

PIERRE PARLEBAS

Lignes de scores, durée de jeu et effet pervers en volley-ball

Mathématiques et sciences humaines, tome 95 (1986), p. 19-44

http://www.numdam.org/item?id=MSH_1986__95__19_0

© Centre d'analyse et de mathématiques sociales de l'EHESS, 1986, 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/>

LIGNES DE SCORES, DUREE DE JEU ET EFFET PERVERS EN VOLLEY-BALL

Pierre PARLEBAS*

Le volley-ball est un affrontement codifié, une lutte à l'état pur entre deux équipes, c'est-à-dire entre deux super-joueurs. Tout point gagné par l'un est perdu par l'autre. Pour reprendre le terme-choc de Georges Guilbaud (4), on peut dire qu'un match de volley-ball est un "duel", terme beaucoup plus évocateur que la dénomination de "jeu à deux personnes et à somme nulle" proposée par Von Neumann.

Dans la famille des sports collectifs, le volley-ball fait bande à part : chaque équipe possède son propre territoire dans lequel elle doit se cantonner. Il s'agit d'un espace clos, compartimenté et exclusif. Séparés par un filet infranchissable, les joueurs restent à distance de leurs adversaires : aucune interpénétration spatiale ni aucun contact ne sont autorisés.

Ce duel est-il "équitable" ? Autrement dit, l'égalité des chances, fer de lance des affrontements sportifs, y est-elle respectée ? Les résultats recueillis sur le terrain nous réservent une surprise : chaque équipe se bat farouchement pour se saisir du service, mais dès qu'elle s'en empare, ses chances de gagner le coup deviennent alors nettement plus faibles que celles de son adversaire ! Comment comprendre un constat aussi déroutant ?

La clôture dans l'espace s'accompagne étonnamment d'une non-clôture dans le temps. En raison des boucles du réseau des scores, la borne d'arrêt d'un set peut théoriquement ne jamais être atteinte. Il en découle d'inté-

* U.E.R. de Mathématiques, Logique formelle et Informatique, Université Paris V. Laboratoire : "Jeu sportif et Science de l'action motrice", Institut National du Sport et de l'Education Physique, Paris 12ème.

ressants problèmes. Est-il possible de régulariser la durée d'un match afin d'éviter que ses variations oscillent comme elles le font actuellement entre moins de trois quarts d'heure et plus de trois heures ? Les échanges sont-ils d'autant plus longs que les équipes sont plus fortes ? A la source de cette disparité temporelle, n'y aurait-il pas un déséquilibre entre l'attaque et la défense au bénéfice de la première, comme on l'affirme souvent ?

Cette intempestive variation de durée semble offrir un cas typique d'effet pervers. Etrangères aux intentions de tous les acteurs, ces conséquences indésirables paraissent directement entraînées par le système d'interactions d'un sport dont les règles ont été pourtant pesées avec soin par les instances institutionnelles. De tels hiatus sont révélateurs de l'influence sourde mais décisive de la logique interne du jeu. A son corps défendant, la logique ludosportive devient parfois perverse.

Nous allons d'abord proposer une illustration du va-et-vient entre le modèle général et les particularités de chaque rencontre, à l'aide d'une analyse des lignes de scores qui traversent le treillis du set. Puis la prise en compte des durées de matchs enregistrées en haute compétition permettra de déceler certaines étranges conséquences, non maîtrisées, de l'affrontement de deux équipes de volley-ball. Nous rechercherons ensuite les éventuelles régularités présentées par les données recueillies sur le terrain; enfin, nous avancerons quelques solutions possibles à leurs débordements dans le temps.

I. LES LIGNES DE SCORES

On sait que tous les événements d'un match de volley-ball seront sèchement résumés dans un unique score terminal. Une foule de parties fort diverses peuvent ainsi correspondre à un même score; de ce fait, un "résultat" pourra être jugé injuste ou peu révélateur du contenu réel de la confrontation. Aussi semble-t-il intéressant de mettre à découvert les multiples péripéties de la rencontre, ses éventuels rebondissements et retournements de situation.

Cette dynamique du processus ludosportif sera en partie retrouvée par l'analyse des lignes de scores. Nous allons rapidement suggérer quelques indicateurs favorisant une telle étude pouvant s'appliquer à chaque match en particulier.

1. L'univers des possibles

Chaque ligne de scores représente un des chemins possibles du treillis du

set (5). Considérons le support de marque initial dont le "pas" uniforme vaut 1. Il s'agit d'un treillis métrique caractérisé par une fonction de rang (1). Cette propriété est riche de conséquences.

Considérons un sommet-score quelconque $s = (x,y)_i$ de rang i : toute ligne de score aboutissant à s est un chemin maximal pour s ; il peut être considéré comme une suite de i pas tel que $i = x + y$. Toute ligne de score L aboutissant au sommet s de score (x,y) a donc une longueur h_L égale à la somme des deux marques de s .

$$h_L = x + y$$

(x,y) : sommet d'extrémité de L

Dans ce treillis métrique, tous les scores de rang i sont tels que la somme de leurs deux marques est une constante :

$$\forall i : x + y = i = h_L$$

On peut donc aisément calculer la longueur de tout chemin du treillis : elle peut évoluer de 15 (15-0) à 28 (15-13) ou davantage si l'on prend en compte la règle des deux points d'écart.

Selon leur position, les sommets du support de marque sont empruntés par un nombre variable de lignes de scores. Les propriétés de la combinatoire permettent de dénombrer tous les chemins du treillis. Toute ligne de scores aboutissant au sommet s de score $(x,y)_i$ peut être considérée comme un mot de i lettres dont x sont identiques entre elles et y identiques entre elles (avec $i = x + y$). La valence de s (nombre de lignes de scores aboutissant à s) vaut donc :

$$n_s = \frac{(x+y)!}{x! y!}$$

La figure 1 représente la partie inférieure de notre support de marque dont chaque sommet est équipé de son score et de sa valence. Ce treillis possède la structure caractéristique du *triangle de Pascal*. Toutes les valences situées sur le même niveau i sont respectivement identiques aux coefficients de la formule développée du binôme $(x+y)^i$ correspondant à ce niveau i . La valence d'un sommet est égale à la somme des valences de ses deux prédécesseurs. A l'aide de cet algorithme classique du triangle de Pascal, on peut

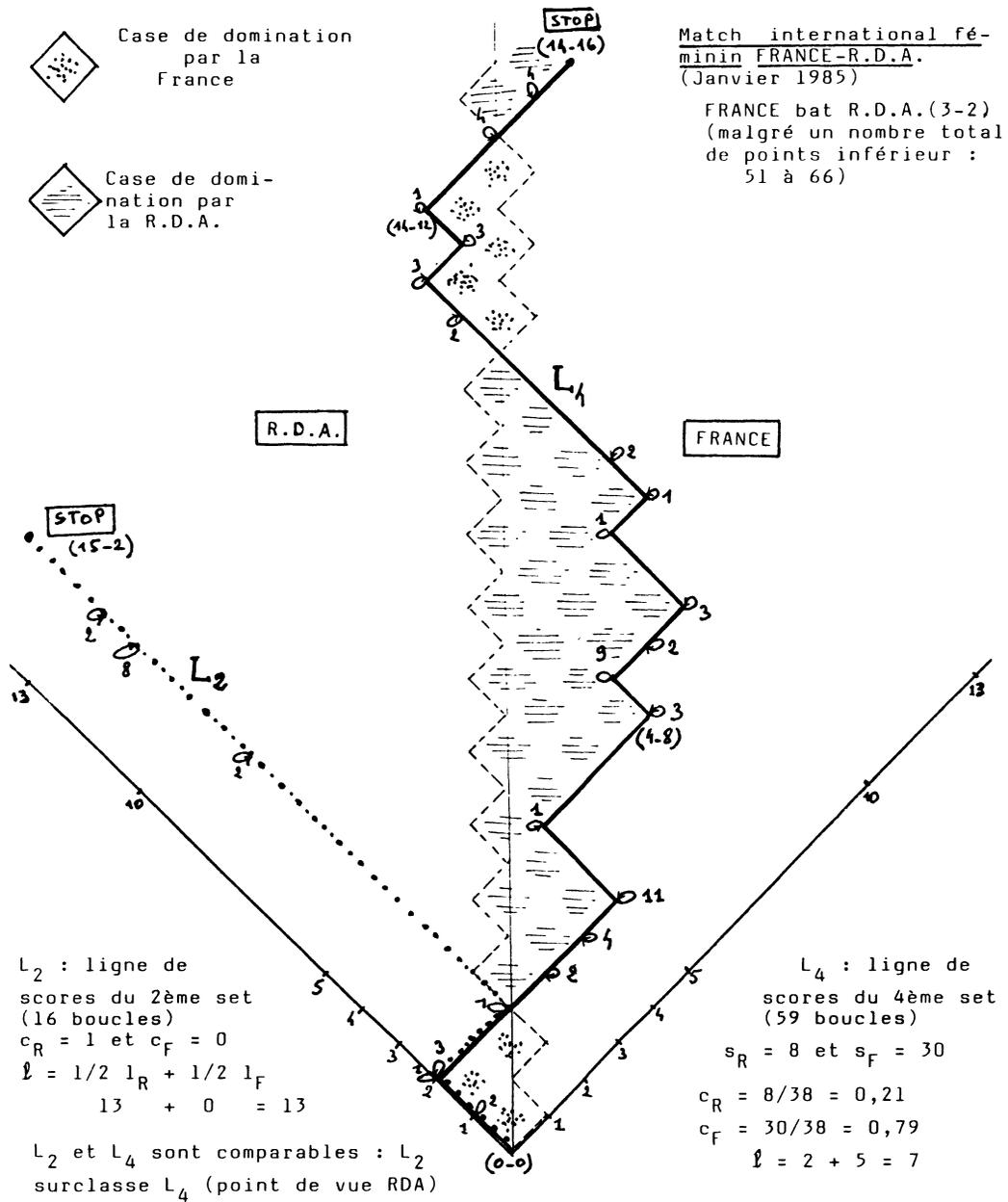


Figure 2. Lignes de scores et coefficients de domination

Le déroulement de la ligne des scores d'un set, assortie de ses boucles de changements de service, est une excellente représentation des propriétés de ce set. La ligne L_2 , non croisée, témoigne d'une domination sans partage de la RDA ($c_F = 0$ et $l_{L_2} = 13$); en revanche, L_4 révèle un set nettement dominé par la France ($c_F = 0,79$) malgré 3 croisements et un score final serré.

. Ligne des scores non croisée : une ligne des scores non croisée favorable à X, est telle que, quel que soit $s : x \geq y$ (symétriquement Y).

Une telle ligne des scores dénote la franche supériorité d'une équipe qui n'a jamais été menée à la marque; la ligne des égalités par exemple est une ligne non croisée (cf. L_2 de la figure 2.).

. Ligne des scores croisée : ligne telle que l'on ait à deux rangs i et j quelconques : $x_i > y_i$ et $x_j < y_j$.

Une telle ligne de scores passe nécessairement par un score nul et "croise" ainsi les deux lignes d'égalité (dans un cas extrême, elle pourrait rester à l'intérieur de la tresse des deux lignes d'égalité). Cette ligne signale un changement de l'équipe qui domine à la marque (cf. L_4 de la figure 2). Le nombre de "croisements" est en partie révélateur des renversements de situation et de l'acharnement des échanges.

. Ligne des scores avec "boucles" ; tout set réel peut être représenté par une ligne des scores à laquelle on adjoindra les "boucles" correspondant aux "rotations" enregistrées. La valence de chaque boucle répondra au nombre précis de changements de service effectués à chaque cas. Lorsque ces rotations s'achèvent par le gain du point au bénéfice de l'équipe qui avait remporté la dernière marque, la ligne des scores continue de progresser dans la même direction, et la valence de la boucle est paire; lorsque le gain du point revient à l'autre équipe, la ligne des scores bifurque et la valence de la boucle est impaire (cf. figure 2).

3. Demi-largeurs et largeur d'une ligne des scores.

La largeur d'une ligne de scores indique, sur l'ensemble de la manche, l'importance de l'écart entre les deux dominations extrêmes. Elle est égale à la somme des deux demi-largeurs, chacune notant l'écart maximum de domination associé à chaque équipe. Il vient :

$$l_L = \text{demi-largeur (X)} + \text{demi-largeur (Y)}$$

$$\max_{x_i \geq y_i} (x_i - y_i) + \max_{y_j \geq x_j} (y_j - x_j)$$

La largeur minimum d'une ligne de scores complète vaut 2 . Dans le cas où la ligne est non croisée, l'une des demi-largeurs est nulle : une équipe a totalement dominé l'autre (cf. la ligne L_2 de la figure 2).

4. Relation de surclassement.

Sous l'angle précis des scores, on peut désirer comparer le déroulement de deux sets. On définit alors, entre deux lignes de scores L_1 et L_2 , une relation de "surclassement" sous le point de vue de X (respectivement de Y), relation qui compare à chaque niveau i les deux marques de X (resp. de Y).

$$\left. \begin{array}{l} (x_1, y_1) \in L_1 \\ (x_2, y_2) \in L_2 \end{array} \right\} \quad \forall i : (L_1 \underset{X}{>} L_2) \Leftrightarrow (x_1 \geq x_2)$$

$$i = (0, 1, 2, 3 \dots)$$

X : relation de surclassement sous le point de vue de X .

Etant donné qu'à chaque niveau $i : x + y = i$, on a donc toujours : $y_2 \geq y_1$. Si L_1 surclasse L_2 du point de vue de X, alors L_2 surclasse L_1 du point de vue de Y (le point de vue de X, ou de Y, peut éventuellement être représenté par deux joueurs différents dont chacun a effectué un match : on compare le match de a contre b au match de c contre d).

Cette relation est réflexive, antisymétrique et transitive; elle n'est pas totale : deux lignes qui se coupent ne sont pas comparables. Il s'agit donc d'une relation d'ordre partiel, pouvant porter sur des lignes non croisées et/ou croisées. Une ligne des scores qui surclasse une ligne d'égalité est nécessairement une ligne non croisée à domination exclusive d'une équipe.

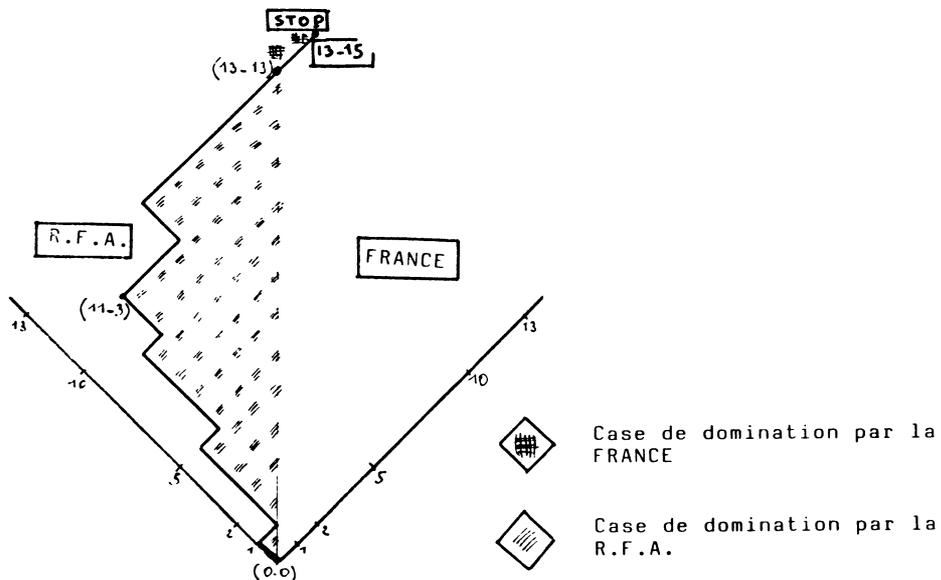


Figure 3. Ligne des scores témoignant de la victoire d'une équipe continuellement dominée au cours du set.

La France remporte ce set sans avoir jamais dominé son adversaire, sauf dans les deux derniers points, il est vrai décisifs (match féminin de Championnat d'Europe, 1985) : $s_F = 2/62 = 0,03$ et $s_R = 60/62 = 0,97$

(97% de la surface du set ont été dominés par la R.F.A. !)

5. Surfaces de réparation

Le score terminal sanctionne la victoire, brutalement et sans appel. De façon plus nuancée, il semble intéressant d'apprécier l'amplitude des dominations exercées par chaque équipe X et Y en prenant en compte tous les scores du déroulement de la partie.

La solution graphique de ce problème est simple; on appréciera la domination d'une équipe dans la moitié latérale du support, là où sa marque est supérieure à celle de sa rivale. Pour la domination de X, on dénombre les carreaux du treillis compris entre la ligne des scores L considérée et la ligne des égalités favorable à X. Quand la ligne est croisée, on répète l'opération de part et d'autre des lignes d'égalité, et l'on additionne pour chaque équipe ses différentes "surfaces de domination".

On obtient ainsi les surfaces de domination respectives s_g du gagnant et s_p du perdant. On peut calculer les coefficients de domination suivants :

$$c_g = \frac{s_g}{s_g + s_p} \quad \text{et} \quad c_p = \frac{s_p}{s_g + s_p}$$

Pour une ligne de scores non croisée : $c_p = 0$ et $c_g = 1$.

Au point de vue global des scores, tout coefficient dépassant 0,50 témoigne d'une supériorité de domination de l'équipe correspondante. Une équipe gagnante peut fort bien posséder un coefficient inférieur à 0,50, et même éventuellement proche de zéro ! La figure 3 représente une ligne de scores illustrant de façon caricaturale le gain du set par une équipe (France) dont la surface de domination a été minimum : $s_g = 2$ et $c_g = 2/62 = 0,03$ (3ème set du match féminin France - RFA, Championnat d'Europe, Octobre 1985). Un indice de ce type permet d'appréhender le rapport de forces instauré sur le terrain et d'éclairer la source de certains sentiments d'injustice ou d'euphorie des joueurs et des spectateurs.

Ces différentes suggestions ont pour objectif de proposer des indicateurs contrôlables autorisant une analyse moins "littéraire" et mieux fondée des rencontres ludosportives. La prise en compte des lignes de scores semble favoriser un examen des résultats sur le mode temporel : on peut observer le déroulement du processus pas à pas et pièces en mains. On peut mettre en regard la dynamique groupale de chaque équipe et les soubresauts des lignes de

scores : l'analyse des réactions de chaque joueur et des conduites d'équipe rapportées aux lignes de scores peut être riche d'enseignement. L'étude tactique peut également bénéficier de telles mises en rapport : dans quelles situations de terrain précises, telle séquence a-t-elle été observée ? Des sports comme le volley-ball où chaque joueur est assigné obligatoirement à un poste bien défini se prêtent particulièrement bien à ce type d'analyse.

II. L'EFFET PERVERS DE LA DUREE DE JEU

1. Une dispersion considérable

Le déroulement d'un set possède, avons-nous vu, la propriété théorique de se prolonger à l'infini (5). Dans les conditions concrètes de la compétition, un score terminal est bien entendu toujours atteint, mais non sans entraîner parfois de sévères retards temporels. Le chronométrage des matchs de haute compétition montre que leur durée empirique possède une dispersion considérable qui évolue approximativement de 10 minutes à une heure pour le set, et de trois quarts d'heure à trois heures pour le match !

La durée moyenne du point dépend du nombre de coups qui allongent la durée du jeu tout en n'étant pas comptés dans le score. Calculée sur plusieurs dizaines de matchs, cette durée moyenne possède un intervalle de variation important qui oscille schématiquement entre 40 secondes et une minute dix secondes. L'unité du jeu n'est pas là, dans le point, mais dans le coup; la durée moyenne de celui-ci est évidemment plus faible mais aussi plus stable : elle évolue entre 19 s. et 24 s. Cette durée dépend du jeu lui-même, mais aussi des conditions concrètes de la rencontre : taille du gymnase, présence éventuelle de ramasseurs de balle, empressement manifesté par les joueurs et par l'arbitre, réactions du public ...

Ces derniers facteurs semblent quelque peu extérieurs au jeu lui-même. Aussi, l'unité fondamentale de l'action nous semble-t-elle être en dernière analyse la phase de jeu qui se déroule entre le moment de la frappe du serveur et l'instant où la balle est réputée "morte". La durée moyenne de cette séquence "balle en jeu" possède une constance très prononcée : toutes les moyennes du coup "balle en jeu" que nous avons relevées lors de matchs entre clubs ou de matchs internationaux, sont situées entre 5,92 s. et 7,83 s.. Oscillant autour de 7 s., cette durée moyenne, de faible variance, représente à coup sûr une résultante révélatrice de l'état actuel du rapport de forces entre l'attaque et la défense de volley-ball.

On notera que dans ce sport collectif, le temps "réel" d'action effective représente à peine le tiers de la durée totale de l'affrontement. Ainsi, un match d'une heure et demie de durée enregistrée ne connaît en réalité qu'une demi-heure de jeu effectif.

2. Les causes d'allongement temporel

Les disparités affectant la durée des matchs de volley-ball ont été fréquemment signalées. L'auteur qui les a étudiées avec le plus de soin est sans doute Czeslaw Wielki qui a consacré plusieurs articles à ce phénomène (6), (7), (8). D'une part, il a relevé les durées de nombreuses compétitions, d'autre part il a procédé à une intéressante enquête auprès des joueurs, des entraîneurs et des responsables d'une vingtaine de pays. Ayant interrogé les différents partenaires de l'univers du volley-ball, il conclut son étude en proposant une solution rationnelle sur laquelle nous reviendrons.

L'allongement de la durée des rencontres de volley-ball se produit, écrit C. Wielki, *"à cause de la règle traditionnelle du jeu qui veut que le gagnant totalise 15 points avec deux points d'écart et que le jeu se poursuive jusqu'à ce qu'une des équipes ait gagné trois sets"* (6). Cette interprétation ne semble pas tout à fait en accord avec notre modélisation précédente. Bien entendu, les deux contraintes rappelées par Wielki représentent des causes incontestables de prolongation des matchs, mais leur influence est sans doute moins décisive que l'apparence le suggère : la première contrainte n'intervient que faiblement dans un nombre de cas limité, la seconde, bien que plus importante, ne représente en tant que telle qu'une augmentation inférieure au doublement de la durée. La cause profonde des prolongements de matchs est ailleurs.

L'analyse du graphe des scores a révélé que la présence possible, à chacun des sommets du réseau, d'une boucle "muette" n'influençant pas la marque, rend possible la stagnation infinie du score à tous les sommets de la ligne des scores (y compris même aux sommets de la cheminée des deux points d'écart). Voilà le responsable majeur des prolongements temporels des sets et des matchs. Cette cause de prolongation est d'autant plus importante qu'elle s'ajoute et se combine aux autres causes dont elle accroît encore l'influence.

3. Surabondance des coups "blancs"

Ces boucles "muettes" des changements de service, avons-nous constaté, ne modifient aucunement la marque et ne départagent donc jamais les deux équipes. Le graphe de transition des scores (5) donne à penser en revanche que ces boucles omniprésentes jouent un rôle décisif dans la durée du set, compte

tenu de la dérivation permanente qu'elles offrent au cheminement de la marque.

En définitive, la modélisation du système des scores conduit à deux conclusions tranchées ; d'une part les changements de service ne servent à rien dans la différenciation des équipes à la marque, d'autre part ils sont les principaux responsables de la durée du jeu. Cette analyse du modèle théorique est-elle en accord avec les faits du terrain ?

L'observation des compétitions permet d'évaluer, pour chaque match, le rapport entre le nombre de points marqués et le nombre de coups joués. La prise en compte de matchs de haute compétition sur une période étalée de 1974 à 1986 révèle que ce rapport varie, pour l'ensemble des matchs de 32% à 45% avec une moyenne proche de 38%. Schématiquement donc, sur 100 coups joués, il y en a, en moyenne, moins de 40 qui s'achèvent par le gain d'un point ! Pour 2 points marqués, il faut donc accepter au moins 3 coups "blancs".

Un match récent illustre la faiblesse du pourcentage des coups aboutissant au point : lors du match masculin France-Cuba de Janvier 1986 (3 sets à 2 en faveur de la France), nous avons enregistré 32,36% de coups marquants pour le match, assorti d'un set à 27,08%. Deux coups sur trois ont été totalement inutiles dans le déroulement du score. Au cours de ce match qui a duré près de deux heures (113 mn.), à peine plus d'une demi-heure (37 mn.) a servi à déterminer la marque ! La pesée temporelle des changements de service est donc hautement confirmée dans les faits de terrain. Signalons que, dans ce match, la durée moyenne du coup "balle en jeu" a été de 5,92s.; la durée réelle du jeu vaut ici moins du tiers (30,01%) de la durée officielle arbitrée.

4. Un effet pervers exemplaire.

Les inconvénients d'horaires dus à la variation de durée des matchs sont multiples : attente prolongée des joueurs participant au match suivant, injustice sportive flagrante dans certains tournois lorsque des équipes qui se sont qualifiées en 5 sets d'un difficile match de plusieurs heures rencontrent peu après des équipes qui ont éliminé leurs adversaires en 3 sets brefs, désagrément des spectateurs et des journalistes qui ne peuvent connaître l'horaire exact de la compétition. Ces inconvénients touchent ainsi les principales catégories de personnes associées aux rencontres : joueurs, organisateurs, journalistes et spectateurs.

Voilà bien un cas prononcé d'effet pervers, c'est-à-dire, selon la défi-

nition de Raymond Boudon, un "*résultat non intentionnel d'un ensemble complexe d'actions intentionnelles*" (2); nous sommes en effet devant une situation sociale volontairement organisée, mais qui entraîne des conséquences totalement étrangères aux intentions ayant présidé à sa mise en oeuvre. Le caractère pervers du système est d'autant plus frappant que les conséquences de l'action sont résolument contraires aux objectifs des acteurs.

En outre, ces effets indésirables apparaissent comme issus de la règle édictée par l'institution. Habituellement, les effets d'agrégation émergent inopinément dans des situations peu organisées; ici, ils surgissent dans un cadre fortement réglementé et sont en quelque manière un produit indirect de la loi. Personne ne souhaite que le match se prolonge démesurément mais, en cherchant à gagner, chaque équipier prend des décisions d'action qui, face aux contraintes des règles, tendent à allonger considérablement la durée de la rencontre. C'est dans la logique du jeu.

Cet effet pervers illustre de façon exemplaire la proposition de R. Boudon selon laquelle les effets pervers "*sont omniprésents dans la vie sociale*" (3). L'allongement préjudiciable de la compétition n'est pas dû à la conspiration d'un mystérieux groupe social, mais à l'interaction de conduites motrices individuelles, indiscutablement lucides, mais qui obéissent à des règles institutionnelles aux conséquences mal contrôlées. A ce titre, le cas du sport, en l'occurrence du volley-ball, présente autant de dignité théorique que tout autre secteur de la vie sociale et illustre on ne peut mieux, pour reprendre une expression de R. Boudon, les "*conséquences perverses produites par certaines situations de compétition*" (3).

Peut-on comprendre par quels mécanismes la règle, apparemment innocente, entraîne des conséquences aussi imprévues ?

III. UN DUEL DESEQUILIBRE

1. Un déséquilibre surprenant.

L'observateur va de surprise en surprise. Globalement l'espérance de réussite de l'équipe servante (calculée sur les 2.306 coups de 11 matchs) est, en moyenne, proche de 0,38 : cette équipe a donc nettement plus de chances de perdre le point que de le gagner. Autrement dit, dans le coup engagé, posséder le service défavorise les joueurs qui viennent de s'en emparer de haute lutte. Il y a là quelque chose de paradoxal : chaque équipe met toute son énergie à s'emparer du service, mais dès qu'elle le possède, elle se trouve

désavantagée par rapport à son adversaire !

Ce constat étonnant est dû à la conjugaison de deux ordres de faits différents : d'une part la logique interne du système des scores (la prise du service est le passage obligé pour gagner des points), et d'autre part l'affrontement concret des forces en présence qui semble favoriser l'équipe recevante. Qu'en est-il donc dans les faits ?

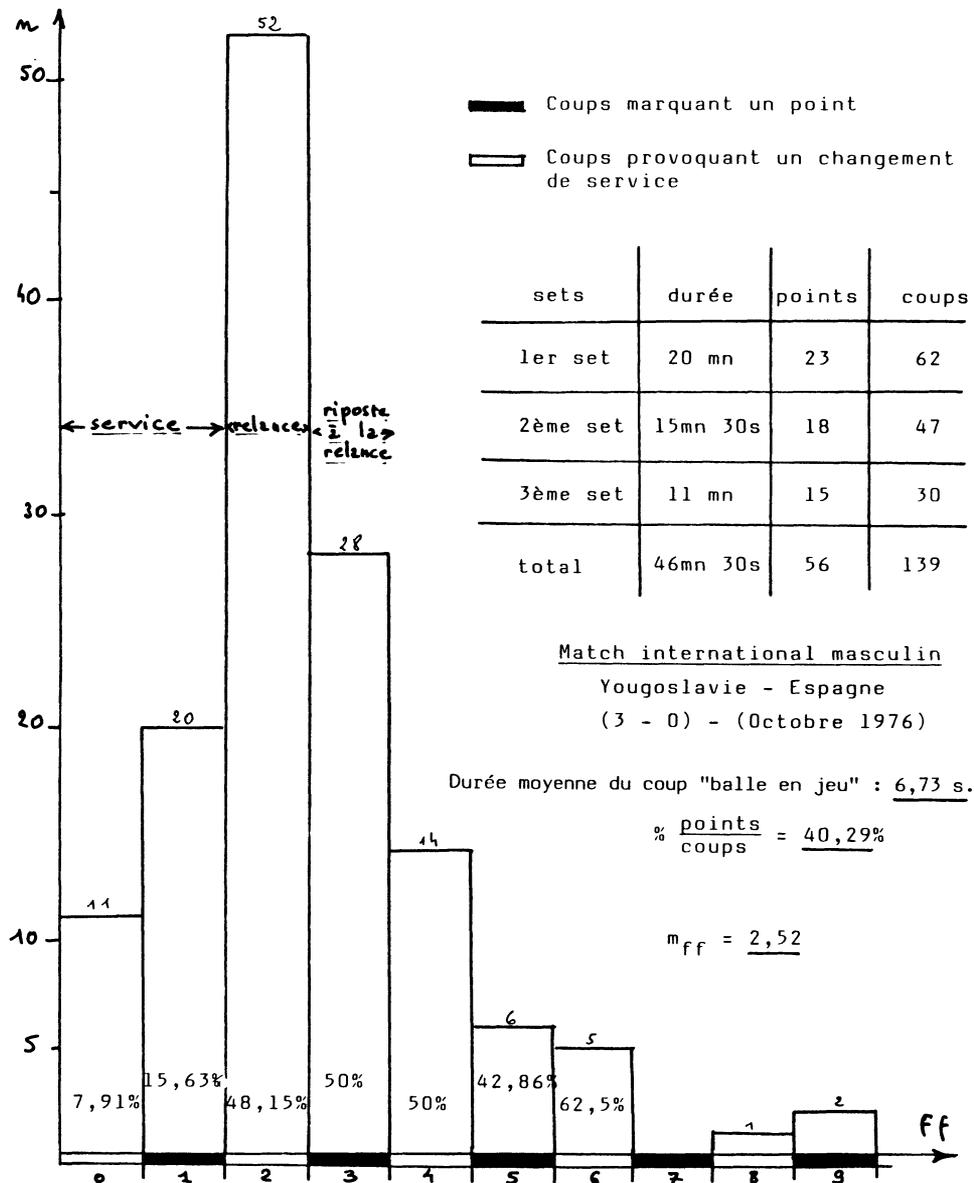


Figure 4. Histogramme des coups en fonction du nombre de franchissements de filet par coup.

Les résultats des deux équipes sont ici regroupés.

Les caractéristiques de cet histogramme sont représentatives de l'ensemble de ces résultats : progression jusqu'au mode 2 dont l'effectif est pléthorique, puis décroissance régulière jusqu'aux valeurs 6 ou 7 selon une fréquence de réussite oscillant autour de 50% (48,15%; 50%; 50%; 42,86%, 62,50%...)

2. Deux catégories de séquences

Le déroulement des actions motrices conduit à distinguer deux types de séquences :

- . La séquence du service : elle est seule de son espèce. Effectué d'un sous-espace réservé, éloigné d'au moins 9 mètres du filet, l'engagement est la seule phase de jeu à laquelle l'adversaire ne puisse, réglementairement, s'opposer par un "contre". Trois issues sont possibles : le serveur commet une faute, l'équipe recevante ne peut renvoyer correctement le ballon, enfin la balle est relancée correctement par l'équipe recevante et poursuit alors son itinéraire.
- . La séquence qui se prolonge au-delà du service : ces différentes séquences sont tous du même type si l'on néglige la particularité de la première relance qui, ainsi que nous l'avons signalé, ne peut s'effectuer par un contre. A cette nuance près, ces échanges peuvent être tous regroupés dans une même classe qui sera opposée à la classe des séquences du service.

Arrivé à ce point de l'étude, il nous faut maintenant prendre en compte les données empiriques recueillies sur le terrain et les croiser avec les caractéristiques des modèles élaborés précédemment. Dans cette optique, nous avons observé de nombreux matchs entre clubs français et étrangers, et entre équipes internationales; ces données collectées comme nous l'avons dit en haute compétition, de 1974 à 1986, offrent des matériaux qui vont permettre d'éprouver nos modèles et certaines idées qui ont cours dans le domaine du volley-ball.

3. Les franchissements de filet

Le volley-ball se caractérise par un profil intangible du déroulement des échanges : toute phase de jeu consiste, après une mise en service par frappe directe, en une succession alternée de passages du ballon au-dessus du filet, d'un camp à l'autre. Cette régularité du profil des échanges nous a conduit à résumer chaque coup de jeu par le nombre de franchissements du filet réussis. C'est là un bon indicateur du rapport de force entre l'attaque et la défense, problème-clef du volley-ball. Aussi une grande partie de nos analyses s'appuiera-t-elle sur la fréquence de ces franchissements de filet (ff) par coup de jeu.

Les résultats sont spectaculaires. Les histogrammes de ff de tous les matchs, sans aucune exception, arborent la même caractéristique : un pic très accusé à valeur 2, assorti d'une décroissance régulière de part et d'autre (ainsi que l'illustrent l'histogramme particulier de la figure 4 et l'histo-

gramme général de la figure 5). Les moyennes de ff par match ne présentent qu'une faible dispersion : inférieures à 3, toutes les moyennes enregistrées sont comprises entre 2,32 et 2,94. Ces caractéristiques possèdent une stabilité telle que l'on est incité à les considérer comme révélatrices des interactions du système des deux équipes affrontées. Explorons-en les particularités en fonction des deux types de séquences que nous venons de distinguer.

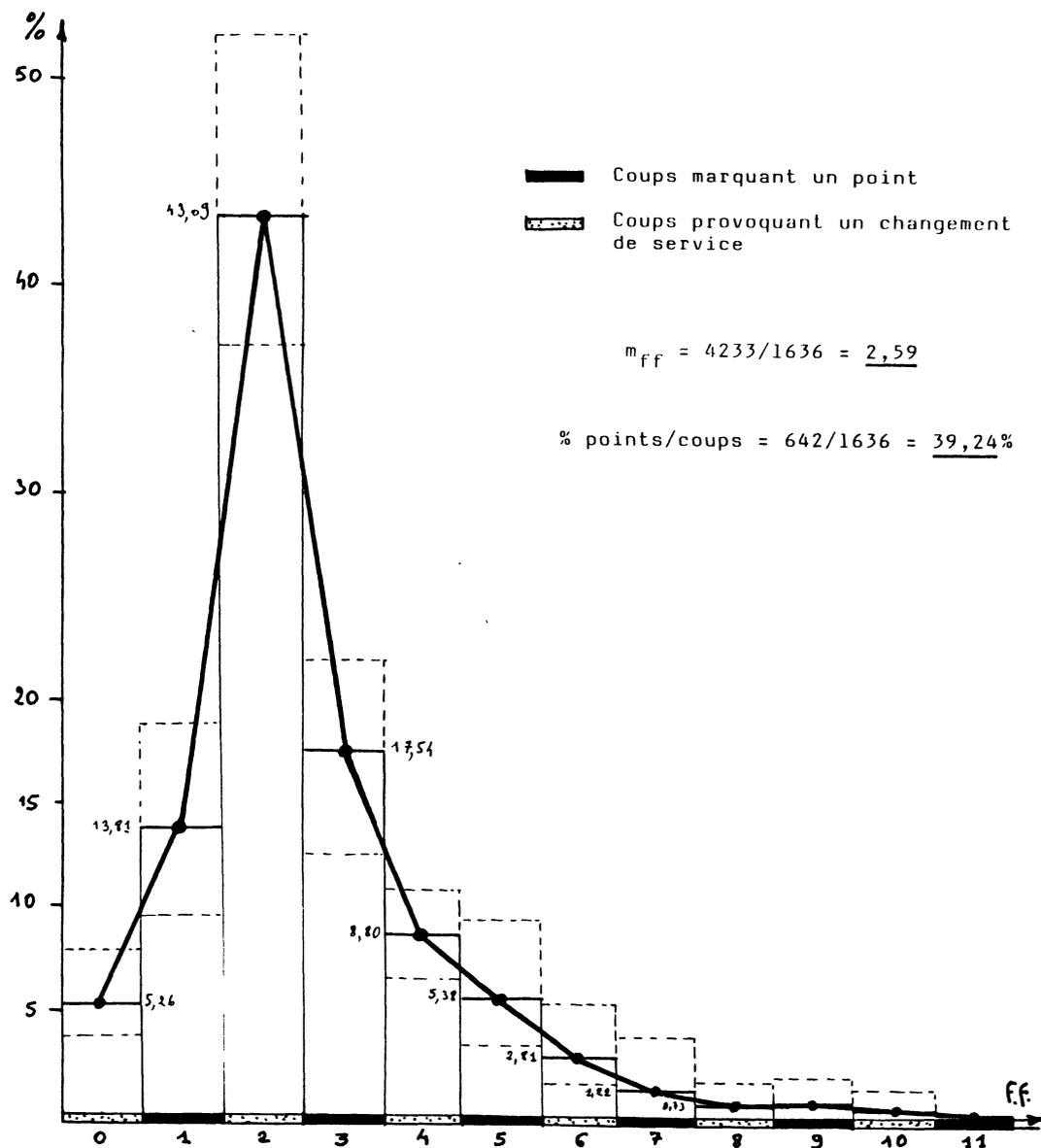


Figure 5. Histogramme des coups selon leur nombre respectif de franchissements de filet.

Cette courbe des fréquences est typique du profil des échanges des affrontements en volley-ball. La relance de l'équipe recevante (2 ff) accumule un effectif de réussites hypertrophié (43% du total) et est suivie d'une décroissance régulière des coups plus longs. Afin de donner une idée de la dispersion des résultats, les pourcentages extrêmes observés pour chaque ff ont été indiqués en pointillés.

Ces résultats correspondent aux 1636 coups observés sur les 9 matchs masculins suivants : Racing - Tourcoing (nov. 1974); V.G.A. St Maur - Prague (déc. 1974); France - Algérie (fév. 1975); Racing - Iraklis (fév. 1976); Clamart - Sète (mars 1975); Pologne - Yougoslavie (oct. 1976); France - Espagne (oct. 1976); Espagne - Yougoslavie (oct. 1976); France - Pologne (oct. 1976).

a) Caractéristiques de la séquence du service.

Sur l'ensemble des matchs observés, 5,30% des balles engagées provoquent une faute du serveur (0 ff) , 13,80% gagnent le coup directement et donc le point (1 ff) , et 80,90% sont relancées correctement par l'équipe recevante (2 ff et plus de 2 ff) . Le pourcentage de ballons qui deviennent "morts" directement à l'issue du service avoisine donc les 20% (19,10%).

Sur cette première balle, le rendement de l'attaque apparaît très faible : moins de 15% des balles d'engagement gagnent le coup ! Aussi est-il étonnant de constater que ce médiocre rendement alimente pourtant un lot considérable de points à la marque. Ces coups gagnés directement sur service représentent en effet 35,20% du total des points. Autrement dit, en moyenne, sur les 15 points nécessaires à la victoire, plus de 5 sont acquis sur la balle d'engagement.

Remarquons l'apparente contradiction de ces données, due à la logique des coups "blancs" : le rendement réel de l'attaque est très faible (1/7), mais son rendement à la marque très fort (1/3). Qu'en est-il des séquences suivantes ?

b) Caractéristiques des séquences qui se prolongent au-delà du service.

Tous les ff pairs (2,4,6 ...) correspondent à des coups gagnés par l'équipe recevante, et tous les ff impairs (3,5,7 ...) à des points remportés par l'équipe servante; la lecture des fiches d'observation révèle que 69,10% des gains de coups sont à porter au crédit de l'équipe recevante, et 30,90% au crédit de l'équipe servante (cf. fig. 6). Est-ce à dire que l'attaque est, ici encore, très défavorisée ?

Par "attaque", nous entendons tout renvoi de la balle dans le camp adverse; le smash bien sûr, mais aussi le lob et le contre sont des armes offensives. Dans cette perspective, chaque ff représente une attaque. La première offensive reviendra à l'équipe recevante. Afin d'évaluer le rendement de l'attaque pour chaque franchissement de filet, nous allons établir le rapport entre le nombre de coups conclus victorieusement à chaque ff , et le nombre total de balles correspondantes disputées.

Ainsi qu'en témoigne la figure 6, la première relance atteint un taux de réussite légèrement supérieur à la moyenne (53,30%) et les autres attaques fluctuent autour de cette valeur, légèrement au-dessous dans les premiers échanges (vers 46%). Schématiquement, sur l'ensemble des actions, on peut

ff	nombre de coups disputés (à ce ff)	nombre de coups correspondants (à ce ff) n	pourcentage correspondant (sur le total des coups)	pourcentage correspondant (par rapport aux coups disputés)	n. ff
0	1636	86	5,26%	5,26%	0
1	1550	226	13,81%	14,58%	226
2	1324	705	43,09%	53,25%	1410
3	619	287	17,54%	46,37%	861
4	332	144	8,80%	43,37%	576
5	188	88	5,38%	46,81%	440
6	100	46	2,81%	46%	276
7	54	20	1,22%	37,04%	140
8	34	12	0,73%	35,29%	96
9	22	13	0,79%	59,09%	117
10	9	8	0,49%	88,89%	80
11	1	1	0,06%	100%	11
		1636	100%		4233

Figure 6. Répartition détaillée des coups du jeu en fonction du nombre de franchissements de filet correspondant.

Calculé à chaque fois sur l'effectif des balles restant en jeu, le pourcentage des attaques gagnantes oscille, à partir de la relance (2 ff), entre 40 et 60% pour l'essentiel (et peut être résumé par la valeur 50%). On note cependant un surcroît de la relance (53,25%), surcroît peu notable sur le plan du pourcentage, mais important sur le plan des effectifs.

Ces données portent sur les résultats des 9 matchs de la figure 5.

$$(m_{ff} = 4233/1636 = 2,59).$$

Les coups gagnants de l'équipe servante, hormis le service, correspondent à un pourcentage de 30,89% des coups disputés ((409/1324)100) et les coups gagnants de l'équipe recevante à 69,11% (le complément : (915/1324)100). Ces valeurs sont bien compatibles avec le pourcentage de 50% d'attaques gagnantes à chaque franchissement de filet (cf. Fig. 7).

considérer que le pourcentage de réussite de l'attaque est de l'ordre de 50%. Cette fréquence se maintient à peu près constante, aux oscillations près, pour les différentes attaques qui se succèdent au fur et à mesure des ff. Comment se fait-il alors que l'équipe recevante enregistre plus de 2/3 des coups victorieux ?

La raison est d'ordre chronologique. L'équipe recevante, attaquant la première, remporte la moitié des balles en jeu; son adversaire ne pourra le

coup suivant que remporter la moitié des balles restantes, c'est-à-dire le 1/4, puis, à son tour, l'équipe recevante en regagnera 1/8, et ainsi de suite. La somme des fréquences des balles successivement gagnées par l'équipe recevante (1/2, 1/8, 1/32 ...) tend vers 2/3, et la somme des fréquences correspondant à l'équipe servante (1/4, 1/16, 1/64 ...) tend vers 1/3. Nous retrouvons ainsi grosso modo nos résultats du terrain (69,10% et 30,90%) avec un surcroît de bénéfice à l'équipe recevante.

Là encore, la conclusion ne laisse pas d'étonner : bien qu'il y ait égalité de chances entre l'attaque et la défense, le duel du coup est déséquilibré dans les faits, et donc inéquitable puisque l'équipe recevante possède deux fois plus de chances de le gagner que l'équipe servante.

4. La dynamique du système d'interaction.

Nous sommes désormais en mesure de croiser le modèle des scores avec les données concrètes de l'affrontement sportif. Le tableau de la figure 7 résume ces résultats : l'avantage pris à l'engagement par l'équipe servante (70%) ne porte que sur 20% des coups, alors qu'un avantage du même ordre acquis par l'équipe recevante (70%) s'exerce sur les 80% de coups restants. Il s'ensuit un gain résultant de 62% au bénéfice de l'équipe recevante, nettement favorisée, contre seulement 38% (points marqués) au crédit de son adversaire.

	Séquences limitées au service (< 2 ff)	Séquences pro- longées au-delà du service (≥ 2 ff)	Total des coups
	20% du total des coups	80% du total des coups	100%
Pourcentage de réussite de l'équipe servante	(1 ff) 70%	(ff impairs) 30%	38%
Pourcentage de réussite de l'équipe recevante	(0 ff) 30%	(ff pairs) 70%	62%
	100%	100%	100%

Figure 7. Pourcentages (arrondis) de réussites des deux équipes opposées, en fonction des deux grandes catégories de coups et de l'ensemble du match.

L'équipe servante apparaît nettement désavantagée et ce, en dépit du fait que les chances de réussite de chaque équipe sont égales à chacune des actions d'attaque, excepté sur la balle de service.

Le réseau des scores a démonté ce mécanisme. Les succès surabondants de l'équipe recevante sont tous dérivés sur les "boucles" des changements de service. C'est dans ces boucles qu'est niché l'effet pervers de la durée du match, dans ces boucles qui tiennent un rôle majeur dépendant de la logique interne du jeu. Les mécanismes d'interactions du système des scores accordent en effet la préséance à l'équipe recevante, celle précisément qui est privée du droit de marque.

Envisagées sous un autre angle, les fréquences obtenues débouchent sur un constat étonnant : 80% des coups d'un match ne dépassent pas 3 ff (20% pour la balle de service et 60% pour les coups à 2 ff et à 3 ff). Ainsi que l'illustre le tableau de la figure 8, seul un reliquat de 20% des coups se prolonge sur 4 ff et au delà (le maximum observé étant de 11 ff).

	0 ff et 1 ff	2 ff et 3 ff	4 ff et > 4 ff	total
effectifs n	312	992	332	1636
pourcentages correspondants	19,07%	60,63%	20,30%	100%
pourcentages arrondis représentatifs	20%	60%	20%	100%

Figure 8. Répartition des coups du jeu en trois classes en fonction de leur nombre respectif de franchissements de filet.

La distribution des coups est étonnamment concentrée dans les échanges à petit nombre de ff . A l'opposé de ce que l'on croit habituellement, 80% des coups ne dépassent pas 3 ff ! La clé de l'affrontement du duel se situe donc dans le début de l'échange.

Les données regroupent les observations portant sur les 9 matchs de la figure 5; les pourcentages retenus (20%, 60% et 20%) sont statistiquement significatifs.

Le pivot du duel de volley-ball est manifestement représenté par la relance du service (2 ff). L'influence de cette relance réside dans l'effectif impressionnant de ses réussites (43% du total des coups), sa faiblesse dans sa non-intervention sur la marque. Stratégiquement, toute équipe servante doit donc porter ses efforts sur les deux échanges qui encadrent cette relance et qui possèdent le privilège d'inscrire un point en cas de succès : le service (1 ff) et la riposte à la relance (3 ff). C'est là que se jouent les rencontres de volley-ball. On peut pronostiquer que de plus en plus, c'est essentiellement sur ces trois échanges que se porteront les efforts tactiques des équipes. Le service assorti d'un risque important (service violent, sauté,

smashé) et le "contre" de la relance deviennent des armes d'attaque majeures; l'équipe recevante contre-riposte en multipliant les foyers simultanés de smashes qui entraînent ainsi la "fixation" des "contres" adverses et en dispersent l'efficacité. Le service s'empare d'un double rôle capital : d'une part prendre des points décisifs, mais aussi mettre la réception adverse en forte difficulté afin de l'empêcher d'organiser aisément une attaque qui, sinon, pourrait devenir encore plus redoutable.

La rencontre de volley-ball a été envisagée ici comme un système d'interaction global, sans souci de particulariser l'une ou l'autre des équipes. La structure générale étant identifiée et ses propriétés dégagées, il devient aisé de porter son attention sur tel set, telle phase de jeu, telle équipe ou même sur l'action de tel joueur. A titre d'exemple, les figures 9 et 10 illustrent les comportements différenciés de deux équipes internationales féminines (match Cuba - France de mars 1985). Le détail des fréquences de ff révèle des résultats étrangement opposés d'une manche à l'autre; la prise en compte d'informations empruntées à un autre registre (lignes des scores, consignes de l'entraîneur, système de jeu adopté, modification de la tactique des adversaires ...) peut favoriser l'interprétation de telles disparités. Mais il est frappant de constater que dès que l'on traite des données en nombre important, le profil du déroulement des coups s'aligne sur les grandes régularités que nous avons dégagées.

La confection de modèles généraux n'est donc nullement incompatible avec l'analyse de phénomènes singuliers. Bien au contraire, le modèle offre les moyens objectifs d'identifier les caractéristiques de chaque événement et d'étudier comment, sur un canevas général pré-établi, chaque acteur dessine ses motifs originaux et développe ses propres initiatives.

Les résultats que nous avons traités portent sur des matchs dont la plupart eurent lieu il y a une dizaine d'années, de 1974 à 1976. Ces résultats ne peuvent être généralisés à une autre période sans vérification préalable. Nos analyses précédentes incitent à penser que certains phénomènes que nous avons mis en évidence en haute compétition, vont sans doute avoir tendance à devenir plus marqués : augmentation du pourcentage des coups "blancs" (notamment à 2 ff), diminution du nombre moyen de ff par coup, raccourcissement de la durée du coup, accroissement du nombre des coups qui s'achèvent dès la balle de service (0 ff ou 1 ff). On doit s'attendre à ce que le nombre de coups qui ne dépassent pas les 3 ff augmente et franchisse le seuil des 80%.

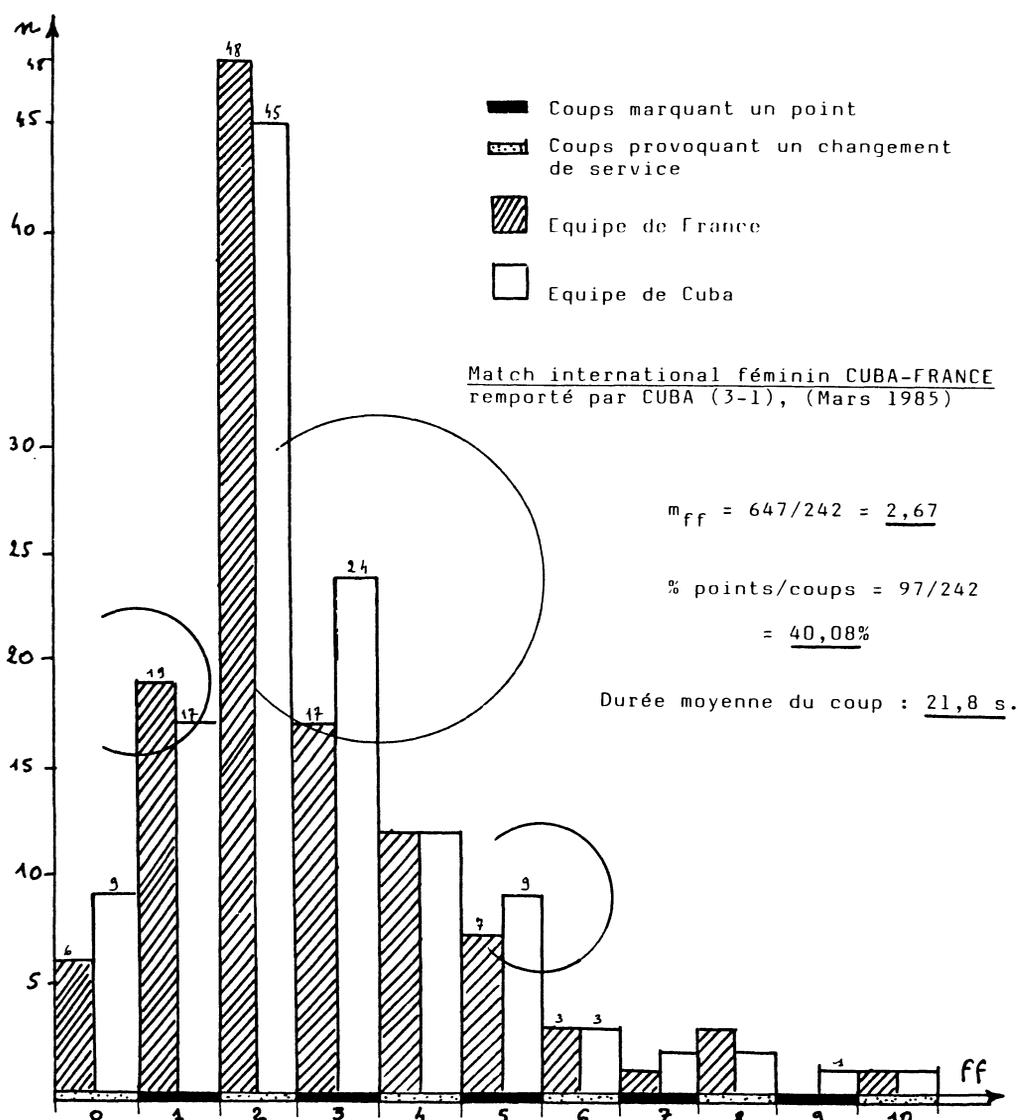


Figure 9. Histogramme des coups du jeu remportés par chaque équipe en fonction du nombre de franchissements de filet par coup.

C'est essentiellement dans les coups à 3 ff, sur la riposte à la relance française, que Cuba a manifesté sa supériorité. La moindre réussite de Cuba au service (17 contre 19) est compensée par ses gains dans les coups les plus longs : à 5 ff (9 contre 7), à 7 et 9 ff (3 contre 1). Globalement, les écarts entre les deux équipes sont faibles ; en haute compétition, les matchs se gagnent souvent sur de petites différences.

Le détail des deux premier sets, fortement contrastés, est reproduit dans le tableau de la figure 10.

En effet, les comportements de plus en plus performants de l'équipe recevante lors de la relance (2 ff) imposent une réaction ajustée de l'équipe servante : d'une part, une mise en difficulté des receveurs par un service puissant ou déroutant (qui marquera des points directs tout en prenant des risques considérables de balles fautives), d'autre part une parade-riposte à la relance par des "contres" athlétiques à forte valeur offensive. L'écran-

sante efficacité actuelle de la relance (2 ff) semble appeler ainsi une forte prise de risque de la frappe de service et une puissante riposte organisée lors du contre (3 ff). Le Championnat du monde de volley-ball qui se déroulera en France en automne prochain nous permettra de confronter ces hypothèses aux faits de terrain.

IV. VERS UNE MODIFICATION DU SYSTEME DES SCORES ?

Les idées reçues ne sont pas toujours absentes du monde du sport. L'allongement de la durée de jeu est fréquemment imputée à l'amélioration de la qualité des joueurs. Ainsi, écrit C. Wielki, *"La durée des matchs, de par la valeur athlétique des joueurs, devient aujourd'hui de plus en plus longue"* (6). Cette affirmation qui semble aller de soi nous paraît sujette à caution.

Le chronométrage des temps de jeu révèle que la durée du coup "balle en jeu" entre équipes de niveau international est plus courte que la durée enregistrée entre équipes moins huppées; ainsi de l'échantillon suivant qui décèle une relation inverse : Clamart - Sète : 7,83 s.; V.G.A. Saint-Maur - Varsovie : 7,45 s.; Espagne - Yougoslavie : 6,73 s.; France - Espagne : 6,25s.; France - Cuba (masculin) : 5,92 s.. Sous réserve de confirmation, la durée moyenne du coup semble diminuer quand la qualité des équipes augmente. L'analyse précédente a d'ailleurs bien montré que l'excellence d'une équipe se manifeste dès le début par sa réussite dans l'un des trois premiers ff . Là encore, la logique interne du jeu prend en défaut un lieu commun fort répandu. La source des prolongations temporelles n'est pas là.

Dans son enquête approfondie, C. Wielki a clairement posé le problème de la durée de jeu en volley-ball et envisagé la plupart des solutions possibles (8). Pour maîtriser la durée de chaque match, il suggère l'adoption de trois périodes appelées "temps-set", chacune ayant une durée imposée de 25mn et restant soumise à la condition des deux points d'écart. Le match est gagné par l'équipe dont le total des points sur les trois manches est le plus élevé (en cas d'égalité, l'équipe qui a gagné deux temps-sets sur trois remporte le match).

Sous l'angle du contrôle de la durée, la solution proposée est séduisante et efficace. Les matchs sont ainsi d'évidence contenus dans un horaire précis comme dans les autres sports collectifs, et certaines caractéristiques du volley-ball sont maintenues : condition des deux points d'écart, rotations, présence de plus de deux sets. Mais lorsque C. Wielki affirme que cette solu-

tion conserve "le caractère spécifique du volley-ball" (7) peut-être ne serait-il pas déraisonnable d'émettre quelques réserves.

ff	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
équipes	F, C	F, C	F, C	F, C	F, C	F, C	F, C	F, C	F, C	F, C	F, C
1er set	1 4	6 4	11 11	1 9	2 3	0 2	1 0	0 0	1 1	0 0	1 0
2ème set	0 0	7 2	11 8	7 3	1 2	1 2	1 1	0 0	0 0	0 0	0 1

■ Coups marquant un point (ff. impair)

□ Coups provoquant un changement de service (ff. pair)

1er set : CUBA bat FRANCE 15 - 7 ; durée : 20 mn

$$m_{ff} = 154/59 = 2,61 \quad \% \text{ points/coups} = 22/59 = 37,29\%$$

2ème set : FRANCE bat CUBA 15 - 7 ; durée : 17 mn

$$m_{ff} = 126/47 = 2,68 \quad \% \text{ points/coups} = 22/47 = 46,81\%$$

Figure 10. Résultats différenciés des coups gagnés par chacune des deux équipes en fonction du nombre de franchissements de filet par coup.

Sont ici représentés les résultats des deux premiers sets du match international féminin Cuba - France (mars 1985) remporté par Cuba (3 - 1). On notera l'étonnant renversement des résultats d'un set à l'autre.

On observe que Cuba a remporté le 1er set grâce à ses ripostes sur la relance française (3 ff : 9 contre 1). La France a remporté le second, à son tour par la supériorité de ses ripostes aux relances cubaines (7 contre 3) mais aussi grâce au net avantage de ses points marqués directement sur service (1 ff : 7 contre 2).

Les résultats de l'ensemble de ce match sont reportés sur l'histogramme de la figure 9.

A la lumière de notre analyse du système des scores, peut-on identifier les traits spécifiques les plus importants du volley-ball ? Ce sont essentiellement, semble-t-il, les traits des jeux de paume :

. Un système des scores à plusieurs réseaux dont chacun fonctionne au *score-limite* (et non au temps-limite).

. Un système de réseaux à *enchâssement* dont le réseau final traite les résultats des réseaux de base *sous forme binaire* et non sous forme d'addition de points.

Est-il possible de concilier ces propriétés avec une régularisation de la durée des matchs ?

La modélisation que nous avons proposée suggère une mesure simple : la suppression de toutes les boucles "muettes". Ainsi, tout coup du jeu, quel qu'il soit, serait sanctionné par un point au bénéfice de l'équipe non fau-

tivé. Seraient intégralement conservées toutes les autres règles du volley-ball : changements de service et rotations, condition des deux points d'écart, règle des trois sets gagnants ... Nous l'avons décelé dans les graphes puis confirmé par la prise en compte des matériaux du terrain : ce sont bel et bien les boucles qui sont à la source des principales variations de durée des matchs (d'autant qu'elles ajoutent et conjuguent leurs effets aux autres causes).

Si l'on supprime les boucles, toutes choses égales par ailleurs, un match sera diminué en moyenne de plus de 60% de sa durée ! C'est la raison pour laquelle, sous cette hypothèse, il conviendrait de choisir un score-limite de fin de set nettement plus élevé. Adoptons une durée de référence de l'ordre de 20 mn; dans les conditions actuelles du jeu, la durée moyenne du coup étant de l'ordre de 20 à 22 s., la borne d'arrêt pourrait se situer aux alentours de 31 points (en correspondance avec la borne de 21 points du ping-pong). Un set achevé sous le score de 31 à 25 par exemple, durerait à peu près 20 mn. Dans les conditions habituelles des compétitions, on n'observerait qu'un nombre très restreint de matchs dont le total des points marqués serait inférieur à 45 ou supérieur à 65. Autrement dit, la majorité des sets verrait leur durée comprise entre 15 mn. et 25 mn., résultat qui éviterait de grandes fluctuations. Chaque coup de jeu donnant lieu à un point, l'effet pervers qui règne aujourd'hui disparaîtrait.

L'inertie des boucles étant éliminée, les rapports de durée de 1 à 7 relevés par C. Wielki dans les sets actuels, ne seraient plus à craindre; à peine pourrait-on envisager des rapports du simple au double. Cependant, la durée du match resterait soumise à l'imprévu des trois sets gagnants, et persisterait la possibilité du paradoxe des scores (ce qui nous semble souhaitable au point de vue de la richesse stratégique du jeu). Une solution de ce type n'a pas échappé aux spécialistes; c'est d'ailleurs la formule adoptée aussi bien par le tennis que par le ping-pong dont les réseaux ne possèdent pas de boucles muettes, chaque coup étant comptabilisé à la marque. La modélisation effectuée pourrait permettre de bien maîtriser le phénomène en volley-ball et de s'ajuster aux durées souhaitables.

Nettement régularisé, sans être entièrement prévisible, le volley-ball augmenterait ainsi son potentiel spectaculaire et médiatique, tout en préservant son incontestable originalité.

Mais, bien entendu, à la régularisation on peut préférer la fantaisie dans le déroulement des matchs : le volley-ball garderait alors son système de scores actuel et ses imprévus.

V. UNE FAUSSE TRANSPARENCE

L'enjeu immédiat de la confrontation sportive, c'est le score. En sport, ce qui compte, c'est ce qui se compte. Les joueurs et les spectateurs étant happés par ces données manifestes de la marque, les mécanismes sous-jacents responsables des résultats risquent fort de rester dans l'ombre. Mais est-il précisément fondé d'affirmer que les intéressés n'ont que très peu conscience de la dynamique de ces structures au cours des matchs ?

Afin de nous en assurer, nous avons soumis un questionnaire précis à une population comprenant notamment des athlètes de haut niveau dont certains sont spécialistes de sports collectifs. Les résultats sont éloquentes : aucune des fortes propriétés du fonctionnement du match que la modélisation a permis de dégager, n'est perçue par l'ensemble des répondants. Moins de 10% seulement des questionnés répondent à bon escient que l'équipe servante est "nettement désavantagée" ! Plus de la moitié pense à tort que l'équipe gagnante gagne toujours plus de points que l'équipe perdante. Moins du tiers des répondants accorde à l'équipe qui renvoie la balle un pourcentage de chances correct de gagner le coup immédiat ("entre 40 et 60 chances sur 100"). Plus de la moitié ne s'est pas rendu compte que le nombre de changements de service est nettement supérieur au nombre total de points marqués, et plus des deux tiers n'ont pas perçu que l'équipe perdante remporte à peu près le même nombre de changements de service que l'équipe gagnante. Une avalanche de perceptions erronées.

Cette cécité devant des phénomènes sportifs qui se déroulent au grand jour, en produisant un spectacle réputé pour sa transparence, incite l'observateur à aller au-delà des apparences. Sous les phénomènes de surface, il convient de mettre à découvert les structures profondes qui régulent le fonctionnement du jeu. Les universaux des jeux sportifs représentent ces systèmes d'interaction sous-jacents; dérivés du système des règles, ils en orientent les conséquences de façon parfois un peu imprévue. Il n'y a là ni mystère ni conspiration; simplement un effet de composition. La structure du système est telle que les différentes stratégies décidées par les joueurs en vue de la victoire interfèrent et créent, au-delà du désordre de surface, des régularités profondes et souvent inaperçues, caractéristiques de la situation.

La clôture du volley-ball dans l'espace, ses impératifs de score et ses différentes contraintes de fonctionnement offrent une exceptionnelle occasion d'observer, selon l'heureuse expression de Raymond Boudon, "*la complexité du jeu entre l'autonomie des agents et les contraintes des structures*" (2). C'est bien à ce titre que le jeu sportif peut devenir un véritable laboratoire d'étude des systèmes d'interaction sociale.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BARBUT M., MONJARDET B., *Ordre et classification. Algèbre et Combinatoire*, Tome I, Paris, Hachette, 1970.
- [2] BOUDON R., *La logique du social. Introduction à l'analyse sociologique*, Paris, Hachette, 1979.
- [3] BOUDON R., *Effets pervers et ordre social*, Collection Sociologie, Paris, Presses Universitaires de France, 1977.
- [4] GUILBAUD G. Th., "Jeux (Théorie des jeux)", in *Dictionnaire des jeux*, publié sous la direction de René Alleau, pp. 253-271, Paris, Tchou Editeur, 1964.
- [5] PARLEBAS P., "Les jeux de paume : systèmes des scores, morphismes et paradoxes", *Mathématiques et Sciences Humaines*, n° 92 1985 pp.41-68.
- [6] WIELKI C. "La durée de jeu en championnat de volley-ball", *Mouvement*, Montréal, vol. 8, n° 4, décembre 1973, pp. 227-235.
- [7] WIELKI C. "La durée de jeu en volley-ball", *Sport*, Bruxelles, n° 3 (1974) pp. 169-175.
- [8] WIELKI C. "Championnat du monde de volley-ball à Mexico et les enquêtes concernant la durée du jeu" *Sport*, Bruxelles, n° 3 (1976) pp. 181-187.