classes d'équivalence spatiale dans une disposition qui montre que la partition « spatiale »  $P_s$  est emboîtée dans la partition « cyclique »  $P_c$ . Plus fine en effet que  $P_c$ , la partition  $P_s$  présente un grand intérêt pratique car tous les déplacements collectifs relevés sur le terrain seront transcrits et distribués selon ses 22 types d'organisation spatiale. Ce sera là une précieuse grille d'observation et de pré-traitement des résultats. Afin de posséder une référence de comparaison, on a également rapporté l'effectif de chaque classe au cardinal de l'ensemble des possibles. Cette fréquence, qui repose sur l'hypothèse d'équiprobabilité des 120 permutations, sera considérée comme la fréquence théorique de chacune de ces classes.

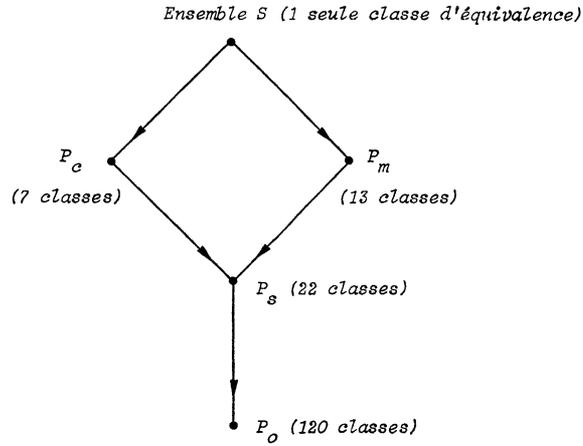


Figure 2. Treillis des partitions étudiées, ordonnées partiellement par la relation de finesse

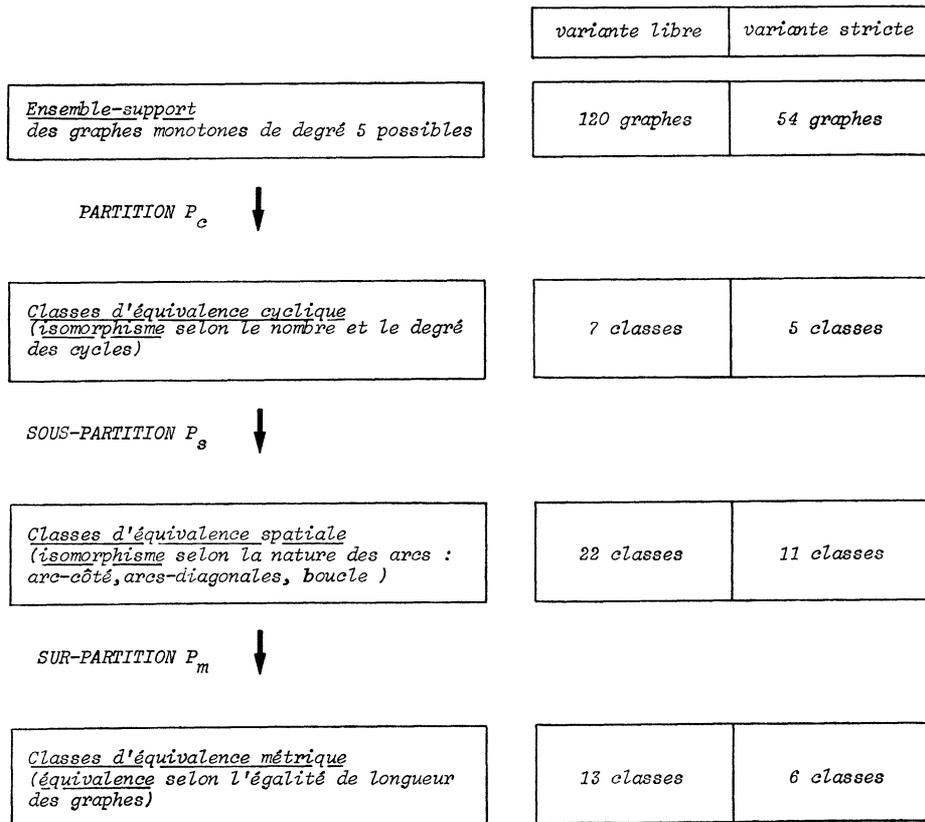


Figure 3. Démarche suivie pour organiser le champ des possibles

Le graphe-identité a été ici pris en compte ; il n'y a pas de relation d'affinage entre la 1<sup>è</sup> et la 3<sup>è</sup> partitions.

## 5. LES CLASSES D'ÉQUIVALENCE MÉTRIQUE

Il est possible de pousser davantage la prise en compte de l'espace en quantifiant les déplacements spatiaux. A cette fin, nous allons « valuer » les graphes monotones en affectant une *mesure* à chacun de leurs arcs.

Les quatre coins étant disposés comme les sommets d'un carré, nous accordons la valeur unité au côté du carré, donc la valeur  $\sqrt{2}$  à la diagonale et  $\sqrt{2}/2$  à la demi-diagonale ; la valeur zéro sera associée à toute boucle (déplacement nul).

La valuation des arcs d'un graphe correspond donc ici à la double donnée de ce graphe  $G = (X, U)$  et d'une application-longueur ( $l$ ) de l'ensemble des cinq arcs  $U$  dans un ensemble numérique à quatre éléments.

$$U \xrightarrow{l} \{0, \sqrt{2}/2, 1, \sqrt{2}\}$$

Appelons longueur  $l_{(u)}$  de l'arc  $u$  la mesure qui lui est associée et longueur  $L_{(G)}$  du graphe  $G$ , la somme des longueurs de ses arcs.

$$L_{(G)} = \sum_{u \in U} l_{(u)}$$

La longueur d'un graphe mesure un coût en distance parcourue, coût qui varie de façon discrète en prenant 13 valeurs de 0 à 5,64 (Fig. 1).

Cette nouvelle application-longueur ( $L$ ) dote l'ensemble des 120 graphes monotones d'une *structure de pré-ordre* [1] [2] qui appelle deux remarques :

- d'une part, il y a *équivalence* de tous les graphes qui ont la même longueur-image,
- d'autre part, il y a *ordre total* sur l'ensemble-quotient des classes d'équivalence obtenues.

On a ainsi une nouvelle partition  $P_m$  qui regroupe en classes d'équivalence tous les graphes de même longueur. On obtient des *classes d'équivalence métrique* totalement ordonnées qui réalisent une surpartition de l'ensemble des classes d'équivalence spatiale (13 classes au lieu de 22 pour la variante libre et 6 au lieu de 11 pour la variante stricte).

Ces deux partitions (spatiale  $P_s$  et métrique  $P_m$ ) proposent deux grilles complémentaires à partir desquelles nous effectuerons le rangement puis l'interprétation des déplacements collectifs observés sur l'aire de jeu. Les longueurs des graphes sont reportées sur la Figure 1. La démarche suivie pour organiser l'ensemble-support des 120 graphes est résumée sur la Figure 3 et les trois partitions étudiées  $P_c$ ,  $P_s$  et  $P_m$  sont organisées selon la relation d'affinage dans le treillis de la Figure 2.

## B. LA THÉORIE DU JEU ET LA STRATÉGIE DES JOUEURS

### 1. LA RATIONALITÉ DU JOUEUR

#### 1.1. L'esprit du jeu

Appelons joueur « rationnel » tout participant qui, jouant dans l'esprit du jeu, choisit la stratégie objectivement optimale dans le cadre des règles et des contraintes prescrites. Jouer dans l'esprit du jeu, c'est se conformer aux règles explicites et implicites qui caractérisent le jeu considéré ; c'est notamment chercher à atteindre l'objectif officiellement assigné : ce sera par exemple essayer de s'emparer d'un coin et non feindre ce comportement pour tenter de rester au milieu afin de tenir le centre de la scène.

Par définition, le joueur « rationnel » est celui qui *cherche à gagner* selon les prescriptions du code, en s'adaptant le plus efficacement possible aux ressources du terrain et au comportement des autres joueurs. En langage de théorie des jeux, on dira que le sujet cherche à maximiser son utilité. Dans le domaine des jeux sportifs, cette utilité prend des formes variables selon les cas : il peut s'agir simplement de gagner une partie, d'obtenir le score le plus favorable ou encore de remporter le plus grand nombre possible de réussites ponctuelles (comme aux quatre coins). Ces résultats sont associés à un niveau de satisfaction relatif que le joueur essaie de rendre le plus élevé possible.

Aux quatre coins, l'utilité est indexée à la conquête d'un territoire ; se retrouver au milieu, dans le « pot » comme disent les enfants, c'est l'échec, c'est l'utilité « négative ». A chaque coup du jeu, il n'y a que deux issues possibles pour le joueur : s'emparer d'un coin (indice d'utilité  $U_c = + 1$ ) ou se retrouver au centre (indice d'utilité  $U_z = - 1$ ). L'esprit du jeu détermine une échelle d'utilité répondant à un ordre de préférence évident, dont les deux éléments ont été conventionnellement affectés des valeurs  $+ 1$  et  $- 1$ .

## 1.2. La notion de stratégie

Par stratégie, nous entendons ici, de façon classique, la prévision par le joueur de la succession de ses actions, d'une part en fonction des exigences de la situation matérielle, et d'autre part en réponse aux comportements éventuels des autres participants. Le joueur se donne donc à l'avance une *règle de conduite* précise qui doit prendre en compte tout le champ des possibles. Le joueur choisit les chemine-ments qui, articulés aux diverses décisions prévisibles d'autrui, offrent la plus grande probabilité de réussite.

Concrètement, la stratégie d'un joueur doit pouvoir se traduire par un *arbre de décisions* mettant en évidence toutes les séquences possibles de ses décisions pratiques. Dans le cas où un tel plan d'action peut être exhibé, les décisions ludiques présentent deux caractères cohérents bien qu'apparemment contra-dictoires.

*Elles sont conditionnelles* : en effet, le sujet choisit en fonction de l'information qu'il prélève au fur et à mesure de l'action ; ses propres choix dépendent du comportement des autres participants.

*Elles sont déterministes* : avant l'action, tous les choix d'autrui sont théoriquement envisagés. Les conditions d'intervention des autres étant toutes prévues ainsi que la réponse à leur donner, l'aspect conditionnel se mue en totale détermination.

## 2. ANALYSES DES COMPORTEMENTS RATIONNELS DES JOUEURS

Essayons d'analyser la variante stricte du jeu des quatre coins qui offre une situation particulièrement propice à la rigueur de l'observation. Quel est l'ensemble des configurations possibles compatibles avec les règles de cette variante ?

### 2.1. L'ensemble des possibles

Cet ensemble est constitué des graphes monotones sans boucle ou *graphes stricts* (joueurs de coin obligés de changer de poste) et des graphes monotones ayant une boucle et une seule affectant le poste central ou graphes 1-bouclés en  $Z$  (échec du trimeur qui reste au milieu).

*Les graphes stricts*, en langage des permutations, sont des substitutions sans point fixe, ce qu'on appelle encore des *dérangements*. Une formule de combinatoire permet aisément d'obtenir le total  $D_{(n)}$  des dérange-ments associés à un ensemble à  $n$  éléments

$$D_{(n)} = n ! \left[ 1 - \frac{1}{1 !} + \frac{1}{2 !} - \frac{1}{3 !} + \dots (-1)^n \frac{1}{n !} \right] \text{ soit dans notre cas : } D_{(5)} = 44.$$

*Les graphes Z-bouclés* correspondent à des substitutions ayant une coïncidence. Le nombre de subs-titutions  $D_{(n,k)}$  ayant  $k$  coïncidences dans un ensemble de  $n$  objets est tel que :

$$D_{(n,k)} = \frac{n !}{k !} \left[ 1 - \frac{1}{1 !} + \frac{1}{2 !} - \frac{1}{3 !} \dots + (-1)^{(n-k)} \frac{1}{(n-k) !} \right],$$

ce qui donne ici  $D_{(5,1)} = 45$ . Le sommet  $Z$  étant le seul pris en compte parmi les cinq possibles, le nombre cherché est donc 9.

En ajoutant le graphe identité, on aboutit à un ensemble de 54 graphes monotones partitionné en 11 classes d'équivalence spatiale et en 6 classes d'équivalence métrique (Fig. 3 et 12).

Remarquons que la loi d'enchaînement ne munit pas cet ensemble d'une structure de groupe. En effet, la composition de certains graphes fait « sortir » de l'ensemble, ensemble qui n'est donc pas fermé pour la loi d'enchaînement.

## 2.2. Plus proches voisins et stratégie rationnelle

La prise en compte de la longueur des arcs (valuation  $l$ ) entraîne des conséquences métriques qui vont être à la base de l'analyse.

Nous considérons par hypothèse que les joueurs sont de capacité motrice identique et qu'ils courent donc sensiblement à la même vitesse. De deux joueurs qui s'élancent au même signal, celui qui parcourt la distance 0,70 arrivera donc avant celui qui parcourt la distance 1 ; et si deux protagonistes se disputent le même coin en ayant à franchir la même distance, nous postulerons que leurs chances respectives de réussite sont de  $\frac{1}{2}$ .

*Définition* : Un coin quelconque  $c$  sera déclaré plus proche voisin ( $p.p.v.$ ) du poste  $p$  si la distance de  $p$  à  $c$  n'est pas plus longue que la distance de  $p$  à tout autre coin du jeu.

Tout joueur « rationnel » s'élancera systématiquement vers l'un de ses proches voisins, situé soit à distance 0,70 soit à distance 1.

### 1. Le trimeur

Le poste central qui, par définition même, ne peut être déclaré  $p.p.v.$ , possède 4  $p.p.v.$  tous situés à la distance la plus faible possible : 0,70. Tout coin ne possède que deux  $p.p.v.$  situés à distance 1. Le trimeur a donc un double avantage :

*Dans l'espace* : il peut choisir à sa guise l'un des quatre coins dont la conquête lui impose un déplacement de longueur très inférieure à celle des trajets adverses (0,70 contre 1).

*Dans le temps* : c'est lui qui donne le signal de départ. Cette initiative lui permet de s'élancer le premier, parfois de surprendre ses adversaires, ce qui se traduit par un nouveau gain spatial.

Il est donc clair que selon la logique même des règles du jeu, *le trimeur est assuré de l'emporter*. Tout joueur « rationnel » au sens où nous l'avons entendu ne peut donc séjourner plus d'un coup au poste central. Si nos résultats d'observation exhibent un joueur qui « boucle » trois ou quatre coups successifs au centre, il conviendra d'interpréter de telles séquences. Il ne faudra pas en conclure qu'il s'agit là d'un « mauvais » joueur mais sans doute sera-t-il nécessaire de changer d'hypothèse concernant l'attitude ludique du participant. Il faudra déceler la représentation subjective qui définit son utilité et tenter de découvrir la rationalité qu'il met au service de cette utilité originale.

### b. Les joueurs de coin

Avant le début du coup, les quatre joueurs de coin sont dans une position équivalente. Dès que le joueur central démarre, la situation est transformée. Soit  $A$  le coin vers lequel court le trimeur (Fig. 8) ; la diagonale qui aboutit au coin  $A$  choisi par le trimeur sera appelée *diagonale principale* et l'autre sera appelée *diagonale secondaire*. Le poste  $A$  possède deux  $p.p.v.$ , situés à distance 1 : les coins  $B$  et  $D$ . Ainsi que nous l'avons souligné, le quatrième coin  $C$ , distant de 1,41, n'est jamais retenu dans la décision rationnelle du joueur. En conclusion, le joueur  $J_A$  a donc un choix à faire entre deux postes équivalents en regard des distances :  $B$  et  $D$ .

L'autre participant de la diagonale principale est dans une situation semblable à celle de  $J_A$  : la prise en compte des distances lui laisse le choix entre ses deux  $p.p.v.$  :  $B$  et  $D$ , tous deux situés à distance 1.

Le joueur  $J_B$  de la diagonale secondaire a deux  $p.p.v.$  : les postes  $A$  et  $C$  ; mais  $A$  étant choisi par le trimeur assuré de réussir, il ne lui reste qu'un seul coin à distance 1 :  $C$ .

Le joueur  $J_D$ , qui est le vis-à-vis de  $J_B$ , est dans la même situation que celui-ci : le coin  $C$  est son seul  $p.p.v.$  disponible.

Il apparaît ainsi que les joueurs  $J_A$  et  $J_C$  ont deux coins à leur disposition (ce qui permet un partage équitable éventuel) et que les joueurs  $J_B$  et  $J_D$  n'en ont qu'un seul (ce qui interdit tout partage).

## 2.3. Les matrices de réussite

Il est possible de résumer cette analyse en dressant la matrice de réussite des différents joueurs. Le fait de conquérir un coin (réussite) est conventionnellement noté  $+1$  et le fait de se retrouver au centre (échec) est noté  $-1$ .

Le trimeur  $J_Z$  a une stratégie gagnante quel que soit le comportement de ses adversaires (Fig. 4).

Les joueurs  $J_A$  et  $J_C$  de la 1<sup>re</sup> diagonale battent sans coup férir les joueurs  $J_B$  et  $J_D$  de la 2<sup>e</sup> diagonale pour qui les postes  $D$  et  $B$  ne sont pas des *p.p.v.* (Fig. 5). Si  $J_A$  et  $J_C$  jettent leur dévolu sur le même coin (soit  $B$ , soit  $D$ ) l'un gagne et l'autre échoue (Fig. 6). En revanche, ils sont sûrs de gagner *tous les deux* s'ils s'attribuent de façon complémentaire leurs deux *p.p.v.* communs (Fig. 6).

Les deux joueurs de la diagonale principale ont donc deux possibilités opposées d'interaction :

*Ils peuvent être alliés* : l'un choisit un des deux *p.p.v.* communs que l'autre ne prend pas ; dans ce cas, ils gagnent tous les deux.

*Ils peuvent être concurrents* : tous deux tentent de s'emparer du même *p.p.v.* ; l'un des deux gagnera et l'autre perdra (avec une probabilité de  $\frac{1}{2}$ ).

Il est donc évident que la réalisation d'une stratégie rationnelle nécessite une coordination entre ces deux participants : nous appelons *alliance* le fait que les comportements de ces deux joueurs soient réglés l'un sur l'autre, serait-ce tacitement, de telle sorte qu'ils n'entrent pas en compétition. Cette alliance apporte à ces deux joueurs une solution optimum.

Les deux sujets de la diagonale secondaire  $J_B$  et  $J_D$  sont sûrs d'être battus par  $J_A$  et  $J_C$  dans la dispute des coins  $D$  et  $B$  : ils ne disposent donc plus que d'un seul refuge, le poste  $C$ . Seul, l'un des deux peut donc réussir (avec une probabilité  $\frac{1}{2}$ ). Les deux joueurs  $J_B$  et  $J_D$  sont donc condamnés à être des *concurrents directs* ; en outre le perdant du coup sera assurément l'un de ces deux protagonistes (Fig. 7).

		Joueur de coin	
trimeur	Coins convoités ↗	C'	Autre coin
	Coin quelconque C'	(+1 ; -1)	(+1;-1) w (+1;+1)

Figure 4. Matrice de réussite du trimeur  
Quelle que soit la décision des 4 joueurs de coin, le trimeur gagne à tout coup.

		diagonale secondaire	
		J <sub>B</sub>	J <sub>D</sub>
diagonale principale	Coins convoités ↗	Coin D	Coin B
	Coin D	(+1 ; -1)	(+1 ; -1)
	Coin B	(+1 ; -1)	(+1 ; -1)

Figure 5. Matrice des joueurs des deux diagonales

Les stratégies de la diagonale principale dominent les stratégies de la diagonale secondaire (J<sub>A</sub> et J<sub>C</sub> sont supposés rationnels).

		Joueur J <sub>C</sub>	
J <sub>A</sub>	Coins convoités ↗	Coin B	Coin D
	Coin B	(+1;-1) w (-1;+1)	(+1 ; +1)
	Coin D	(+1 ; +1)	(+1;-1) w (-1;+1)

Figure 6. Matrice de réussite réciproque des deux joueurs de la diagonale principale

Ces deux joueurs ont deux solutions gagnantes s'ils adoptent un comportement d'alliance.

		J <sub>D</sub>
J <sub>B</sub>	Coins convoités ↗	Coin C
	Coin C	(+1;-1) w (-1;+1)

Figure 7. Matrice de réussite réciproque des deux joueurs de la diagonale secondaire

Voués à entrer en compétition, ces deux joueurs n'ont chacun qu'une chance sur deux de gagner.

En bref, nous constatons que les cinq joueurs se répartissent selon trois catégories qui constituent trois sous-groupes internes :

*Le joueur du centre* : très favorisé, il est sûr de réussir.

*Les deux joueurs de la diagonale principale* : ils sont favorisés. L'un d'eux échouera s'ils entrent en compétition ; tous deux gagneront à coup sûr s'ils adoptent un comportement d'alliance.

*Les deux joueurs de la diagonale secondaire* : ils sont vulnérables ; ils sont voués à entrer en compétition directe et l'un d'eux sera le perdant du coup.

### 3. LES SYSTÈMES DÉCISIONNELS

La précision de ces éléments va permettre d'étudier les phénomènes de décision et de stratégie des différents joueurs. Nous nous posons deux problèmes complémentaires qu'il importe de distinguer :

*Le système décisionnel d'ensemble* : selon quels mécanismes les cinq déplacements individuels s'organisent-ils en un déplacement collectif rationnel ? Quelles sont toutes les situations possibles qui répondent précisément à cette hypothèse de rationalité ?

*La décision individuelle* : quel est le point de vue du joueur agissant et décidant face aux actions des autres participants ? Peut-on dans le champ des possibles isoler toutes les stratégies rationnelles d'un joueur, quel que soit le poste qu'il occupe et quelles que soient les décisions prises par les autres participants ?

Nous adoptons ici deux points de vue différenciés que R. Daval a soigneusement distingués : « le point de vue du théoricien de la décision, et le point de vue de l'agent qui décide » [6]. Le premier a pour objet la « décision-phénomène » et le second est centré sur « l'agent en situation », sur « l'agent décidant » [6]. Ainsi, dans notre cas, d'une part nous nous placerons au niveau du groupe et observerons *de l'extérieur* le système articulé des différentes décisions, d'autre part nous envisagerons la stratégie de chaque joueur en essayant d'appréhender *de l'intérieur* le point de vue du décideur. Enfin, nous tenterons de montrer comment ces deux types de phénomènes peuvent interagir.

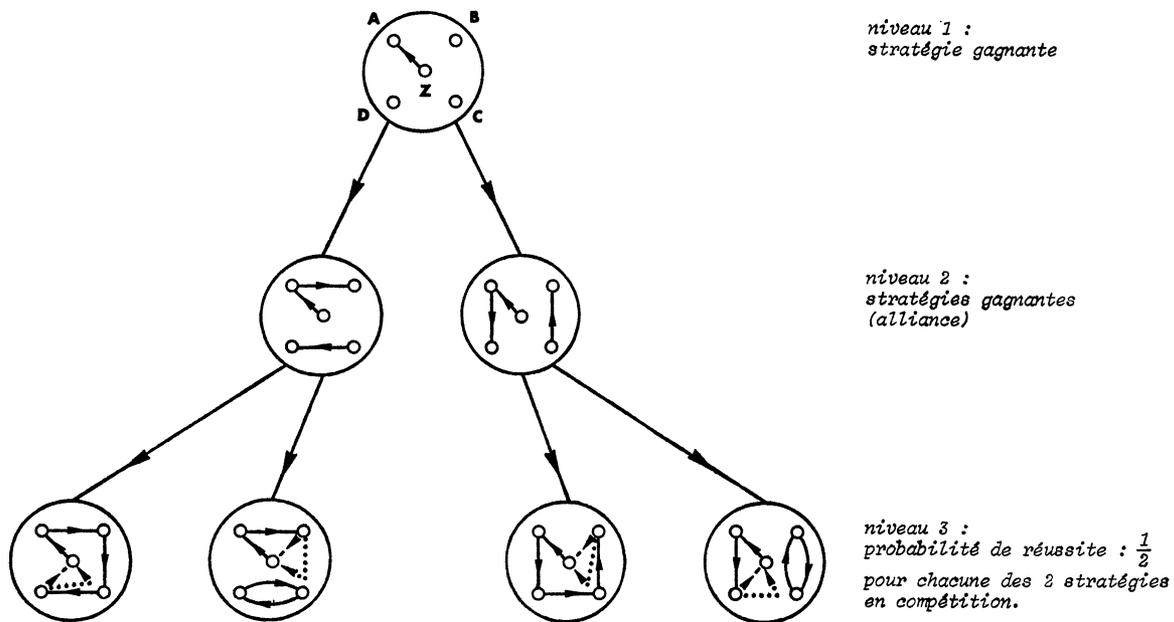


Figure 8. Le système décisionnel d'ensemble

Déplacements collective correspondant aux stratégies rationnelles des cinq joueurs (organisés selon la relation d'inclusion).

### 3.1. Le système décisionnel d'ensemble : la décision collective

L'initiative est entre les mains du trimeur ; celui-ci choisit à sa convenance l'un des quatre coins tous équivalents. Sa stratégie est *gagnante* : nous la représenterons au niveau 1 de la Figure 8 ; nous ne traçons qu'un arc parmi les quatre possibles : chacun de ces derniers conduit à des graphes successifs respectivement isomorphes aux graphes de la Figure 8. Les deux joueurs de la diagonale principale, s'ils coordonnent leur action, ont également une stratégie *gagnante* dont les deux modalités sont portées au niveau 2 de la figure.

Enfin, les deux joueurs de la diagonale secondaire ont chacun une chance sur deux de réussir, ce qui entraîne quatre modalités d'interaction (3<sup>e</sup> niveau). Les trois niveaux de la Figure 8 sont organisés selon un degré de certitude de réussite décroissant.

Les déplacements collectifs rationnels ne correspondent donc qu'à un nombre très réduit de classes d'équivalence spatiale : deux graphes-types seulement ( $G_{18}$  et  $G_{22}$ ). Sur les dix classes possibles (en négligeant le graphe-identité), il n'y en a que deux qui répondent à des comportements rationnels ! Quant aux classes d'équivalence métrique, une seule est représentée sur les cinq classes théoriques.

### 3.2. La décision individuelle

En se plaçant dans l'hypothèse du comportement rationnel, peut-on dresser l'arbre des décisions de tout joueur, quel que soit le poste qu'il occupe ?

Le trimeur dispose de quatre stratégies équivalentes constituées d'un seul arc joignant le poste  $Z$  à l'un des quatre coins (Fig. 9). Il n'a pas à se soucier de la conduite d'autrui ; sa stratégie est dominante et il ne laissera donc que trois coins aux quatre autres participants.

Pour chaque joueur de coin, la situation dépend du poste précis choisi par le trimeur. Adoptons le point de vue du joueur  $J_A$  et faisons varier les choix du trimeur selon les quatre coins, ce qui épuise les possibles.

Supposons que le trimeur s'élance vers le poste  $A$ . Nous savons alors que la stratégie de  $J_A$  sera gagnante s'il accorde sa conduite motrice à celle de son vis-à-vis  $J_C$  de la 1<sup>re</sup> diagonale : si  $J_C$  démarre vers  $B$ , alors  $J_A$  se dirige vers  $D$ , et inversement si  $J_C$  démarre vers  $D$ ,  $J_A$  choisit  $B$  (il est entendu que si  $J_C$  reste passif, alors c'est  $J_A$  qui prend l'initiative en s'élançant à son gré vers  $B$  ou  $D$ ).

Supposons que le trimeur aille en  $C$  : comme dans le cas précédent,  $J_A$  démarre vers  $B$  ou  $D$  selon que  $J_C$  choisira respectivement  $D$  ou  $B$ .

Par contre, si le trimeur s'oriente vers  $B$ ,  $J_A$  n'a plus le choix : il court automatiquement vers  $D$ .

Enfin, si c'est  $D$  qui est visé par le trimeur, alors  $J_A$  n'a toujours pas le choix, il détale vers  $B$ .

L'arbre du jeu offre donc six situations différentes (Fig. 9).

### 3.3. Organigramme de la stratégie du joueur

Compte tenu de la symétrie de certaines situations mises en évidence par l'arbre du jeu, il est possible de transcrire les décisions d'un joueur de coin quel qu'il soit, en un *algorithme* simple. Il convient alors de dichotomiser les situations à partir de trois critères décisifs en adoptant le point de vue du joueur de coin : le trimeur se déplace-t-il sur ma diagonale ? si oui, mon vis-à-vis choisit-il le coin situé à ma gauche ou celui situé à ma droite ? si non, le trimeur choisit-il le coin de ma gauche ou celui de ma droite ? On peut ainsi dresser l'*organigramme* de toutes les décisions praxéologiques possibles d'un joueur de coin rationnel, quel que soit son poste (Fig. 10).

## 4. RÉSEAU LOGIQUE DES POSSIBLES

Les stratégies rationnelles ne représentent, avons-nous vu, qu'un sous-ensemble restreint parmi l'univers des possibles. La compréhension du déroulement du jeu et l'interprétation des déplacements collectifs imposent qu'on envisage l'ensemble des cheminements réalisables et leurs différentes combinaisons.

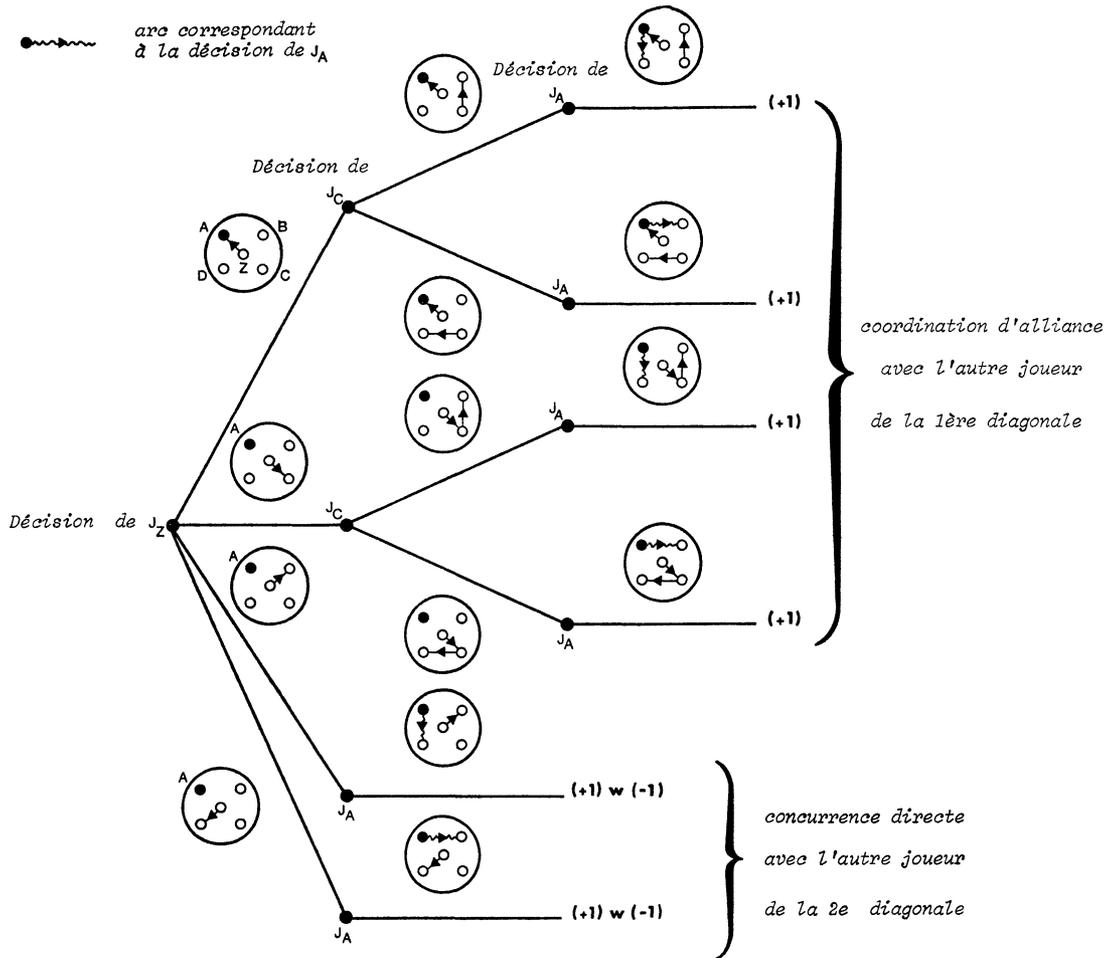


Figure 9. Arbre des décisions du joueur de coin : stratégie rationnelle du joueur de coin quel que soit son poste  
 On a adopté le point de vue du joueur  $J_A$  situé au poste A en début de coup ; les nombres entre parenthèses indiquent l'indice d'utilité des actions correspondantes.

#### 4.1. La signification du réseau des combinaisons de déplacements

La Figure 11 est un extrait de ce réseau T des possibles : elle représente l'organisation *logique* des cinq déplacements individuels dont la réunion aboutit en fin de parcours à un graphe monotone strict. Afin d'obtenir un réseau qui corresponde au plus près à la réalité du terrain, nous avons adopté deux conventions particulièrement compatibles avec « l'esprit du jeu » : le premier déplacement considéré est celui du trimeur et le dernier est celui du joueur qui, ayant échoué, est obligé de rejoindre le poste central (nous prendrons également en compte les graphes 1-bouclés en Z dont la boucle sera par convention le premier déplacement).

Le réseau T représente une organisation logique et non une organisation temporelle linéaire. En effet, dans la réalité, ces déplacements individuels ne se déroulent pas l'un après l'autre ; il y a simultanéité : en droit, les joueurs partent tous au même moment. Cependant, l'observation révèle que les postes ne sont pas investis au même instant mais avec des décalages temporels parfois importants ; et en toute rigueur, il est possible d'ordonner les prises de poste sur l'échelle des temps. D'autre part, à un moment précis du processus, compte tenu des courses des divers participants, il apparaît qu'il y a de massives probabilités pour que tel ou tel poste soit investi par tel ou tel protagoniste. Les graphes partiels de chaque niveau  $i$  peuvent être interprétés, soit comme des résultats acquis à un instant précis du jeu, soit comme la représentation anticipée qu'un joueur peut s'en faire.

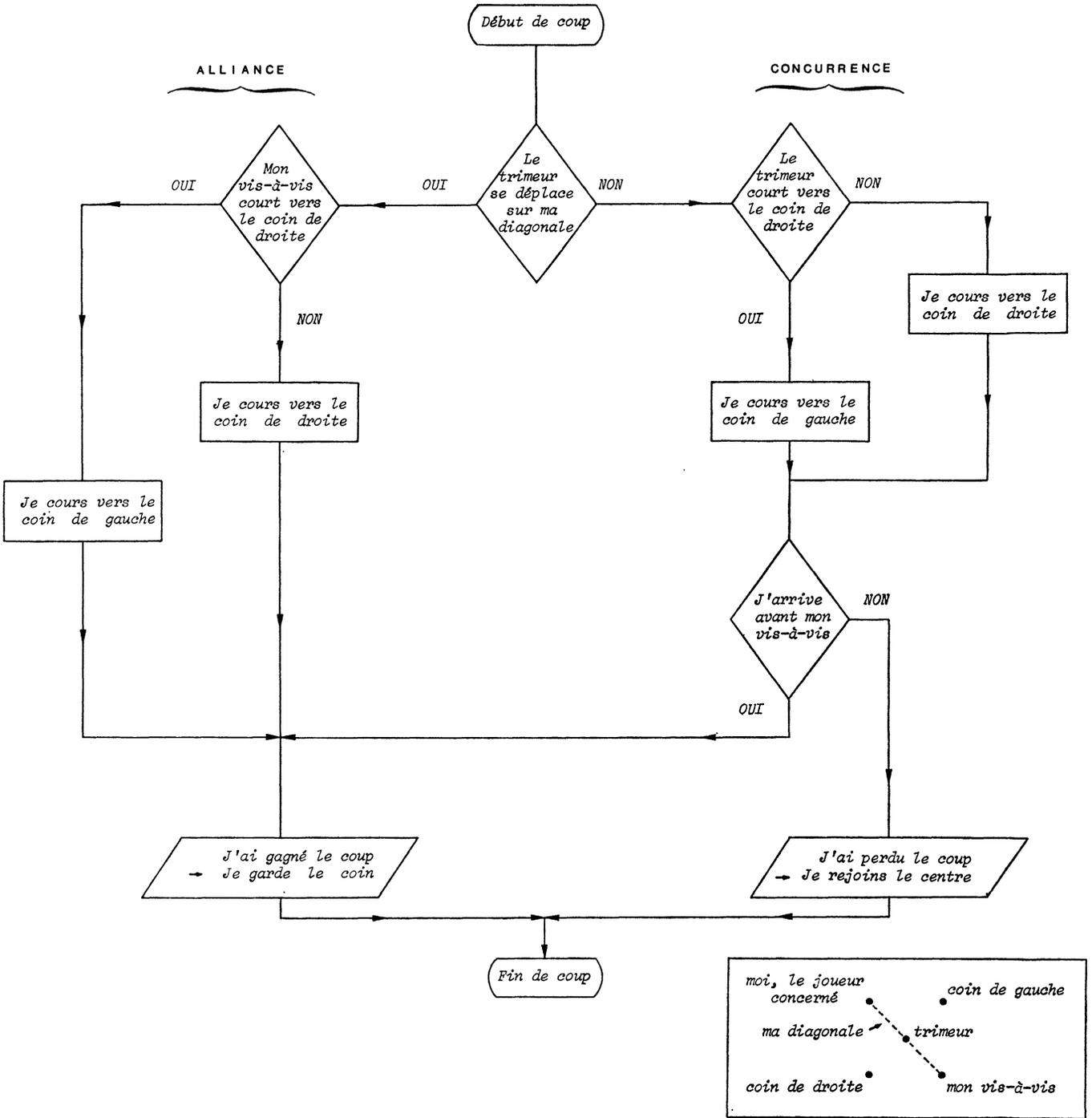


Figure 10. Organigramme des décisions praxéo-logiques du joueur de coin rationnel, quel que soit son poste

Ces graphes partiels illustrent ainsi des *faits perceptifs qui peuvent être à la source des décisions praxéologiques* du joueur au cours même de l'action. Par exemple, les deux graphes partiels  $G_a$  et  $G_b$ , symbolisent le déplacement des deux joueurs  $J_Z$  et  $J_A$  (en ce cas « rationnels ») dont les comportements vont déclencher la conduite de  $J_D$  (ici aussi rationnel : graphe  $G_c$ ). Il peut en être de même pour tout comportement, rationnel ou non ; le joueur agissant essaie d'anticiper la conduite des autres participants et dans de nombreux cas, il perçoit la situation en termes de postes virtuellement occupés et de postes encore libres. C'est bien ce que représentent les graphes partiels du réseau T.

En un clin d'œil, le joueur apprécie les trajectoires et les vitesses de ses adversaires ; il prend la mesure de leurs intentions. Sur le champ il évalue ses chances de réussite comparativement à celles de son ou de ses opposants. Son hypothèse se traduit par un des graphes partiels de la Figure 11. C'est à partir de cette hypothèse que le joueur va décider de sa tactique immédiate ; il effectue un pari comportant certains risques : il peut choisir de continuer sa course vers le même poste qu'il juge accessible ou il peut prendre une nouvelle décision s'il juge son action actuelle vouée à l'échec. Dans ce cas, il va bifurquer et changer radicalement de direction afin de s'orienter vers un autre coin qui lui semble offrir une meilleure probabilité de réussite. Sur l'aire de jeu, quand la situation apparaît sans issue à un joueur, celui-ci s'arrête parfois brutalement ; il s'aperçoit qu'il n'a plus aucune chance et qu'il est condamné au poste Z : il se représente alors la situation à l'image d'un graphe partiel  $G_4$ .

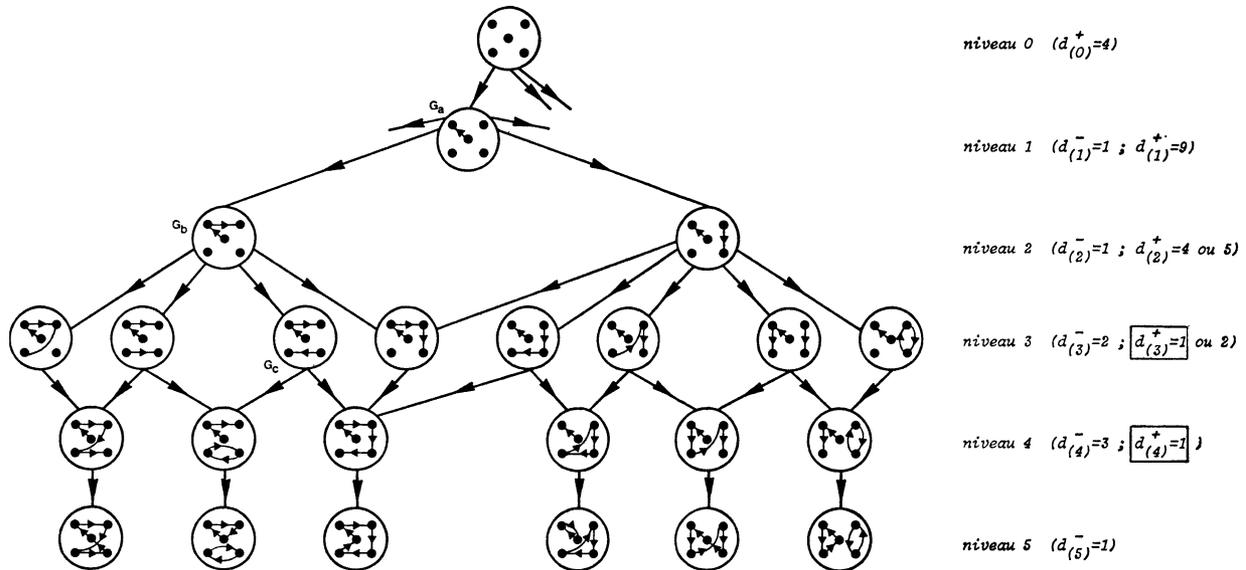


Figure 11. Extrait du réseau T de graphes partiels des graphes monotones stricts ordonnés par la relation d'inclusion. La relation d'inclusion organise l'ensemble en inf-demi-treillis de hauteur 5. On a indiqué le nombre de prédécesseurs ( $d_{(i)}^-$ ) et de successeurs ( $d_{(i)}^+$ ) des graphes partiels pour chaque niveau  $i$  (ces degrés ( $d$ ) valent pour tout le réseau développé (44 éléments maximum au total). Quand  $d_{(i)}^+ = 1$ , cela signifie que dès ce niveau  $i$  le graphe final est totalement déterminé.

#### 4.2. La structure de ce réseau

Le réseau T a pour origine le graphe sans arc  $G_0$  du niveau 0 qui représente l'état du jeu au début du coup ; il a pour sommets pendants les graphes monotones stricts  $G_5$  du niveau 5 qui sanctionnent la fin du coup.

Deux graphes du réseau sont reliés par un arc s'ils sont *adjacents* ; ils n'ont cette propriété d'adjacence que si et seulement si leur différence symétrique vaut 1 unité :

$$G_i \text{ et } G_{i+1} \text{ adjacents} \Leftrightarrow |G_i \Delta G_{i+1}| = 1$$

Deux graphes adjacents sont donc deux graphes qui diffèrent par la présence d'un arc.

Chaque graphe  $G_i$  du réseau est un *graphe partiel* d'un ou de plusieurs graphes monotones stricts ; ce qui signifie que l'ensemble  $U_i$  de ses arcs est un sous-ensemble de l'ensemble  $U_5$  des arcs d'un ou de plusieurs graphes de niveau 5 (l'ensemble X des sommets restant inchangé).

$G_s$ , graphe monotone strict,  $G_s = (X, U_s)$  avec  $U_s \subset X \times X$  et  $|U_s| = 5$

$G_i$ , graphe partiel de  $G_s$ ,  $G_i = (X, U_i)$  avec  $U_i \subset U_s$  et  $|U_i| = i$

En partant de l'origine  $G_0$ , graphe sans arc, on passe d'un graphe à l'autre en ajoutant un arc et un seul, arc qui doit satisfaire aux conventions de jeu précédemment explicitées. A ces conventions près, le réseau T représente donc l'ensemble de tous les graphes partiels des graphes monotones  $G_s$  ordonnés selon la *relation d'inclusion*. Le réseau de la Figure n'en est qu'un extrait qui fait apparaître ses principales caractéristiques.

La relation d'inclusion munit ce réseau T d'une *structure de demi-treillis* ; il s'agit d'un inf-demi-treillis gradué, de hauteur 5, dont le minorant universel est le graphe sans arc et dont les six niveaux correspondent à la fonction de rang [2]. Il possède 5 atomes et 52 éléments maximaux. Quatre atomes sont isomorphes (comportement rationnel de  $J_Z$ ) ; à chacun d'entre eux sont associés 11 éléments maximaux : le total redonne les 44 graphes monotones *stricts*. L'autre atome est formé d'une boucle en Z (« échec » de  $J_Z$ ) ; y sont associés 9 éléments maximaux qui sont les 9 graphes monotones 1-*bouclés* en Z.

Tout cheminement orienté sur le réseau T répond au processus précis d'un déplacement collectif. L'extrait de la Figure 11 présente 13 chemins pour 6 graphes  $G_s$  (dont 7 chemins pour 3 graphes  $G_s$  « rationnels »).

Les graphes partiels du niveau 4 ont tous *un seul successeur* ; cela signifie que les jeux sont faits dès l'instant où quatre joueurs se sont emparés d'un coin (graphes à 4 degrés de liberté). Mais on constate que certains graphes du niveau 3 ont eux aussi un seul successeur (3 cas sur la Figure 11 ; 9 cas sur le total des graphes stricts et 24 cas pour les graphes Z-bouclés). Ces graphes partiels à trois degrés de liberté se caractérisent tous par la présence d'un sommet isolé. Ici encore, l'issue unique du coup est certaine : le joueur affecté à ce sommet au départ du coup est obligé de rejoindre le centre, car les trois autres coins originellement disponibles sont tous occupés. Si on fait abstraction des autres facteurs, on constate ainsi que le joueur dont le coin n'est pas convoité par un autre (amorce éventuelle d'un échange) est un joueur défavorisé.

L'organisation des graphes partiels selon la relation d'inclusion permet ainsi de relier le fait de décision individuelle au fait de décision collective (résultante d'une composition particulière de décisions individuelles). En effet, d'une part elle reflète toutes les articulations possibles qui résultent des différents déplacements individuels au cours du temps, d'autre part, elle représente les schèmes d'action collective dont la prise de conscience peut être à la racine des décisions individuelles.

## C. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

### 1. ORGANISATION GÉNÉRALE DE L'EXPÉRIENCE

#### 1.1. Objectif

Le jeu est habituellement considéré comme une activité mineure et d'autant plus dépréciée qu'il s'agit d'une activité physique. Ce ne fut pas toujours le cas : les Grecs et les Romains jouaient aux quatre coins ; en France il y a quelques siècles, il était de bon ton pour un jeune adulte de s'y adonner. Nobles et rois ne dédaignaient ni le jeu de mail ni le jeu de paume ; on sait que Napoléon se plaisait à jouer aux barres. Mais l'évolution de notre culture a été telle qu'aujourd'hui le discrédit affecte le jeu traditionnel.

Notre objectif de fond est de suggérer que le jeu sportif est une situation d'affrontement moteur codifié qui présente une incontestable richesse au point de vue des mécanismes cognitifs, affectifs et relationnels. Ici, notre objectif précis est de montrer que les quatre coins incite à des conduites motrices de décision impliquant des échanges ou des ruptures avec autrui. Nous avons tenté de mettre en évidence un éventail de stratégies qui prennent en compte des ajustements spatiaux et temporels, des coordinations avec les propres stratégies des adversaires et des partenaires. Interaction, décision et action ; car il s'agit bel et bien d'une action en grandeur réelle qui doit tenir compte de tout un faisceau de contraintes.

En bref, le jeu sportif, tout autant que le jeu de hasard de Pascal et Fermat, le jeu électoral de Condorcet, le jeu militaire de Clausewitz, le jeu économique de von Neumann et Morgenstern, le jeu sportif donc semble représenter une situation particulièrement digne d'intérêt. D'une part, au point de vue pédagogique, l'enfant et l'adolescent y trouveraient une expérience enrichissante les mettant à l'épreuve, d'autre part au point de vue praxéologique, le jeu sportif serait une micro-société naturelle où agiraient en vraie grandeur la personne face à la nature et la personne face à autrui.

## 1.2. Hypothèses

La méthodologie utilisée précédemment est déjà révélatrice de notre gerbe d'hypothèses qui concernent l'influence de quelques grandes variables : les règles du jeu, l'espace, la rationalité des décisions, l'âge des joueurs. On peut schématiquement énoncer ces hypothèses sous la forme suivante :

- *L'espace et les distances métriques* : les déplacements collectifs répondraient au principe du coût minimum ; la majorité des structures de déplacement enregistrées devrait donc se ranger dans les classes d'équivalence métrique comprenant les graphes associés aux plus petites longueurs.

- *Les stratégies rationnelles* : les interactions motrices d'opposition et de coopération auraient pour objectif le gain du coup. L'actualisation des rôles sociomoteurs devrait tendre par exemple à rassembler tous les déplacements collectifs de la variante stricte dans la seule classe métrique « rationnelle » : la classe  $M_3$ , composée de 2 graphes (Fig. 8 et 12).

*Remarque* : ces deux premières variables risquent donc d'entrer en conflit puisque la classe des graphes « rationnels » ne coïncide pas avec la classe des graphes les plus courts. Il sera certainement intéressant d'observer l'interaction de ces deux paramètres en fonction de l'âge des participants.

- *L'âge des joueurs*. La partie serait jouée de façon de plus en plus rationnelle au fur et à mesure qu'on monte dans l'échelle génétique.

- *Sous-variable : la capacité athlétique*. L'optimum de rationalité devrait être obtenu par des athlètes de haut niveau habitués à réaliser des performances « au millimètre ».

- *Les règles du jeu*. On comparera les résultats indexés à chaque variante. Une modification apparemment bénigne de la règle du jeu peut bouleverser les comportements et les stratégies ludo-motrices : la nature et la répartition des structures de déplacement devraient être nettement différentes d'une variante à l'autre.

## 1.3. Dispositif expérimental

L'expérience a porté sur 13 groupes de sujets d'âge différent : les plus jeunes sont des enfants de grande section d'école maternelle (5 à 6 ans) et les plus âgés sont des adultes de 23 ans. Deux groupes particuliers, l'un masculin et l'autre féminin, sont constitués d'athlètes de niveau international ou olympique, ce qui permettra d'observer l'influence éventuelle de la variable : qualités athlétiques.

Un total de 1275 coups correspondant à huit heures d'observation effective a été enregistré dans des conditions standardisées. Pour chaque situation on a relevé tous les déplacements collectifs de poste à poste. En outre, pour plusieurs groupes, on a aussi noté pour tous les coups les trajets « réels » de chaque joueur, c'est-à-dire les différents itinéraires empruntés par le joueur entre son poste de départ et son poste d'arrivée (changements de direction de la course, échec à l'arrivée dans un coin et nouveau départ vers tel autre poste...). Certaines séquences ont été photographiées à raison d'une photo par coup, d'autres ont été filmées. Dans plusieurs cas, on a réalisé des entretiens individuels ou des entretiens collectifs. Avec les enfants les plus jeunes, ces entretiens semi-directifs étaient menés avec l'appui d'une maquette du jeu assortie de figurines en argile que l'enfant était invité à manipuler. Ces entretiens ont mis au jour les motivations des participants et leur degré de satisfaction ; ils ont permis aux joueurs de faire état de leur propre perception du jeu et de livrer « de l'intérieur » leur point de vue de stratège et de décideur.

Le dispositif adopté permettra donc d'aborder les comportements ludo-moteurs de décision selon les deux points de vue distincts que recommande R. Daval [6] : le point de vue du théoricien qui analyse un phénomène « de l'extérieur » et le point de vue de l'agent décidant qui vit et perçoit « de l'intérieur » la situation dont il est l'un des acteurs.

## 1.4. Traitement des résultats

Les principaux résultats sont fournis par les déplacements collectifs enregistrés pour tous les coups du jeu. Pour chaque équipe, on établit les fréquences empiriques associées aux classes d'équivalence spatiale et métrique dont on a déjà calculé les fréquences théoriques.

Les résultats seront présentés groupe par groupe. En effet, la situation des quatre coins se caractérise par une étroite interdépendance entre l'organisation collective du déplacement et le comportement individuel de chaque joueur. Les structures de déplacement peuvent être influencées par l'action d'un seul ou de plusieurs participants qui, pour des motifs quelconques, adopteraient une conduite paradoxale, irrationnelle, perturbante (ou qui serait jugée telle par les autres joueurs ou par les observateurs). Il y a manifes-

tement des possibilités d'interactions entre les variables de type individuel (motivations, attentes, perception des autres, « utilité » originale, vigilance motrice...), et les résultats de type groupal (communications motrices, organisation coordonnée des déplacements, graphes obtenus). Cette intrication des facteurs incite à une très grande prudence dans l'interprétation des configurations observées ; c'est la raison pour laquelle nous n'avons pas fondu en un seul bloc les résultats d'équipes apparemment très voisins. Les tableaux des Figures 12 et 13 exhibent les fréquences empiriques, tous groupes distingués ; la juxtaposition selon les âges croissants permet à titre d'hypothèse de présentation de distinguer trois catégories de sujets : les Petits (au-dessous de 8 ans), les Moyens (de 8 à 12 ans) et les Grands (au-dessus de 13 ans).

## 2. LA RÈGLE DU JEU : LES VARIANTES

Nous avons eu recours à deux variantes dont la seule différence réside dans une règle apparemment anodine. Qu'en est-il dans les résultats ?

La comparaison va porter sur les productions des mêmes groupes, les 10 groupes de Moyens et de Grands qui ont tous successivement joué à la variante stricte puis à la variante libre. La situation spatiale et numérique reste la même ; la seule originalité de la seconde formule, c'est l'initiative de départ et de retour accordée aux joueurs de coin.

L'analyse du champ des possibles montre que les graphes de la première variante (graphes stricts et Z-bouclés) sont tous inclus dans l'ensemble des graphes de la variante libre dont ils représentent 45 % de l'effectif théorique (classes  $M_7$ ,  $M_9$ ,  $M_{10}$ ,  $M_{11}$  et  $M_{12}$  des Figures 12 et 13). Les graphes du premier jeu sont un sous-ensemble de l'ensemble des graphes monotones du second jeu.

Voilà donc beaucoup de conditions favorables à la similitude des résultats : mêmes joueurs à l'une et à l'autre variantes, règle de réussite identique, situation spatiale rigoureusement analogue, une seule règle différente qui permet certes des possibilités nouvelles (les boucles), mais tout en gardant intégralement toutes les possibilités anciennes.

Or la confrontation des deux tableaux de résultats révèle une étonnante disparité : les structures ludiques réalisées sur l'aire de jeu sont profondément différentes d'une variante à l'autre. Tous ces résultats ont été reportés sur le graphique de la Figure 14 qui facilite la comparaison intra-variante et inter-variante des fréquences théoriques et empiriques.

### 2.1. *Les structures communes*

Nous avons vu que la variante libre possède tous les graphes de la formule stricte, graphes qui regroupent près de la moitié de ses effectifs (45 %). Or les résultats obtenus à cette variante libre n'exhibent qu'un très faible pourcentage de graphes communs : pourcentage totalement nul dans un groupe, 31 % dans le meilleur des cas et une moyenne globale de 16 %.

Cette première comparaison décèle des différences nettement marquées : 84 % des structures collectives de déplacement de la variante libre sont en moyenne inconnues de la variante stricte.

### 2.2. *Les structures rationnelles*

La classe  $M_2$  des graphes « rationnels » de la variante stricte rassemble les trois quarts (76 %) des résultats à cette variante (Fig. 12). Or cette classe devient squelettique au cours de la variante libre : parfois vide, culminant à 18 %, avec une moyenne générale de 8 % (Fig. 13) ; fréquence à la première formule dix fois supérieure à celle de la seconde formule.

La classe la plus fournie de la variante libre correspond à un graphe constitué par un circuit de degré 2 entre joueurs de coin (classe  $M_2$ ). Comme nous le verrons, cette classe qui rassemble 42 % des effectifs empiriques est associée aux stratégies rationnelles de cette variante.

Les structures de déplacement préférentiel ont donc radicalement changé. Les modifications de la règle ont entraîné des modifications des stratégies rationnelles qui à leur tour ont suscité un bouleversement des structures collectives de déplacement.

	Étiquettes des classes	Longueur du graphe	Fréquences théoriques	F R E Q U E N C E S											O B S E R V E E S		
				n = 63 âge médian (5;11)	n = 46 mixte (6;9)	n = 81 mixte (7;0)	n = 65 mixte (8;3)	n = 68 G (9;3)	n = 49 F (9;3)	n = 50 G (10;4)	n = 57 G (11;0)	n = 44 G (11;3)	n = 80 G (13;3)	n = 49 athlètes J.H. (21;9)	n = 60 athlètes J.F. (22;4)	n = 55 J.F. (24;0)	
	M <sub>7</sub>	4	4	1,5	8,5	22	-	1,5	8	2	-	-	1	2	-	-	
8 %			4	-	-	1	3	6	2	4	2	-	-	-	3,5	-	
	M <sub>9</sub>	4,41	15	41,5	17,5	12,5	32,5	60,5	41	38	31,5	41	40	32,5	28,5	23,5	
30 %			15	79,5	54,5	73	76,5	76,5	75,5	78	77	75	74	81,5	70	74,5	
	M <sub>10</sub>	4,82	15	11	4,5	1	7,5	6	4	6	7	11,5	12,5	8	8,5	18	
37,5 %			15	6,5	15	2,5	12,5	10,5	10	10	14	13,5	11,5	8	13,5	5,5	
	M <sub>11</sub>	5,23	7,5	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15 %			7,5	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M <sub>12</sub>	5,64	1,5	1,5	11	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5	2	
9,5 %			1,5	11	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5	2	
	M <sub>12</sub>	5,64	7,5	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9,5 %			2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
graphes 1-bouclés (en Z)			17,5	1,5	13	23	3	7,5	10	6	2	-	1	2	3,5	-	
présence d'au moins un circuit d'ordre 2 (hors Z)			28,5	41,5	15,5	13,5	35,5	66,5	43	42	33,5	41	40	32,5	32	25,5	

Figure 12. Variante stricte : tableau des fréquences expérimentales

En colonne : les graphes de déplacement disposés selon les valeurs croissantes de leur longueur  
 En ligne : les âges en valeur croissante ( n : nombre de coups de la partie)

	Etiquettes des classes	Longueur du graphe	Fréquences théoriques (en %)	FREQUENCES OBSERVEES										
				n = 33 âge médian (8;3)	n = 29 G (9;3)	n = 29 F (9;3)	n = 53 G (10;4)	n = 73 G (11;0)	n = 33 G (11;3)	n = 86 G (13;3)	n = 52 athlètes J. H. (21;9)	n = 60 athlètes J. F. (22;4)	n = 60 J. F. (24;0)	
	M <sub>1</sub>	1,41	<b>3,36</b>	24,5	14	14	7,5	12,5	30,5	11,5	11,5	8,5	6,5	
	M <sub>2</sub>	2	<b>3,36</b>	<b>54,5</b>	<b>41,5</b>	<b>45</b>	<b>43,5</b>	<b>34</b>	<b>45,5</b>	<b>37</b>	<b>65,5</b>	<b>48,5</b>	<b>18,5</b>	
	M <sub>3</sub>	2,41	<b>6,72</b>	6	14	17	13	8	6	6	7,5	20	13,5	
	M <sub>4</sub>	2,82	3,36	-	-	-	2	-	-	-	-	5	-	
			<b>5,04</b>	1,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
	M <sub>5</sub>	3,41	6,72	3	3,5	-	5,5	5,5	-	1	4	-	8,5	
			<b>20,16</b>	6	-	7	7,5	8	3	9,5	7,5	-	10	
			6,72	-	10,5	3,5	5,5	8	3	3,5	2	3,5	6,5	
	M <sub>6</sub>	3,82	6,72	-	3,5	3,5	2	2,5	-	-	2	-	1,5	
			6,72	3	-	-	-	-	-	1	-	6,5	5	
	M <sub>7</sub>	4	1,68	-	-	-	-	1,5	3	-	-	-	-	
			<b>3,36</b>	1,68	-	7	7	7,5	-	3	21	-	1,5	3,5
	M <sub>8</sub>	4,23	3,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	
	M <sub>9</sub>	4,41	6,72	3	-	-	4	7	-	2,5	-	-	6,5	
			<b>13,44</b>	6,72	-	7	3,5	2	8	6	7	-	5	11,5
	M <sub>10</sub>	4,82	3,36	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-	-	
			<b>16,80</b>	6,72	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-	-
			6,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
	M <sub>11</sub>	5,23	<b>6,72</b>	-	-	-	-	1,5	-	-	-	1,5	3	
	M <sub>12</sub>	5,64	3,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			<b>4,20</b>	0,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
graphes 1-bouclés (en Z)			<b>21,84</b>	57,5	52	52	56,5	42,5	51,5	59	73	55	32	
présence d'au moins un circuit d'ordre 2 (hors Z)			<b>24,36</b>	60,5	55,5	62,5	60,5	50	57,5	74,5	69,5	50	46,5	

Figure 13. Variante libre : tableau des fréquences expérimentales (n : nombre de coups de la partie)

### 2.3. La réussite du trimeur

L'une des caractéristiques de la variante stricte, c'est la réussite quasi systématique du trimeur : le pourcentage moyen des graphes Z-bouclés qui sanctionnent un échec de sa part est très faible : 3 % (pour une fréquence théorique de 17 %). Par contre, à la variante libre, le trimeur échoue en moyenne dans 52 % des cas (pour une fréquence théorique de 22 %) !

C'est là une différence capitale pour le déroulement du jeu : le caractère des échanges, la psychologie des relations, l'image que chaque joueur se fait des autres en sont bouleversés. Dans un cas le trimeur gagne à tout coup, il est imbattable : ce sont donc ses autres partenaires que le joueur de coin doit à tout prix devancer. Dans l'autre cas le trimeur perd plus d'une fois sur deux : il devient l'adversaire à battre, l'adversaire qu'on peut battre et les joueurs de coin deviennent tous d'effectifs alliés potentiels.

### 2.4. Les échanges de postes binaires

Les coopérations par échange de poste réciproque, c'est-à-dire les communications motrices, sont nettement plus nombreuses au cours de la variante libre (59 %) qu'au cours de la variante stricte (39 %) alors que les fréquences théoriques sont proches l'une de l'autre et d'ailleurs inversées (respectivement 24 % et 29 %).

La variante libre favorise les décisions de coopération. On rejoint ici ce qu'on a déjà observé lors de l'étude des structures rationnelles et de la réussite du trimeur : l'initiative accordée aux joueurs de coin permet à ceux-ci de se concerter par gestes et mimiques, de décider d'un échange réciproque et d'attendre le moment propice à la réussite de cet échange binaire.

L'analyse des résultats de la variante libre révèle qu'il y a une forte corrélation entre la mise en échec du joueur central et les échanges de postes réciproques. Les classements respectifs des groupes selon ces deux variables corrélaient à 0,80 au test de Spearman. Les équipes où le trimeur échoue le plus sont aussi les équipes où les joueurs de coin réussissent davantage d'échanges de postes deux à deux. Cette coopération n'est pas totale car les joueurs de coin essaient parfois de se tendre des traquenards entre eux : un joueur par exemple fait mine de s'éloigner de son poste, attire un partenaire confiant puis au dernier moment revient reprendre son poste ; le trimeur avisé en profite pour s'emparer du coin libéré par le joueur abusé qui s'est fait flouer par son partenaire-adversaire. Lors des entretiens, les enfants commentent abondamment ces comportements de feinte qui à leurs yeux pimentent agréablement le jeu : selon leur âge, ils appellent cela : « faire un attrape-nigaud » (8 ans ; 7 mois), « jouer des tours » (9 ; 5), « faire des farces » (10 ; 4), « tendre un piège » (13 ; 3), « faire un coup fourré » (14 ; 0). Ces phénomènes si importants dans la variante libre ne se retrouvent pratiquement pas dans la variante stricte.

La leçon générale que nous tirons de ces observations, c'est l'importance capitale de la règle, serait-ce même au niveau de ses clauses apparemment anodines. Le jeu sportif, c'est d'abord un corps de règles. *Modifier la règle, c'est modifier le jeu.* Changer le code c'est changer la logique du jeu ; deux variantes du « même » jeu sont deux jeux différents.

Ces remarques incitent à penser que ce n'est que par abus de langage que l'on parle « du » basket-ball, « du » volley-ball ou « du » rugby. En effet, au cours des dernières décennies, les règles de ces jeux sportifs ont été considérablement modifiées. Pour des raisons de commodité évidentes, on garde le même terme, mais en réalité les situations correspondant à ce qu'on appelle basket-ball en 1974 diffèrent profondément des situations qu'on dénommait également basket-ball il y a vingt ou trente ans. Finalement, modifier les règles d'un jeu, c'est proposer un *autre* jeu.

## 3. LONGUEUR DES DÉPLACEMENTS ET STRUCTURES RATIONNELLES

La distribution des graphes de déplacement en classes d'équivalence métrique va permettre d'apprécier l'éventuelle influence de la longueur de ces graphes sur les comportements des joueurs. Compte tenu des conclusions précédentes, nous dissociérons les résultats en fonction des deux variantes.

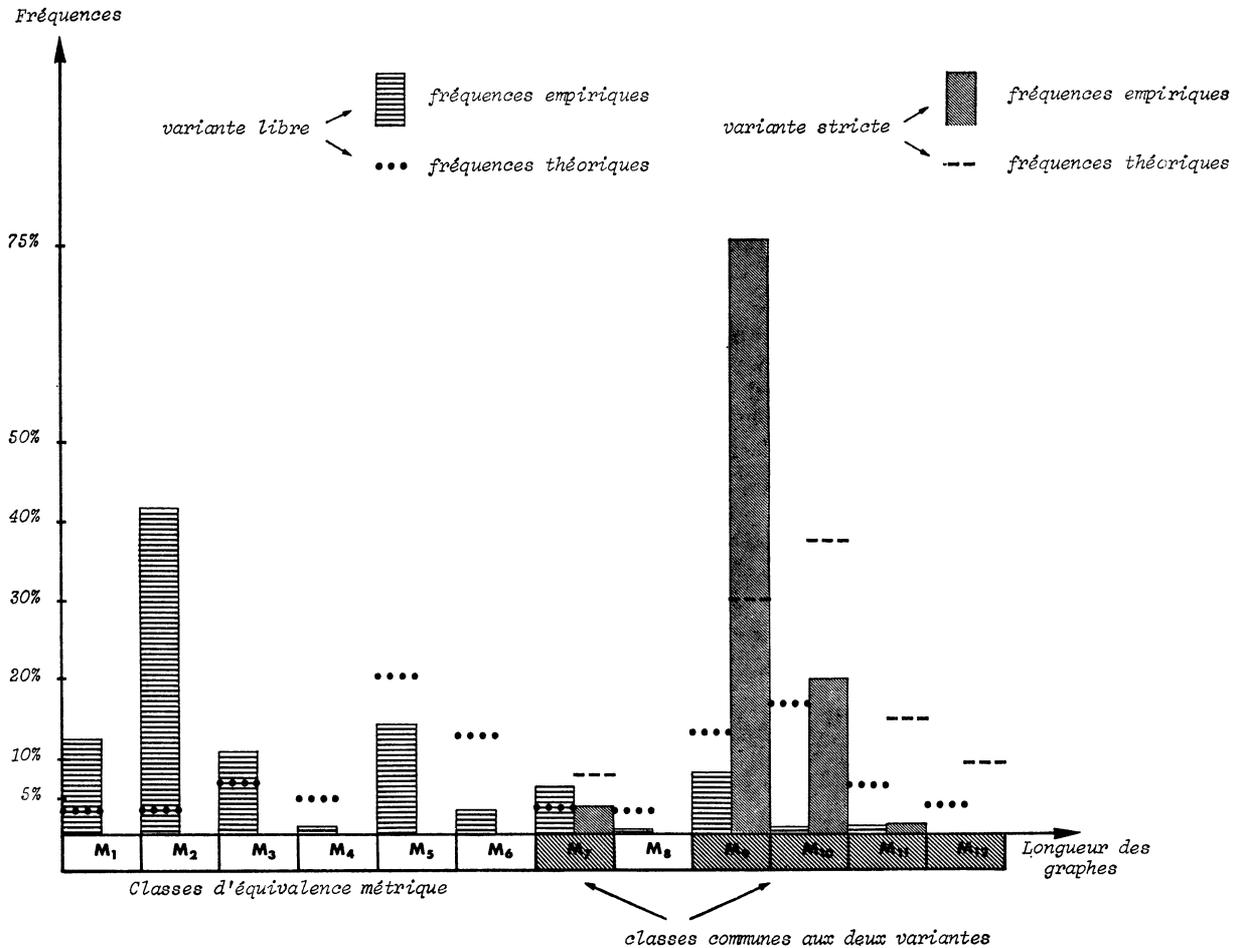


Figure 14. Comparaison des deux variantes : distribution des graphes de déplacement en fonction des classes d'équivalence métrique

Deux faits sont saillants : d'une part, à l'intérieur de chaque variante les fréquences empiriques sont très différentes des fréquences théoriques ; d'autre part, de variante à variante les fréquences empiriques sont très dissemblables.

### 3.1. En variante stricte

Les résultats enregistrés sur le terrain (Fig. 12 et Fig. 14) invitent à des constatations très fortes :

#### a) Constats expérimentaux

D'une part, la distribution empirique diffère massivement de la distribution théorique. Calculé sur les effectifs réels, le test de la variable  $\chi^2$  conduit à refuser l'hypothèse d'ajustement au seuil 0,01 pour tous les groupes et au seuil 0,001 pour tous les groupes à l'exception d'un seul ( $n = 46$  ; Petits). On peut donc affirmer que les structures de déplacement réalisées diffèrent significativement d'un tirage en situation d'équiprobabilité : elles ont donc leur signification propre.

D'autre part, la distribution est concentrée vers les graphes associés aux plus courtes distances. Ainsi les deux classes renfermant les graphes les plus longs (qui correspondent au quart de l'effectif théorique) sont-ils totalement vides dans plus de la moitié des cas et quasi délaissés dans tous les autres.

## b) *Interprétation des résultats*

### *L'influence du coût spatial*

La signification propre de la distribution recueillie sur le champ de jeu semble donc étroitement liée à l'espace, notamment aux distances parcourues. Schématiquement, on peut dire que plus un déplacement collectif est long, moins il a de chances d'être réalisé. Cependant, cette règle souffre une exception : la classe indexée aux plus courtes distances n'est pas la plus peuplée et son effectif empirique est même en moyenne inférieur à son effectif théorique. Envisagé sous l'angle des distances, ce constat semble entrer en contradiction avec tout le reste du tableau. Pour lever cette apparente incohérence, il convient de prendre en compte une autre variable : « la rationalité » des déplacements collectifs.

De même la classe  $M_{10}$ , composée de trois graphes spatiaux, exhibe une fréquence empirique de 20 % qui est exclusivement recueillie sur deux graphes, le troisième  $G_{13}$  étant rigoureusement absent des résultats. Les trois déplacements ayant la même valeur métrique, l'hypothèse du coût spatial est difficilement recevable. La cohérence est retrouvée si l'on fait intervenir la rationalité des stratégies : il n'est pas envisageable que le trimeur échoue en effet pendant que deux joueurs de coin réussissent chacun une diagonale comme ce serait le cas pour le graphe  $G_{13}$  dont la fréquence précisément est nulle.

### *L'alignement sur les stratégies rationnelles*

L'analyse des systèmes décisionnels a révélé qu'il n'y avait que deux graphes spatiaux rationnels appartenant tous deux à la même classe d'équivalence métrique  $M_9$ . Or à la fréquence théorique de cette classe valant 30 % répond une fréquence expérimentale massive de l'ordre de 76 %. Globalement donc, les trois quarts des graphes de déplacement sont des structures rationnelles. Nous avons déjà vu que celles-ci tiennent compte du coût en distance mais aussi de « l'esprit du jeu » qui s'actualise par des rôles sociomoteurs précis. C'est ainsi que le trimeur qui assume son rôle sans transgresser cet « esprit du jeu » se doit de prendre un coin ; cette réussite théorique assurée à tout coup condamne les graphes les moins longs (classe  $M_7$ ) à ne pas pouvoir faire partie de la classe des graphes rationnels. La faiblesse des effectifs de cette classe  $M_7$ , faiblesse à première vue incohérente, apparaît ainsi parfaitement compatible avec l'hypothèse de la rationalité des comportements.

La prise en compte de la distance parcourue ne serait donc pas le principe ultime des conduites ludomotrices. C'est en dernier ressort *l'observance de la rationalité des stratégies* qui est au cœur du jeu. Cette rationalité s'appuie pour une très grande part sur le coût en distance, coût qu'elle tend à minimiser ; cependant, celui-ci est soumis au respect de l'esprit du jeu qui s'actualise dans des rôles sociomoteurs définis par la logique du code. Et dans certains cas, la logique de l'interaction des rôles sociomoteurs n'est plus compatible avec un coût minimum en distances parcourues.

### *L'assujettissement aux structures rationnelles n'est pas total*

Il reste en moyenne le quart des déplacements collectifs qui ne coïncide pas avec des systèmes rationnels. Ainsi les conduites ludiques ne sont-elles pas toutes étroitement calquées sur le principe du rendement : économie dans les distances accomplies et réussite systématiquement recherchée. Certains joueurs préfèrent musarder, prendre des risques, tenter une diagonale, tendre un traquenard à un partenaire, voire même braver l'esprit du jeu en s'arrangeant pour séjourner au centre. Tout se passe donc comme si certains joueurs prenaient du champ à l'égard de « l'utilité » définie par le code du jeu et recherchaient un plaisir ludique original caractérisé par un écart plus ou moins grand vis-à-vis de la norme.

## 3.2. *En variante libre*

Cette formule présente 21 classes d'équivalence spatiale enchâssées dans douze classes d'équivalence métrique. Une telle abondance propice à la dispersion permet-elle les mêmes constats et les mêmes conclusions que la variante précédente ?

### *a) Constats expérimentaux*

Les distributions empiriques présentent toutes une *différence hautement significative avec la distribution théorique* : soumis au test de la variable  $\chi^2$ , les résultats de tous les groupes conduisent, au seuil 0,001, à rejeter l'hypothèse de l'ajustement.

*La distribution des structures de déplacement semble dépendre de la longueur des graphes monotones* : globalement, plus un graphe est long, moins il semble probable.

Ainsi les trois classes métriques associées aux plus grandes distances possèdent une fréquence théorique de 28 % ; or leur fréquence empirique est rigoureusement nulle dans 7 groupes sur 10 et inférieure à 5 % dans les trois autres cas. A l'autre bout de l'échelle, les trois classes métriques indexées aux graphes les plus courts regroupent 13 % du champ théorique des possibles : or leur fréquence expérimentale est supérieure à 75 % dans la moitié des groupes et supérieure à 50 % dans neuf cas sur dix.

#### b) *Interprétation*

*La longueur des déplacements* : au premier regard, l'hypothèse selon laquelle la longueur des déplacements est à la source des comportements ludo-moteurs, semble compatible avec les résultats expérimentaux. Cependant, comme dans la variante précédente, certaines irrégularités sont apparentes ; d'une part, la classe  $M_1$  des graphes les plus courts n'est pas la classe à plus forte fréquence empirique ; d'autre part, les fréquences recueillies ne sont pas distribuées de façon régulièrement décroissante en fonction de l'augmentation des longueurs : il y a, et notamment vers les petites longueurs, des classes lacunaires, pratiquement vides ( $M_4, M_8$ ).

*La rationalité des déplacements* : là encore, c'est la variable «rationalité des stratégies» qui semble détenir la clef.

La structure la plus «rationnelle» de la variante libre est celle qui correspond à un échange de coin réussi : n'ayant pas l'initiative du coup, le trimeur est mis en difficulté par rapport aux joueurs de coin qui peuvent attendre le moment opportun pour agir alors avec une grande probabilité de réussite. Cette structure rationnelle est associée à la classe d'équivalence métrique  $M_2$  de longueur 2. Bien qu'elle réponde à la fréquence théorique la plus faible de toutes les classes (3 %), cette classe est indexée dans neuf groupes sur dix à la fréquence expérimentale la plus forte des douze classes (la moyenne des fréquences empiriques de  $M_2$  est de 42 %).

Les deux classes  $M_1$  et  $M_3$  qui encadrent  $M_2$  peuvent d'ailleurs être rattachées à celle-ci : on peut les interpréter comme l'aboutissement d'une tentative de réalisation d'un échange de coin ( $M_2$ ), mais d'une tentative qui aurait échoué. Cet échec serait dû, soit au brio du trimeur qui aurait réussi à devancer l'un des partenaires ( $M_3$ ), soit au traquenard tendu par l'un des joueurs de coin qui aurait abusé de la confiance de son partenaire en l'attirant dans une fausse sortie ( $M_1$ ). Les deux classes  $M_1$  et  $M_3$  s'articulent donc sur le modèle rationnel optimum illustré par  $M_2$ . Bien que théoriquement peu probables (13 %), ces trois classes compatibles avec l'hypothèse de la rationalité des stratégies rassemblent plus de la moitié des structures observées et dépassent même 80 % du total dans trois groupes sur dix.

Quant à la classe  $M_4$ , dont la longueur associée est très réduite (2,82), l'hypothèse du coût spatial minimum est prise en défaut : totalement nulle dans plus de la moitié des cas, la fréquence empirique est en effet de l'ordre de 1 % en moyenne. La logique des rôles sociomoteurs permet de comprendre la faiblesse de ces effectifs. Le déplacement collectif correspond certes à l'une des plus petites distances à parcourir, mais la nécessité d'un échange en diagonale et sa tentative répétée apparaissent comme des comportements aberrants compte tenu de la supériorité de contre-communication dont dispose le trimeur dans une telle situation. Ce caractère «irrationnel» majoré par un coût spatial élevé se retrouve en  $M_8, M_{10}, M_{11}$  et  $M_{12}$ .

*La rationalité est parfois prise en défaut.* Bien que les déplacements collectifs répondent massivement aux variables de coût minimum et de rationalité, il persiste un pourcentage de structures non rationnelles, pourcentage d'ailleurs variable selon les groupes. Là encore s'affirme une aspiration à s'affranchir de «l'utilité» traditionnelle de strict rendement immédiat. Nous examinerons ce phénomène en fonction des caractéristiques des joueurs (âge, sexe, capacités athlétiques).

### 3.3. *Principes praxéologiques communs*

Dans l'absolu des résultats, nous avons constaté que les différences entre les deux variantes sont aiguës. Cependant, au-delà des divergences de forme se dessine une convergence de fond. L'interprétation des deux ensembles de résultats a révélé que ce sont des principes identiques qui rendent compte des productions différentes. D'une part *l'influence de l'espace* est d'importance majeure : les graphes réalisés s'ordonnent grossièrement selon leur coût en distance. D'autre part *la rationalité des structures* coiffe cette première variable : elle module l'influence des distances de telle façon que soient favorisées les classes spatiales les plus compatibles avec l'esprit du jeu, avec les stratégies d'alliance et d'antagonisme des rôles sociomoteurs (cette interférence ne cause pas de grands bouleversements car la rationalité des structures s'appuie déjà elle-même pour une très grande part sur la distance des déplacements).

En bref, dans les deux formules utilisées, les conduites ludo-motrices ressortissent à un même type d'action. Qu'il s'agisse de variante stricte ou de variante libre, ce sont les mêmes principes praxéologiques qui sont à la racine de la majorité des comportements des joueurs.

#### 4. LES CARACTÉRISTIQUES DES JOUEURS

##### 4.1. L'influence de l'âge

Les trois groupes d'enfants de moins de 8 ans qui ont participé à la variante stricte présentent des résultats qui diffèrent sensiblement de ceux des Moyens et des Grands. Pour deux groupes sur trois, le fait brut le plus notoire, c'est la relative abondance des graphes Z-bouclés (13 % et 23 %) et le nombre réduit de structures avec échange de coin (13,5 % et 15 %). Le trimeur a donc tendance à séjourner au centre et la coopération entre joueurs de coin à se faire rare. Dans le troisième groupe, on retrouve, sous une autre forme, la même tendance à s'emparer du « milieu » comme disent les enfants : deux d'entre eux ont occupé ce poste dans 90 % des coups, mais de façon alternée et non plus successive (ce qui explique l'absence de boucle en Z).

Ainsi les trois groupes enfantins se caractérisent par le fait que plusieurs joueurs ont systématiquement recherché la place centrale *au mépris de l'esprit du jeu*, attitude qu'on ne retrouve dans aucun autre groupe, quel qu'il soit.

D'autre part, des structures non rationnelles à deux diagonales, très rares dans les autres groupes, sont ici nettement plus fréquentes. Cependant ces constats, qui ne tiennent compte que des combinaisons déjà faites et non des combinaisons en train de se faire, sont insuffisants. Nous les compléterons par la prise en note des trajets spatiaux réels effectués par chaque joueur au cours de tous les coups du jeu. Pour cinq groupes, les itinéraires de chaque participant et leurs changements de direction ou « déviations » ont été relevés par un observateur : on a ainsi une image des tactiques réalisées sur le champ. Ces informations permettent de proposer deux « indicateurs de rationalité » des tactiques :

- *Le pourcentage des structures* au cours desquelles un (ou plusieurs) joueur de coin s'élance vers le propre coin choisi par le trimeur. Une telle tactique est théoriquement vouée à l'échec, étant donné l'avantage spatio-temporel du trimeur ; elle montre que l'enfant n'a pas prélevé dans les attitudes et les postures du joueur central les indices qui lui auraient permis de ne pas concurrencer un rival trop favorisé. Une telle erreur révèle une appréciation erronée de ses chances de réussite et un mauvais décodage ou une absence de décodage des comportements d'autrui.

- *Le nombre de déviations* concernant les trois joueurs de coin gagnant le coup, rapporté au total des coups (nous négligeons d'une part le trimeur et d'autre part le joueur de coin qui échoue et dont la déviation est quasi inéluctable). Une structure rationnelle ne devrait posséder aucune déviation ; l'abondance de celles-ci est révélatrice de stratégies inadéquates qui ne prennent pas en compte en temps opportun les démarrages, les itinéraires et les vitesses des autres joueurs. Elle dévoile une mauvaise anticipation des projets et des courses d'autrui.

L'observation des itinéraires indique qu'à un trajet dévié correspond approximativement une augmentation de la longueur du graphe de l'ordre d'une unité. Le nombre de ces déviations influe considérablement sur les distances réellement parcourues et représente donc un facteur important de la rationalité des structures ludiques.

Le tableau de la Figure 15 montre que le groupe de Petits s'avère le moins rationnel au regard de ces deux indicateurs.

Indicateurs	Sujets	Athlètes J.H. (21;5)	Moyens G. (10;4)	Athlètes J.F. (22;4)	J.F. (24;0)	Petits (6;9)
Pourcentage de structures où un joueur de coin (au moins) concurrence le trimeur		16 %	20 %	27 %	35 %	35 %
Rapport du nombre de trajets déviés (des 3 joueurs de coin gagnants) au nombre total des coups du jeu		0,28	0,24	0,48	0,49	0,83

Figure 15. Variante stricte : résultats des groupes de joueurs en fonction de deux "indicateurs de rationalité" des stratégies

Les Petits apparaissent les moins rationnels à l'opposé des joueurs plus âgés masculins qui sont les plus efficaces.

Vis-à-vis des groupes plus âgés (notamment les masculins) qui sont plus efficaces, les erreurs tactiques des Petits sont de l'ordre du simple au double pour la concurrence du trimeur et du simple au triple pour le nombre des déviations. Ainsi, lorsqu'un ensemble de déplacements collectifs des enfants de 10 ans est pénalisé d'une longueur 1 à cause d'une déviation, la pénalisation est de longueur 3 pour les Petits.

Cette non-rationalité de comportement des Petits a été confirmée lors de la variante libre. Il a d'ailleurs été quasi impossible de noter avec rigueur leurs déplacements collectifs pendant cette variante ; les enfants qui n'étaient plus soutenus par le signal du trimeur agissaient à leur gré en se promenant d'un poste à l'autre sans se soucier vraiment d'autrui. L'aspect collectif tendait à s'effriter au profit de conduites individuelles : à la place des coups coordonnés habituels, il y avait plutôt des actions personnelles juxtaposées et papillonnantes.

#### 4.2. *La capacité sportive*

Deux groupes, l'un masculin et l'autre féminin, sont constitués d'athlètes de niveau international ayant sensiblement le même âge. Sur l'ensemble des résultats, le groupe masculin est nettement celui qui agit de la façon la plus efficace : 81,5 % de structures rationnelles à la variante stricte, 65,5 % à la variante libre (Fig. 12 et 13), tactiques parmi les mieux adaptées (Fig. 15). Le groupe féminin, surclassé par des groupes de Moyens, est cependant nettement plus efficace que l'autre groupe de jeunes filles non athlètes.

Dans le cadre restreint de ces résultats, il semble que le fait d'être entraîné à la dynamique des situations sportives prédispose au rendement de l'action : les athlètes savent prendre un départ, apprécier des distances, des trajets et des vitesses. Ils sont rompus aux stratégies rationnelles : dosage de l'effort, évaluation des démarrages et des courses des adversaires, anticipation de leur projet, détection des indices révélateurs. Ils ont appris à déceler les praxèmes pertinents, c'est-à-dire les postures et les comportements des autres qui sont porteurs d'une information tactique : orientation des appuis au sol, prise d'impulsion, inclinaison du corps, accélération des courses, feintes multiples.

Il est cependant frappant de constater que les groupes de Moyens offrent des résultats très homogènes et proches de ceux des athlètes masculins. Il apparaît que les principes praxéologiques du jeu des quatre coins sont parfaitement réalisables pour des enfants de 10 ans. La situation sociomotrice est en effet relativement simple : l'espace est réduit et les 5 sous-espaces privilégiés sont fixes, les échanges de joueur à joueur sont à dominante binaire, les coups sont discrets et ne nécessitent pas l'anticipation des prolongements ultérieurs de l'action (comme en sport collectif), les formes motrices sont des courses élémentaires et le fait que tout joueur peut être à la fois partenaire et adversaire est facilement assimilé — et d'ailleurs apprécié — à cet âge. Adhérent d'emblée à l'esprit du jeu, très fortement motivés devant une situation sociomotrice qui leur convient à merveille, les enfants de 10 ans ont une réussite d'ensemble proche de celle des athlètes de haut niveau.

Au cours des entretiens individuels et collectifs, il est apparu que les participants n'avaient pas pris conscience de l'ensemble des structures de déplacement et de sa combinatoire sous-jacente ; aucun joueur n'a réussi à dégager les stratégies rationnelles que les sujets du groupe avaient pourtant bel et bien actualisées sur le terrain. Ce phénomène de décalage a d'ailleurs déjà été dégagé à maintes reprises par l'école de J. Piaget et notamment par P. Gréco dont plusieurs études portent sur les processus d'apprentissage des structures opératoires (particulièrement à propos d'enfants de 5-6 ans). Cet auteur souligne qu'« un apprentissage empirique orienté vers les simples constats de fait aboutit à des savoirs provisoires, rapidement perdus » [8]. Il semble que l'affirmation de P. Gréco, plus forte que la précédente, selon laquelle « la lecture des événements n'implique pas leur compréhension » [8], s'applique bien à nos joueurs qui s'avèrent généralement incapables d'analyser les combinaisons qu'ils ont pourtant fort bien réalisées en grandeur réelle (ce qui ne va pas sans poser certains problèmes d'ordre pédagogique).

#### 4.3. *La variable sexuelle*

Dans le cas de la variante libre, on peut considérer les pourcentages d'échec du trimeur et les pourcentages de réussite d'échanges de coin comme deux critères de l'efficacité des joueurs de coin. Or, parmi les quatre groupes de Grands, ce sont les deux groupes de jeunes filles qui affichent les résultats les plus faibles (Fig. 13). Le tableau de la Figure 15 confirme le caractère peu rationnel des conduites ludomotrices féminines observées.

L'analyse des comportements et des entretiens révèle que les jeunes filles (et surtout les non-athlètes) n'ont pas considéré ce jeu sous l'angle de la compétition comme l'ont fait les garçons. Les jeunes filles ont participé à l'activité sur le mode ludique et non sur le mode compétitif.

La variable qui est intervenue ici est la variable « attitude face au jeu ». Celle-ci a suscité — notamment dans le groupe des non-athlètes — une dynamique primesautière qui n'était plus conforme à l'esprit des règles envisagé sous l'angle sportif habituel : la majorité des participantes prenaient plaisir à se déplacer, à se rencontrer, à échanger des signes, à se croiser ou à faire de nombreux commentaires et non plus à s'affronter abruptement pour la conquête des coins comme l'ont fait les jeunes gens. L'utilité telle que l'envisageaient ces jeunes filles s'éloignait considérablement de l'utilité définie par la compétition sportive.

Paradoxalement, le comportement global des participantes est plus proche de celui des Petits que de celui des autres Grands. Quant aux athlètes féminines, elles semblent partagées entre la recherche du rendement sportif auquel elles sont habituées et la fantaisie ludique qui, dans notre cas particulier, caractérise la conduite de l'autre groupe féminin.

#### 4.4. *La personnalité des joueurs*

Les techniques d'observation adoptées permettent de connaître les déplacements de chaque joueur, le nombre de ses boucles au centre, le nombre de fois où il n'a pas osé sortir de son coin, les échanges qu'il a réussis... Des différences considérables se font jour entre les participants : manifestement les joueurs ne sont pas interchangeables. Là où un jeune enfant se retrouve au centre dans 34 % des coups (en variante stricte) son camarade ne s'y retrouve pas une seule fois ; là où une athlète reste prudemment dans son coin lors de 52 % des coups (en libre), une de ses partenaires n'y stationne que dans 17 % des cas. La variabilité la plus grande semble se manifester parmi les groupes de Petits et les groupes de Grands.

Ici encore, le point qui paraît important, c'est l'intervention de la variable « attitude face au jeu ». Si certaines athlètes par exemple se comportent aussi efficacement que sur le stade, d'autres préfèrent prendre des risques importants et tentent par exemple fréquemment « la diagonale ». Certaines joueuses sont attirées par des combinaisons audacieuses ; d'autres provoquent la mise au centre d'une partenaire au risque d'y aller elle-même. La rationalité est une norme rejetée par certaines. Tout devient lié au niveau d'aspiration : on peut préférer risquer une diagonale avec 10 % de chances de réussite plutôt qu'un échange avec le voisin assorti de 90 % de chances de succès. Nous rejoignons ici l'analyse de F. Bresson qui signale « l'importance des variables de personnalité dans la prise des risques » [4]. Au cours des entretiens collectifs, les athlètes ont souligné que les conduites de leurs camarades au cours des quatre coins semblaient correspondre de très près à leur comportement général (audace, ruse, coopération, affinités). La décision ludo-motrice semble bien reliée à la personnalité profonde du joueur. Ainsi que l'écrit F. Bresson « L'attitude en face des décisions apparaît ainsi comme une dimension importante de la personnalité » [4].

Et chaque individu réagira à sa propre façon à la pression de l'entourage ; ces attitudes sont en effet influencées par le groupe et le contexte culturel. Si l'on propose aujourd'hui à des adolescents de jouer au football ou au volley-ball, on obtiendra fréquemment une franche adhésion ; si l'on propose à ces mêmes adolescents une partie de quatre coins, on recueillera surtout des sourires d'étonnement ou de condescendance. Les attitudes et les conduites des joueurs dépendent de l'image que chacun se fait de son propre statut (de membre du groupe, d'homme ou de femme, d'« amateur » ou de champion...) ; elles dépendent aussi de la perception des réactions des autres, des normes groupales et culturelles qui ont cours, notamment des normes concernant les activités sportives réputées nobles (volley-ball, football) et les jeux réputés puérils (quatre coins). La variabilité de ces attitudes et de ces influences invite donc à faire preuve d'une grande prudence d'interprétation et à ne pas généraliser trop hâtivement les résultats observés.

#### 5. QUELQUES RÉSULTATS EN DÉSACCORD AVEC CERTAINES PROPOSITIONS DE J. PIAGET

Les travaux de J. Piaget offrent un remarquable cadre de référence à qui se préoccupe des mécanismes qui sous-tendent le comportement de l'enfant et de l'adolescent. La théorie opératoire de l'intelligence que cet auteur a développée semble être d'ailleurs de plain-pied avec une approche en termes de théorie des jeu (opération, décision, action, hasard, causalité, probabilité...) et elle propose un système sans égal de faits, de concepts et d'explications. L'analyse des systèmes d'ensemble des déplacements ludiques que nous avons esquissée débouche sur une structure logico-mathématique possédant des propriétés considérées comme capitales par J. Piaget et sur lesquelles il revient constamment dans ses ouvrages. Et les résultats précédents qui, à l'accroissement de l'âge, associent une diminution des comportements égocentrés (graphes Z-bouclés), une augmentation de la coopération (circuits de degré 2 entre joueurs de coin) et une majoration des comportements rationnels, s'insèrent parfaitement dans le cadre explicatif piagétien. Certains points semblent cependant faire problème.

### 5.1. La coordination dans les jeux collectifs avant 7 ans

Cette caractéristique est niée par Piaget qui affirme notamment qu'« on constate d'autre part que les échanges inter-individuels des enfants de 2 à 7 ans sont caractérisés par un égocentrisme qui demeure à mi-chemin de l'individuel et du social [...] (c'est ainsi que l'enfant [...] joue même sans coordination dans les jeux collectifs) » [12]. Or cette dernière affirmation, nous l'avons vu, se révèle infirmée par les faits : la variante stricte des quatre coins nécessite une coordination rigoureuse des comportements des cinq joueurs puisque l'action de chacun est étroitement liée à l'organisation de l'ensemble, et cela tant au niveau de l'espace qu'au niveau du temps. L'observation des situations de terrain a révélé que les sujets observés ont réussi à jouer collectivement. A l'encontre de l'affirmation de J. Piaget, les enfants de moins de 7 ans sont donc capables de jouer avec coordination à des jeux collectifs.

Cette remarque n'est cependant pas une critique de fond : elle invite simplement à nuancer les appréciations trop péremptoires afférentes à la période de 5-7 ans. Les coordinations de points de vue, les opérations d'échange, les coopérations, sont plus précoces et peut-être génétiquement plus étalées que ne le pense Piaget. Une moisson d'observations que nous avons recueillies notamment en école maternelle va dans le même sens. Ces faits, dont il faut cependant reconnaître la fragilité, restent, quant au fond, parfaitement compatibles avec la théorie piagétienne. Peut-être cette précocité ne fait-elle que refléter la disparité des populations observées, peut-être est-ce là un trait-témoin de micro-différences culturelles ?

### 5.2. La dichotomie cognitif-affectif

C'est à l'égocentrisme des jeunes enfants que Piaget impute les difficultés de coopération, égocentrisme qu'il définit comme « une indifférenciation relative du point de vue propre et de celui d'autrui » [12] ; il s'agit d'une confusion entre le moi et le monde extérieur, d'une impossibilité de sortir de son point de vue, c'est-à-dire de se « décentrer ». Les mécanismes qui font progresser de l'égocentrisme vers la décentration s'appuient directement sur les propriétés logico-mathématiques des opérations (associativité, commutativité, réversibilité...). Cet égocentrisme est donc de type cognitif et non affectif. Piaget insiste à maintes reprises sur le caractère indissociable de ces deux aspects ; mais l'association qu'il propose est une juxtaposition de deux ordres de phénomènes qui restent fondamentalement étrangers l'un à l'autre : en « toute action, écrit-il, le moteur ou l'énergétique sont naturellement de nature affective (besoin et satisfaction) tandis que la structure est de nature cognitive (le schème en tant qu'organisation sensori-motrice) » [13]. Il semble qu'une telle dichotomie puisse être nuancée.

#### a) Au niveau individuel

Les entretiens avec maquette ont permis de se rendre compte que les enfants avaient parfaitement compris les règles du jeu, notamment l'objectif sanctionnant la réussite : la prise d'un coin. Mais, dans certains cas, la préférence profonde de l'enfant va à l'encontre de la logique de la règle. Ainsi Nathalie (6 ans) reconnaît : « J'aimais aller au milieu et dire 1, 2, 3, partez ! » ; tout en affirmant que le but du jeu était de prendre un coin, elle ajoute : « mais moi, j'aimais bien perdre ». Cette fillette vit un conflit de normes : la règle de type cognitif, reçue de l'ainé, est mal acceptée affectivement. Paradoxalement l'enfant réalise des comportements perdants tout en percevant ce qu'il convient de faire pour gagner. En effet, pour de jeunes enfants, perdre, cela signifie être au centre du jeu, être le point de mire de tous les autres, avoir le privilège de donner le départ. Affectivement, la fillette ou le garçonnet ressent cela comme très valorisant. L'enfant est capable de se décentrer d'un point de vue cognitif, mais il ne réussit pas à se décentrer d'un point de vue affectif.

Les déplacements de certains enfants sont éloquentes : Laurent (6 ; 10) par exemple, s'élance vers le centre, s'en détourne rapidement et prend la direction d'un coin ; bien que ce dernier soit vide, l'enfant fait brutalement demi-tour, rebrousse chemin, s'approche du centre, s'en éloigne, y revient et, après quelques autres méandres, échoue dans le poste central avec une feinte désolation inscrite sur le visage. Les schèmes moteurs d'un tel comportement sont profondément influencés par les données affectives ; les postures, les arrêts, les redémarrages, les détours, les retours ne ressortissent pas au pur domaine cognitif. L'attention, la perception, la mémoire, les attitudes sont investies par l'affectivité : l'appréciation des distances et des vitesses, la détection des indices, l'évaluation des risques, les multiples perceptions, anticipations et estimations subjectives sont modelées par l'émotion. Dans son niveau de vigilance, dans ses caractéristiques toniques, dans ses ajustements, dans sa structuration même, la conduite motrice du joueur est imprégnée d'affectivité (ce qui n'interdit en rien de proposer un modèle logico-mathématique de la résultante de ces conduites). Le comportement du joueur ne serait donc pas réductible à une logique impulsée par une énergétique ainsi que semble le penser Piaget. Les facteurs affectifs et relationnels, comme nous allons le voir, sont partie prenante dans la structure même de l'action.

## b) Au niveau groupal

Les situations de jeu révèlent que les joueurs sont aussi confrontés à l'affectivité des autres participants ; chacun des trois groupes a résolu de façon collective le conflit de valorisation du qui-perd-gagne précédent.

Dans le groupe des plus jeunes (5 ; 11), deux enfants se sont succédé à la place centrale en alternance (90 % des coups). Dans le second groupe (6 ; 9), trois enfants briguaient le poste du milieu et l'ont effectivement occupé lors de 96 % des coups ; comme ils avaient parfaitement compris la règle et affectaient de jouer dans l'esprit du jeu, ils étaient conduits par ruse à suivre des cheminements tortueux afin d'éviter de gagner un coin. Cela a entraîné des structures « aberrantes », notamment 17,5 % de graphes possédant deux ou trois diagonales, graphes pratiquement inexistantes dans tous les autres groupes.

Enfin, dans le dernier groupe (7 ; 0), deux enfants avaient une prédilection pour le poste central qu'ils ont occupé dans 62 % des coups, mais ici ils ont adopté une autre stratégie : au lieu d'alterner au centre, ils y persistaient plusieurs coups de suite, ce qui a entraîné 23 % de graphes avec boucle centrale.

Ce qui se dégage de cet ensemble de faits, c'est qu'il se crée une véritable dynamique de groupe socio-motrice mettant en jeu deux sous-groupes distincts : le sous-groupe des joueurs qui cherchent à investir un coin et celui des joueurs qui veulent prendre place au centre. Ces deux sous-groupes se facilitent la tâche l'un l'autre puisque, paradoxalement, leurs intérêts sont complémentaires ; mais au sein du sous-groupe qui transgresse l'esprit du jeu, se développe un véritable conflit socio-affectif. Et ce que montre l'observation, c'est l'émergence d'une régulation sous-groupale du conflit : les joueurs finissent tacitement par s'accorder sur une stratégie collective de sous-groupe qui tend à satisfaire tous les partenaires en cause. Une sorte d'équilibre se produit, lié à un consensus non exprimé mais très apparent : on accepte de prendre le centre à tour de rôle ou on tolère que chacun y persiste plusieurs coups de suite. Il y a une acceptation implicite du point de vue d'autrui et la stratégie du joueur prend en compte bon gré mal gré le projet et les préférences de l'adversaire.

Ainsi donc, non seulement les aspects affectifs sont déterminants dans le choix d'une structure praxique, mais ce sont encore les données socio-affectives de type groupal qui assurent continûment la régulation collective de ces structures. Le cloisonnement proposé par J. Piaget entre les aspects cognitifs et affectifs semble donc pouvoir être reconsidéré au profit d'une *interpénétration* de ces deux ordres de facteurs qui accorderait une unité profonde à la conduite praxique.

En les supposant fondées, ces quelques réflexions ne remettraient pas en cause la filiation piagétienne des structures mais elles permettraient une autre interprétation des conduites praxiques et notamment des conduites en groupe. Elles suggéreraient aussi une conception pédagogique dont l'organisation du contenu essaierait d'intégrer à la trame logique les données affectives et relationnelles.

## CONCLUSION : JEU SPORTIF ET PRAXÉOLOGIE MOTRICE

Sans doute serait-il vain de se contenter d'appliquer servilement au jeu sportif les concepts, les méthodes et les résultats venus d'autres domaines, tel le domaine économique. Ce qui semble particulièrement fécond, c'est la *problématique de la théorie des jeux* qui s'exprime en termes de situation d'affrontement, d'interaction et de communication, de décision et de stratégie. A coup sûr, de nombreux phénomènes se retrouveront d'un champ à l'autre mais la spécificité du jeu sportif imposera une approche particulière en fonction d'éléments peu habituels : rôle majeur de l'espace réel à trois dimensions, importance des conduites motrices dont les manifestations corporelles sont parfois prises en compte au millimètre ou au centième de seconde près, modes d'interaction et de communication inédits (obstruction, placage, charge, frappe...). Envisagée sous cet angle, l'étude du jeu sportif fait intervenir les techniques corporelles, les habiletés gestuelles, les feintes posturales, les tactiques de déplacement : elle ressortit à une praxéologie motrice.

Il semble possible de dégager des *universaux du jeu sportif*, c'est-à-dire des systèmes opératoires formalisables qui sont les structures fondamentales du jeu et qui se retrouvent sous des formes différentes dans tous les jeux sportifs quels qu'ils soient : système des scores, réseau des communications et contre-communications, système des rôles sociomoteurs.

L'analyse des quatre coins a révélé que ces structures sous-jacentes prédéterminent très fortement les comportements des joueurs. Les déplacements dans l'espace, les stratégies d'alliance et de rivalité, les structures collectives sont pour une grande part pré-contenus dans la règle. Les universaux du jeu sont porteurs d'une logique interne qui induit une logique des stratégies. Changer les règles, c'est changer la

logique de la situation, c'est modifier les stratégies. L'étude théorique et expérimentale de chaque jeu peut mettre en évidence les différents types de déterminants qui caractérisent la dynamique sociomotrice de chaque situation.

Une telle étude n'est pas tenue de se limiter comme on le croit parfois à la connaissance d'un isolat ludique coupé des réalités sociales environnantes. Certes, il s'agit souvent d'un champ clos, mais le champ clos est révélateur de ceux qui l'ont clôturé. Et d'autant qu'on peut observer les variations de l'acte de clôture en fonction des groupes et des sociétés d'accueil. Il ne semble pas déraisonnable de penser que l'étude des systèmes de jeu sportif pourrait présenter autant d'intérêt que l'étude des systèmes de parenté, des systèmes juridiques ou des systèmes d'habitat. La connaissance approfondie des universaux du jeu et de leurs différents avatars promet d'être riche en enseignements institutionnels et sociologiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] BARBUT M., MONJARDET B., *Ordre et classification, Algèbre et combinatoire*, Tomes 1 et 2, Paris, Hachette, 1970.
- [2] BARBUT M., d'ADHÉMAR C., LECLERC B., JULLIEN P., *Mathématiques élémentaires*, Tomes 1 et 2, Paris, Presses Universitaires de France, 1974.
- [3] BERGE C., *Principes de combinatoire*, Paris, Dunod, 1968.
- [4] BRESSON F., « Les décisions », in : pp. 221-306, Fraisse P. et Piaget J. (eds), *Traité de psychologie expérimentale*, Tome VIII, Paris, Presses Universitaires de France, 1965.
- [5] DAVAL R., *Traité de psychologie sociale*, Tome 1, Paris, Presses Universitaires de France, 1963.
- [6] DAVAL R., *Psychologie sociale générale : La psychologie de la décision*, Paris, Centre Documentation Universitaire, 1967.
- [7] FREY L., *Techniques ordinales en analyse des données, Algèbre et combinatoire*, Paris, Hachette, 1971.
- [8] GRÉCO P., « Apprentissage et structures intellectuelles », in : pp. 157-207, Fraisse P. et Piaget J. (eds), *Traité de psychologie expérimentale*, Tome VII, Paris, Presses Universitaires de France, 1963.
- [9] GUILBAUD G. Th., « Jeux », *Dictionnaire des jeux*, Paris, Tchou, 1964, pp. 253-271.
- [10] KAUFMANN A., *Introduction à la combinatoire en vue des applications*, Paris, Dunod, 1968.
- [11] KREWERAS G., *Graphes, chaînes de Markov et quelques applications économiques*, Paris, Dalloz, 1972.
- [12] PIAGET J., *Etudes sociologiques*, Genève, Droz, 1967.
- [13] PIAGET J., *Les praxies chez l'enfant : Problèmes de psychologie génétique*, Paris, Denoël, 1972, pp. 67-94.