



HAL
open science

MISE EN EVIDENCE DES RELATIONS FONCTIONNELLES ENTRE INFORMATION VISUELLE ET EFFICIENCE MOTRICE EN TENNIS DE TABLE

Marie-Martine Ramanantsoa, Hubert Ripoll, Catherine Boissin, Bruno Reine,
Alain Durey

► **To cite this version:**

Marie-Martine Ramanantsoa, Hubert Ripoll, Catherine Boissin, Bruno Reine, Alain Durey. MISE EN EVIDENCE DES RELATIONS FONCTIONNELLES ENTRE INFORMATION VISUELLE ET EFFICIENCE MOTRICE EN TENNIS DE TABLE : LES FACTEURS DE LA REUSSITE ET DE L'ECHEC. [Rapport de recherche] Institut National du Sport et de l'Education Physique (INSEP). 1989. hal-01985502

HAL Id: hal-01985502

<https://insep.hal.science//hal-01985502>

Submitted on 18 Jan 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Institut National du Sport et de
l'Education Physique**

**Laboratoire de
Neurosciences du Sport**

**Marie Martine Ramanantsoa
Hubert Ripoll
Catherine Boissin
Bruno Reine (Informatique)**

Université Paris Sud (Orsay)

LIRESPT

**Alain Durey
Philippe Varrin (Informatique)**

**MISE EN EVIDENCE DES RELATIONS
FONCTIONNELLES ENTRE INFORMATION VISUELLE
ET EFFICIENCE MOTRICE EN TENNIS DE TABLE :**

LES FACTEURS DE LA REUSSITE ET DE L'ECHEC

Juin 1989

Nous remercions François ORFEUIL et Michel GADAL
de la collaboration amicale et technique qu'ils ont apporté à ce projet.

Nous remercions les entraîneurs et les joueurs
de leur collaboration et de l'intérêt qu'ils ont porté à cette étude.

Nous remercions Monsieur TOSCANI
de son précieux concours mathématique.

PLAN

	page
AVANT PROPOS -----	1
A - Analyse stratégique -----	2
B - Analyse gestuelle -----	18
C - Analyse perceptivo-motrice -----	50
D - Analyse mécanique et aérodynamique de la balle -----	54
E - Dispositif expérimental & traitements -----	69
ANNEXES -----	74

AVANT PROPOS

L'étude entreprise avait deux buts essentiels.

- 1 - Elaborer des outils méthodologiques utilisables en situation de match.
- 2 - Avancer dans la compréhension des facteurs de réussite et d'échec en tennis de table.

L'étude s'est organisée selon plusieurs directions complémentaires.

Nous avons cherché à objectiver les facteurs impliqués dans la réussite et dans l'échec. Il s'agit :

- des facteurs stratégiques.
- des déterminants moteurs.
- des mécanismes perceptivo-moteurs.
- des caractéristiques mécaniques et aérodynamiques rendant compte du degré de difficulté de la frappe et de la réception.

Les comptes rendus présentés dans ce rapport ont atteint différents degrés d'achèvement. Toute utilisation ultérieure des résultats doit donc tenir compte de ce fait.

Ainsi, les données relatives à l'efficiencia motrice ont été obtenues à partir de l'étude d'un seul joueur (Gatien) et sur un nombre réduit (30) de coups réussis et ratés. Aussi sera-t-il nécessaire ultérieurement de faire une analyse critique des données recueillies en les comparant à celles obtenues sur d'autres joueurs et sur un nombre plus élevé de coups.

De même, les données stratégiques exposées dans ce compte rendu sont issues de l'observation de trois sets où Gatien a rencontré successivement Zie Saïke, Birocheau, Parietti. Ce nombre de match est trop restreint pour pouvoir proposer des conclusions définitives et exhaustives.

Les outils méthodologiques mis au point pour cette étude, sont maintenant utilisables pour toute observation du match ultérieure, sous réserve de quelques précautions lors des prises de vue.

La méthodologie est exposée à la fin du document.

A) ANALYSE STRATÉGIQUE

PLAN

Avertissement

Abréviations

I. Avantages dus au service

1. Tableau récapitulatif **Tableau 1**
2. Temps pendant lequel cet avantage est conservé.
 - a) le joueur gagne sur son service **Tableau 2**
 - b) le joueur perd sur son service **Tableau 3**
3. Zones de rebond et de frappe selon la réussite et l'échec.
 - a) sur le service de Gatien et en fonction du nombre de rebonds.

	2 rebonds Tableau 4
coups gagnés	4 rebonds Tableau 5
par Gatien	6 rebonds Tableau 6
	8 rebonds Tableau 7
 - b) sur le service de Gatien et en fonction du nombre de rebonds

coups perdus	3 rebonds Tableau 8
par Gatien	5 rebonds Tableau 9
 - c) sur le service adverse et en fonction du nombre de rebonds

coups perdus	2 rebonds Tableau 10
par Gatien	4 rebonds Tableau 11

- d) sur le service adverse et en fonction du nombre de rebonds

coups gagnés	3 rebonds Tableau 12
par Gatien	5 rebonds Tableau 13

II. Les gagnés directs

1. Gatien gagne sur balle non rattrapée par l'adversaire. **Tableau 14**
2. Gatien perd en n'ayant pas touché la balle **Tableau 15**

III. Avantages dus aux coups techniques.

1. Les réponses sont en coups droit ou en revers
 - a) sur frappe de Gatien l'adversaire répond au coup droit.
 - * récapitulatif selon la réussite et l'échec **Tableau 16**
 - * récapitulatif général **Tableau 17**
 - réception en coup droit par l'adversaire du service de Gatien.
 - lors des échanges l'adversaire répond en coup droit.
 - b) sur frappe de Gatien l'adversaire répond en revers
 - * récapitulatif selon la réussite et l'échec **Tableau 18**
 - * récapitulatif général **Tableau 19**
 - réception en revers par l'adversaire du service de Gatien
 - lors des échanges l'adversaire répond en revers.

c) sur frappe adverse Gatien répond en coup droit
 * récapitulatif selon la réussite et l'échec **Tableau 20**
 * récapitulatif général **Tableau 21**
 réception en coup droit du service adverse
 lors des échanges Gatien répond en coup droit.

d) sur frappe adverse Gatien répond en revers
 * récapitulatif selon la réussite et l'échec **Tableau 22**
 * récapitulatif général **Tableau 23**
 - réception revers sur service adverse
 -lors des échanges Gatien répond en revers.

e) **Récapitulatif général des temps entre la frappe adverse et la frappe joueur selon que le frappé joueur est un coup droit ou un revers. Tableau 24**

2. Les coups techniques de Gatien

fonction Répartition par rapport au nombre de rebonds et en de l'adversaire

- a) Gatien gagne
 sur son service **Tableau 25**
 sur service adverse **Tableau 26**
- b) l'adversaire gagne
 sur son service **Tableau 27**
 sur service de Gatien **Tableau 28**

IV Durée moyenne des échanges des sets étudiés (Tableaux 29, 30, 31, 32, 33, 34)

Avertissement

Les résultats présentés ici sont l'exploitation de trois sets où Gatien a successivement rencontrés Xié Saiké, Birocheau et Parietti.

En conséquence, cette analyse stratégique doit être comprise, non seulement comme l'exposé des résultats, mais plus généralement comme la présentation d'une méthode permettant l'objectivation des facteurs stratégiques de la réussite et de l'échec, en fonction des joueurs et en fonction des adversaires rencontrés.

Ce travail rend compte des différentes performances de l'outil informatique mis au point par Bruno Reine pour analyser le versant stratégique de la performance.

L'emploi de cette méthodologie d'analyse devra être généralisée à d'autres matchs. La seule contrainte d'utilisation de cette méthodologie résulte dans la prise de vue lors de la saisie de données pendant les compétitions.

Le recueil et le traitement des données sont reconstruits à partir de deux caméras vidéo VHS

- l'une, en plan serré sur la table, renseigne de la spatialisation des événements de la balle.
- l'autre en prise large sur l'ensemble du terrain renseigne sur la spatialisation des frappes des joueurs.

Les joueurs :

Gauchers	Gatien, Xié Saiké
Droitiers	Birocheau, Parietti

Abréviations

TSD	Top Spin de Coup Droit
TSR	Top Spin de Revers
CAD	Contre attaque en Coup Droit
CAR	Contre attaque en Revers
FD	Frappe Coup Droit
FR	Frappe Revers
BD	Bloc Coup Droit
BR	Bloc Revers
PD	Pousette Coup Droit
PR	Pousette Revers
DHD	Défense haute Coup Droit
NT	Non Touché

Ri avec i=1,3,5,7,9 ... Rebond sur 1/2 table serveur

Ri avec i=2,4,6,8 ... Rebond sur 1/2 table receveur

GD	Gagné direct
I	Balle intermédiaire
PPerd	Perdu
\$	Frappe inqualifiable

Tableau 1- Avantages dus au service

Serveur / Recepteur	GAGNES	PERDUS	TOTAL	
GATIEN / BIROCHEAU	9	11	20	Gatien perd
GATIEN / XIE	10	10	20	Gatien perd
GATIEN / PARIETI	12	7	19	Gatien gagne
BIROCHEAU / GATIEN	11	10	21	
XIE / GATIEN	12	6	18	
PARIETI / GATIEN	11	9	20	
Moyenne	10,83	8,83		
GATIEN/ ADVERSAIRE	10,33	9,33		
ADVERSAIRE / GATIEN	11,33	8,33		

Tableau 2- Le joueur gagne sur son service

serveur / recepteur	2 rebonds	4 rebonds	6 rebonds	8 rebonds	Total* services
Gatien Birocheau	4	2	1	2	9
Gatien / Xie	2	5	2	0	10
Gatien / Parieti	0	8	1	2	12
Birocheau / Gatien	4	5	1	0	11
Xie / Gatien	2	4	4	0	12
Parieti / Gatien	5	4	1	0	10

Moyenne	2,83	4,66	1,66	0,66
Gatien/ Adversaire	2	5	1,33	1,33
Adversaire / Gatien	3,66	4,33	2	0

Commentaires : Le joueur gagne sur son service.

-Gatien gagne sur son service surtout en 2 rebonds et 4 rebonds face à Birocheau et Xié et en quantité remarquable (8) en 4 rebonds face à Parietti.

-Les adversaires gagnent leurs services face à Gatien : beaucoup en 2 et 4 rebonds et pratiquement pas en plus de 4 rebonds sauf Xié qui gagne 4 fois en 6 rebonds.

Tableau 3- Le joueur perd sur son service

serveur / recepteur	3 rebonds	5 rebonds	7 rebonds	9 rebonds	Total* services
Gatien Birocheau	2	2	1	4	11
Gatien / Xie	7	2	0	0	10
Gatien / Parieti	3	2	1	0	7
Birocheau / Gatien	2	1	6	0	10
Xie / Gatien	2	3	0	0	6
Parieti / Gatien	5	1	1	0	9

Moyenne	3,5	1,83	1,5	,066
Gatien/ Adversaire	4	2	,066	1,33
Adversaire / Gatien	3	1,66	2,33	0

Commentaires : Le joueur perd sur son service

-Gatien perd son service surtout en 3 et 5 rebonds. Face à Xié en un nombre remarquable (7 en 3 rebonds). Face à Birocheau seulement, il perd en plus de 7 rebonds (1 fois en 7 rebonds et 4 fois en 9 rebonds).

-Les adversaires perdent sur leurs services. Xié en 3 et 5 rebonds, Parietti surtout en 3 rebonds et Birocheau surtout en 7 rebonds. Gatien perd peu de services face à Parieti (7) de même que Xie perd peu (6) face à Gatien

* Le total peut être supérieur car il y a eu des échanges de plus de 8 ou 9 rebonds.

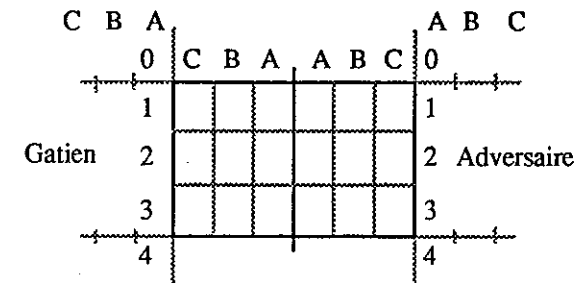
Tableau 4- Services gagnés en 2 rebonds par Gatien

Sequence	type de service	R2	Lieu de frappe adversaire	Coup adversaire
15 B	LIFTE	C1	C1 sur table	TSD out
24 B	LIFTE	B2	C2 sur table	FD filet
34 B	LIFTE	B2	C2 sur table	FD out
35 B	LIFTE	B2	C2 sur table	Revers out
24 X	COUPE	B2	C2 sur table	PR out
34 X	LIFTE	C2	A2	BR out

Remarques : Gatien gagne seulement face à Birocheau et Xié.
 -face à Birocheau avec des services liftés.
 -face à Xié avec un service lifté et un service coupé

Tableau 5- Services gagnés en 4 rebonds par Gatien

Sequence	R2	R4	Lieu de frappe adversaire	Coup adversaire
7P	C3	C2	-	NT
9P	C3	B2	A2	CAR out
10P	B2	B3	A3	CAR out
16P	B2	C2	A1	CAD out
26P	B2	B3	A3	CAR filet
30P	C1	C3	-	NT
37P	C2	C3	-	NT
39P	B2	C1	A1	CAD out
4B	B2	C3	C3 sur table	CAR out
12B	B2	B3	B3	TSD out
3X	B2	C3	-	NT
5X	B2	B2	A1	BR out
16X	C2	B1	-	NT
26X	B2	B3	A4	CAD out
32X	B2	B3	-	NT



Remarques : Gatien gagne
 - face à Parietti 8 fois, dont 3 où Parietti ne touche pas la balle. Les balles non rattrapées sont localisées en C2, C3 et C3 (bord de table). Les 5 autres balles perdues par Parietti sont des CAR (3) et des CAD (2).
 - face à Xié 5 fois, dont 3 où Xié ne touche pas la balle. Les balles non rattrapées sont localisées en B1, B3 et C3 donc en bord de table (côté).
 -face à Birocheau 2 fois sur des balles placées en B3, C3 bord de table (côté) que Birocheau met dehors.

Tableau 6- Services gagnés en 6 rebonds par Gatien

Sequence	R4	R6	Lieu de frappe adversaire	Coup adversaire
17P	B1	B1	B0	CAD out
27P	C3	C3	A3	CAR out
13B	C2	C2	-	NT
23B	C3	C1	-	NT
35B	C1	B2	A1	BR filet

Tableau 7- Services gagnés en 8 rebonds par Gatien

Sequence	R6	R8	Lieu de frappe adversaire	Coup adversaire
29P	B1	C1	A1	CAD out
38P	B2	B3	A3	CAR out
11B	B3	B2	C4	DHR out
14B	B2	B2	C4	TSD filet

Remarques concernant les tableaux 6 et 7 : Gatien gagne

- face à Parietti il gagne 2 fois en 6 rebonds et 2 fois en 8 rebonds sur des balles placées en bord de table (B1, C3 et C1, B3) que Parietti met dehors. Ce sont des CAR (2) et des CAD (2).

- face à Xié il gagne 2 fois en 6 rebonds dont une fois sur une balle non rattrapée sur changement de direction. La balle va de C3 en R4 à C1 en R6. La deuxième balle est gagnée sur un changement de longueur (R4 en C1, R6 en B2) qui amène Xié à mettre la balle dans le filet.

-face à Birocheau il gagne 1 fois en 6 rebonds et 2 fois en 8 rebonds. En 6R, Birocheau ne rattrape pas la balle (vitesse). En 8R, Birocheau perd sur des balles qu'il reprend loin de la table (C4) et qu'il met dehors en DHD et dans le filet en TSD.

Tableau 8- Services perdus en 3 rebonds par Gatien

Sequence	type de service	R3	Lieu de frappe Gatien	Coup Gatien
6P filet	COUPE	B3	A3	CAR
8P	COUPE	B3	A3	TSD filet
19P	COUPE	B3	A4	TSR out
32P	LIFTE	C1	A1	TSD out
1X	COUPE	C3	A3	TSR filet
4X	COUPE	C2	A2	TSR out
13X	LIFTE	C1	-	NT
14X	COUPE	B3	A4	TSR out
22X	COUPE	B1	-	NT
33X	COUPE	B3	C3 sur table	PR out
36X	COUPE	C3	A3	TSR out

Gatien perd en 3 rebonds, 9 fois sur service coupé et 2 fois sur service lifté.

-face à Parietti , 3 fois sur des balles placées en bord de table (B3) du côté de son service. Il envoie 2 fois dans le filet sur CAR et sur TSD et 1 fois en dehors sur TSR.

-face à Birocheau, ne perd qu'1 fois sur une balle envoyée en bout de table à l'opposé du coin de son service (C1). Il met 1 fois en dehors sur TSD.

-face à Xié , il perd 7 fois. 2 fois il ne rattrape pas les balles envoyées en bord de table à l'opposé de son coin service (B1 et C1). Les 5 balles perdues le sont sur des frappes en revers 3 TSD dehors, 1TSR dans le filet et 1 PR dehors.

Tableau 9- Services perdus en 5 rebonds par Gatien

Sequence	R3	R5	Lieu de frappe de Gatien	Coup utilisé par Gatien
28P	B3	B2	A2	TSD out
36P	C1	C3	B3	CAR filet
3B	B1	C2	B1	TSR out
23B	B3	B2	A3	FD out
15X	A2	C3	-	NT
25X	C3	C3	A3	TSR filet

Gatien perd en 5 rebonds

-face à Parietti , 2 fois ; 1 fois sur un TSD envoyé dehors et 1 fois sur un CAR qui va dans le filet ce qui peut être du à un changement de direction entre R3 et R5 (C1 et C3).

-face à Birocheau, 2 fois sur 2 balles envoyées dehors sur TRS et FD.

-face à Xié , 2 fois dont 1 balle non rattrapée à la suite d'un changement de longueur de la balle (A2 en R3 et C3 en R5). La deuxième balle est perdue sur 1TSR dans le filet .

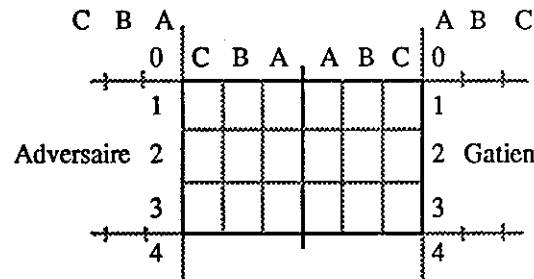


Tableau 10- Services gagnés en 2 rebonds par le serveur

Joueur	Sequence	R2	Lieu de frappe de Gatien	Coup utilisé par Gatien
PARIETTI	1	C1	C1 sur table	CAR filet
	4	B2	C2 sur table	PD filet
	14	B2	C2 sur table	PD filet
	24	B2	C3 sur table	PD filet
	33	B2	C2 sur table	PD filet
BIROCHEAU	6	B2	C3 sur table	FD out
	19	C1	A1	TSD out
	26	B2	C2 sur table	PR filet
	28	B1	C1 sur table	PR filet
XIE	11	C1	C1 sur table	CAR filet
	28	B3	C3 sur table	FD filet

-Parietti gagne 5 fois avec des balles que Gatien reprend sur la table et qu'il envoie au filet (4 fois) et dehors (1 fois). Gatien utilise 4 fois des poussettes (3 en CD et 1 en R) et 1 CAR qu'il reprend pratiquement sur le lieu de rebond en C1 sur la table.

-Birocheau gagne 4 fois sur 3 balles reprises par Gatien sur la table (2 PR dans le filet et 1 TSD dehors) et 1 balle excentrée en C3 sur la table (n° 6).

-Xié gagne 2 fois sur des balles reprise sur la table et renvoyées dans le filet.

Au total Gatien a repris 10 balles sur 11 sur la table et envoyé 8 fois sur 11 dans le filet.

Tableau 11- Services gagnés en 4 rebonds par le serveur

Joueur utilisé	Sequence	R2	R4	Lieu de frappe de Gatien	Coup par Gatien
PARIETTI	2	C1	C2	B3	TSD filet
	12	B1	B1	A1	TSR filet
	13	C3	C3	-	NT
	32	C3	C3	B4	TSD out
BIROCHEAU	7	B1	B1	A1	CAR filet
	10	B2	B2	B1	CAR filet
	16	B2	B2	A1	CAR out
	37	C1	C1	-	NT
	39	C2	C2	A1	CAR out
XIE	6	C1	C1	-	NT
	7	C3	C3	B4	DHD
	10	C1	C1	A1	TSD filet
	20	C2	C2	A2	TSR out

Parietti et Xié gagnent 4 fois, Birocheau 5 fois, dont chacun 1 balle non rattrapée par Gatien avec R4 placé en C1 (1) et C3 c'est à dire en bord de table. Birocheau gagne 4 fois sur des CAR ratés par Gatien (2 au filet et 2 dehors) alors que Xié et Parietti gagnent sur des TSD (3) ou TSR (2) ratés par Gatien.

Tableau 12- Services perdus en 3 rebonds par le serveur

Joueur	Sequence	R3	Lieu de frappe par le serveur	Coup utilisé
PARIETTI	3	C1	A0	CAR out
	5	B3	A3	TSD
	15	C1	A1	CAR out
	22	B3	A3	TSD filet
	31	B3	A3	CAD filet
BIROCHEAU	9	B2	A1	TSD out
	30	A3	C3 sur table	PD filet
XIE	8	B2	A3	CAR out
	31	B1	A1	CAR filet

Parietti perd 5 fois, Birocheau et Xié 2 fois ; Parietti et Xié sur des CAR (2 chacun), Birocheau sur 1 balle courte (R3 en A3) qu'il envoie au filet et sur 1 TSD mal réalisé, envoyé dehors.

Tableau 13- Services perdus en 5 rebonds par le serveur

Joueur serveur	Sequence	R3	R5	Lieu de frappe de Gatien	Coup utilisé par le
PARIETTI	23	B2	B2	A3	FD out
BIROCHEAU	40	C1	C2	-	NT
XIE	17	C3	B1	A1	TSD filet
	27	C1	C2	-	NT
	30	C3	B3	B4	DHR out

Parietti et Birocheau perdent 1 fois, Xié 3 fois dont 1 balle non touchée (vitesse) et 1 balle envoyée dans le filet alors que Gatien a joué sur un changement de direction (R3 en C3, R5 en B1).

Tableau 14- Gatién gagne sur balle non rattrapée par l'adversaire

Sequence	Temps frappe/rebond	Coup joué	Nbre rebds de la séquence	Remarques
7P	200	TSD	4	
30P	80	TSD	4	changement de direction balle excentrée
37P	160	TSD	4	
13B	120	TSR	6	
40B	160	FD	5	
3X	160	TSD	4	balle excentrée bord de table
16X	120	TSR	4	
32X	320	TSD	4	bord de table
27X	160	TSD	5	
23X	160	TSD	6	changement de direction

Tableau 15- Gatién perd en n'ayant pas touché la balle

Sequence	Temps frappe/rebond	Coup joué	Nbre rebds de la séquence	Remarques
13P	120	CAR	4	changement de direction
37B	200	TSD	4	balle excentrée
13X	200	BR	3	envoyée à l'opposé du service
22X	200	FD	3	
6X	200	TSD	4	balle excentrée
15X	200	TSD	5	changement de longueur

Remarques sur les tableaux 14 et 15 : Balles non rattrapées

Les causes de ce type d'échec peuvent être dues :

-à un vitesse de balle élevée qui se caractérise par un temps court entre la frappe de l'adversaire et le rebond sur la table du joueur.. Ici les temps entre frappe et rebond sont ≤ 200 ms (sauf 1 fois).

-à un changement de direction (combiné à une vitesse élevée) entre les 2 coups envoyés par l'adversaire.

-à un placement de balle en bors de table sur les côtés, ce qui oblige un plus grand déplacement latéral.

Tableau 16- Frappes GATIEN :
l'adversaire repond en COUP DROIT

	GAGNES			PERDUS			MOYENNE		
	FG/ filet	rebond/ Fadv.		FG/ filet	rebond/ Fadv.		FG/ filet	rebond/ Fadv.	
GATIEN / PARIETTI				40 240 CAD 80 400 CAD 120 160 CAD			190	263	(12)
GATIEN / BIROCHEAU	240 200 TSD 320 120 TSD 200 320 TSD 200 320 TSD 280 400 TSD			200 320 TSD 200 320 TSD 200 200 TSD			233	270	(17)
GATIEN / XIE	240 240 TSD			320 200 FD 80 240 CAD			266	19	(19)

Tableau 18- Frappes GATIEN :
l'adversaire repond en REVERS

	GAGNES			PERDUS			MOYENNE		
	FG/ filet	rebond/ Fadv.		FG/ filet	rebond/ Fadv.		FG/ filet	rebond/ Fadv.	
GATIEN / PARIETTI				80 240 CAR 16 120 CAR 160 80 CAR 200 80 CAR 440 120 CAR			181	156	(13)
GATIEN / BIROCHEAU				160 80 CAR 120 480 DHR			163	176	(12)
GATIEN / XIE				200 160 BR 120 240 BR			126	153	(6)

Tableau 17- Frappes GATIEN :
Réponse en COUP DROIT
de l'adversaire

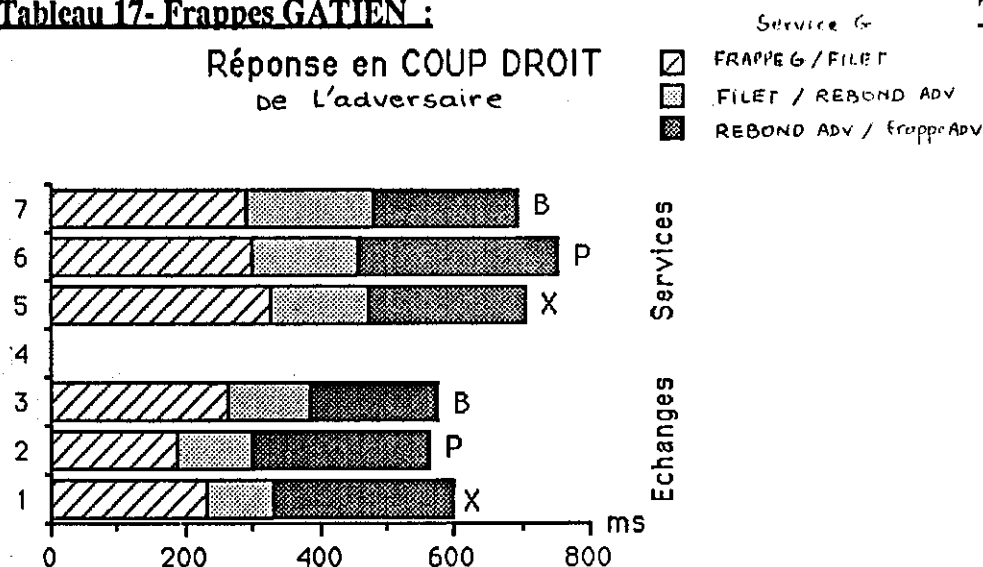


Tableau 19- Frappes GATIEN :
Réponse en REVERS
de l'adversaire

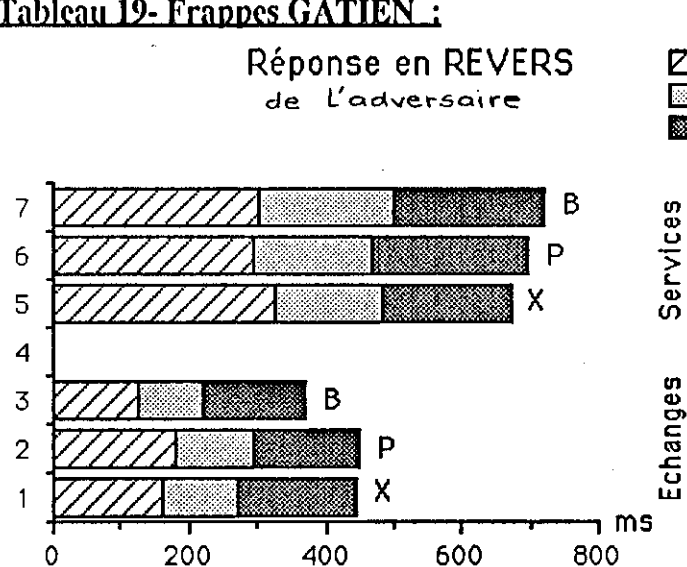


Tableau 20- Frappes adversaire :
Gatien répond en COUP DROIT

	GAGNES			PERDUS			MOYENNE	
	Fadv/ filet	rebond/ FG	TSD	Fadv/ filet	rebond/ FG.	TSD	Fadv/ filet	rebond/ FG.
PARIETTI/ GATIEN	120	400	TSD	40	360	TSD	181	329 (13)
	120	320	TSD	80	400	TSD		
BIROCHEAU/ GATIEN	360	240	TSD	240	320	TSD	301	268 (13)
	360	280	TSD					
	640	200	FD					
	200	320	TSD					
	240	320	TSD					
	240	280	TSD					
	440	320	FD					
XIE/ GATIEN	120	240	TSD	120	240	DHD	131	348 (7)
				120	120	TSD		
				80	360	DHD		
				160	480	TSD		

Tableau 21- Frappes adversaire :

Réponse Gatien en COUP DROIT

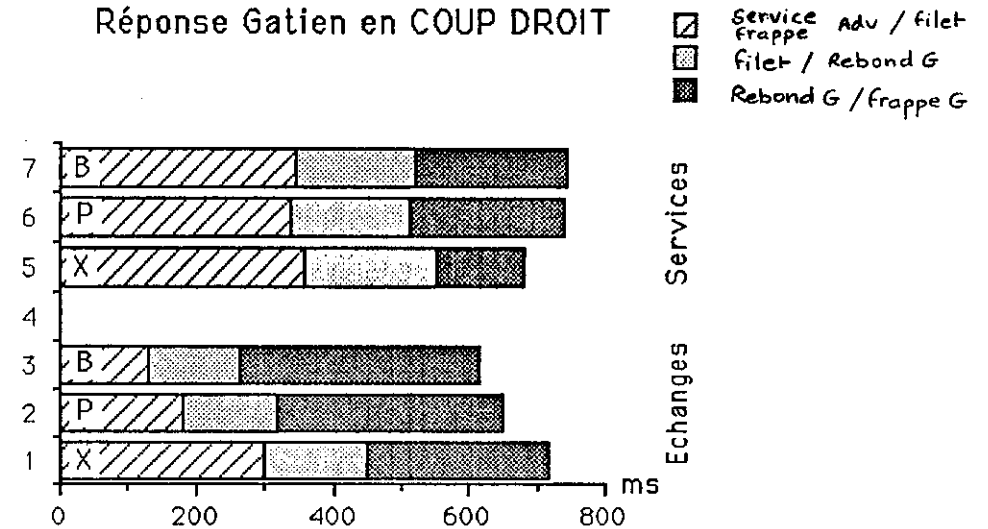
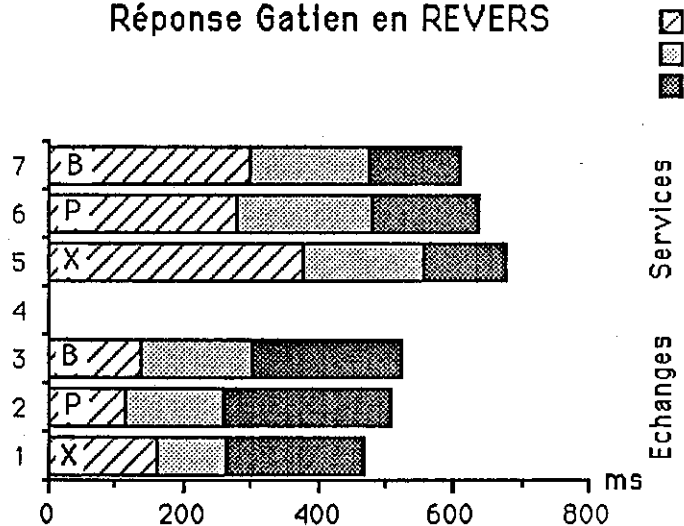


Tableau 22- Frappes adversaire :
GATIEN répond en REVERS

	GAGNES		PERDUS			MOYENNE	
	FG/ filet	rebond/ Fadv.	FG/ filet	rebond/ Fadv.		FG/ filet	rebond/ Fadv.
PARIETTI / GATIEN			160	240	TSR	115	250 (8)
BIROCHEAU / GATIEN			80	400	CAR	160	205 (8)
			240	160	CAR		
			16	80	CAR		
XIE / GATIEN			160	200	TSR	137	223 (12)
			160	240	TSR		
			120	240	TSR		
			80	200	TSR		

Tableau 23- Frappes adversaire :

Réponse Gatién en REVERS



Les Tableaux 17-19-23-24 ont été construits à partir des temps moyens (coups gagnés perdus, intermédiaires confondus) sur l'ensemble du set.

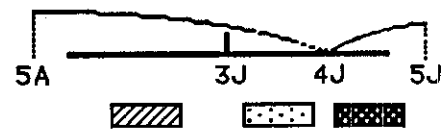
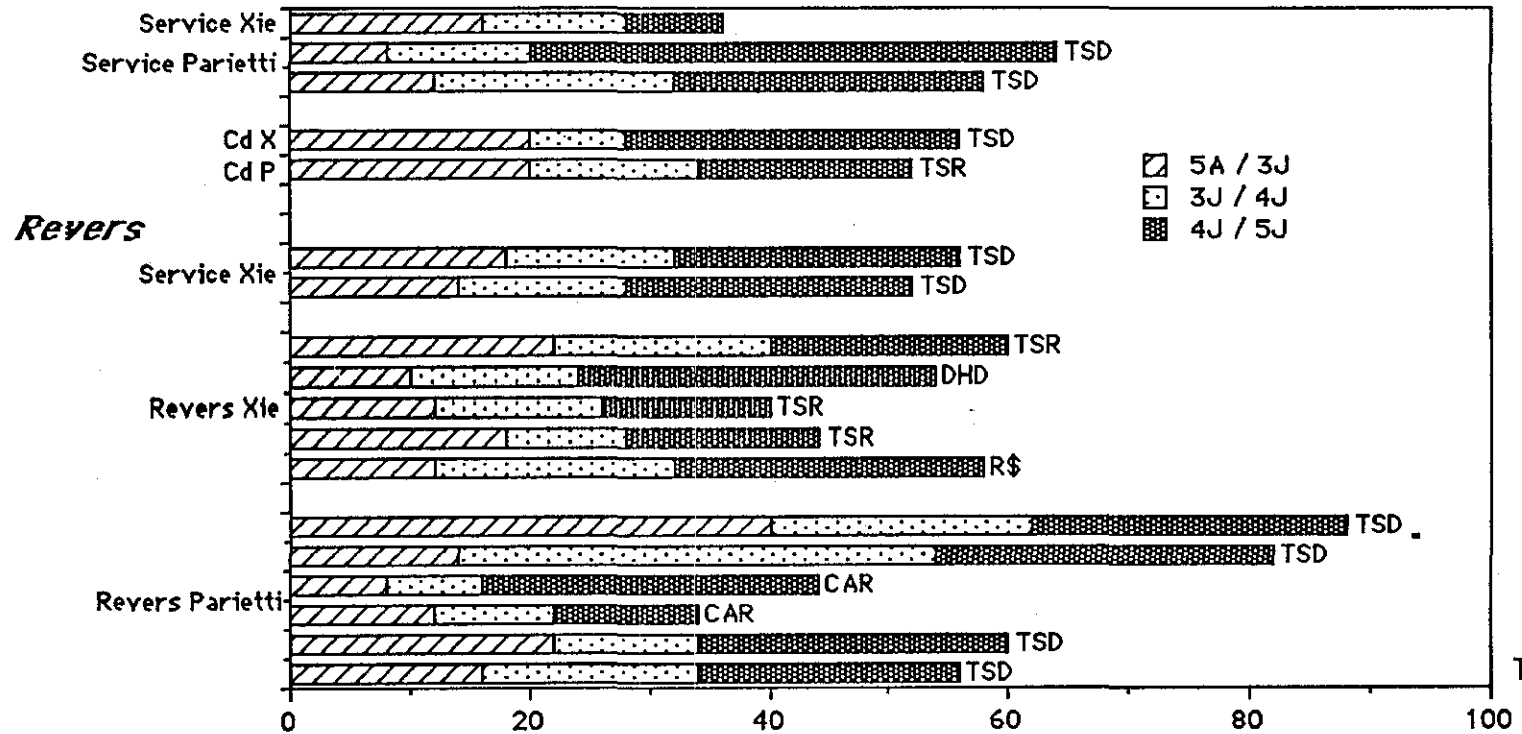
Remarques sur les Tableaux 16, 18, 20 et 22 :
 Frappes Gatién et Frappes adversaires.

Pour les retours perdants, on remarque que dans la plupart des cas, ceux-ci présentent un temps plus court (que la moyenne) dans la première phase du trajet et/ou à un degré moindre, dans la dernière phase du trajet (entre rebond et frappe retour). Il peut arriver également dans certains cas, que la dernière phase (entre rebond et frappe retour) soit beaucoup plus longue que la moyenne, ceci pourrait être un indicateur de difficulté dans la gestion de la frappe de la part du receveur.

Deux cas ne répondent pas à cette analyse : Gatién/ Birocheau et Xié/Gatién. Dans ces deux cas il est remarquable de voir que l'échec se situe sur le même type de coup (3 TSD pour Birocheau et 4 TRS pour Gatién) ce qui indique que la cause de l'échec se situe peut-être à un autre niveau que le niveau temporel.

Tableau 24
Graphique des phases
Frappe adverse -> Frappe joueur
suivant le type de coup

Coups droits



COUPS TECHNIQUES GAGNANTS
COUPS TECHNIQUES PERDANTS

Tableau 25- Gatién gagne sur son service

	4 rebonds	6 rebonds	8 rebonds	10 rebonds
PARIETTI	TSD (6) TSR (2)	TSD (2)	TSR PD	
BIROCHEAU	CAR R\$	TSR	FD TSD	TSD
XIE	TSD (3) TSR (2)	TSD (2)		DHD

Tableau 26- Gatién perd sur service adverse

	3 rebonds	5 rebonds	7 rebonds	9 rebonds et plus
PARIETTI	TSD (2) PR PD CAR	CAR	TSD	TSR TSD
BIROCHEAU	FD PR	FD	TSD (5) FD	
XIE	CAR (2)	PR TSD TSR		

Tableau 27- Les adversaires gagnent sur leurs services

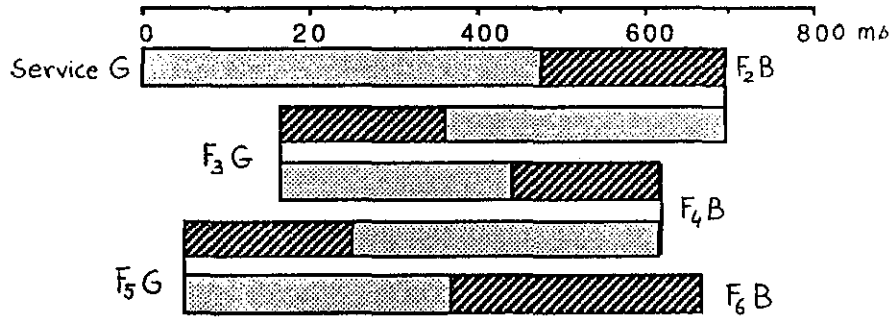
	4 rebonds	6 rebonds	8 rebonds	10 rebonds
PARIETTI	CAR (4) TSR	CAR		
BIROCHEAU	CAR FD (2) TSD (2)	TSD		
XIE	TSD (2) CAD PD	FD BR (3)		

Tableau 28- Les adversaires perdent sur service Gatién

	3 rebonds	5 rebonds	7 rebonds	9 rebonds et plus
PARIETTI	FD (2) FR	CAD CAR	CAD	FD
BIROCHEAU	FD (2)	CAR	TSD TSD	TSD (4)
XIE	FR PR (4) FD	TSD BR BR		FD

Tableaux 29 & 30

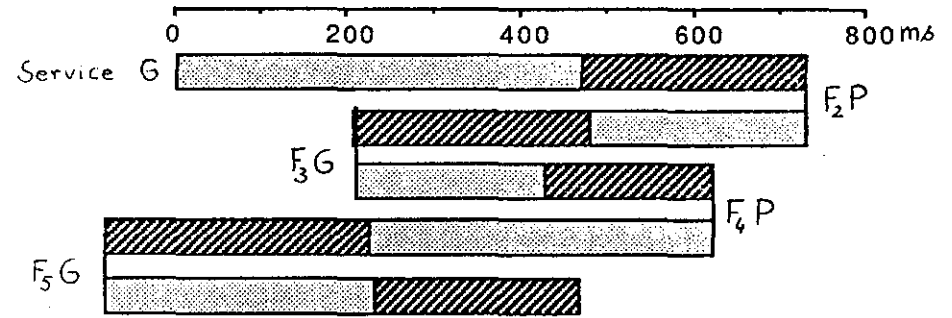
□ Frappe -> Rebond
 ▨ Rebond -> Frappe



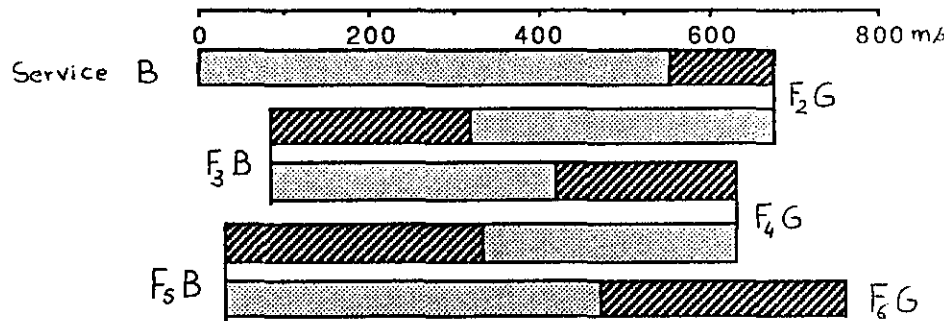
GATIEN / BIROCHEAU

Tableaux 31 & 32

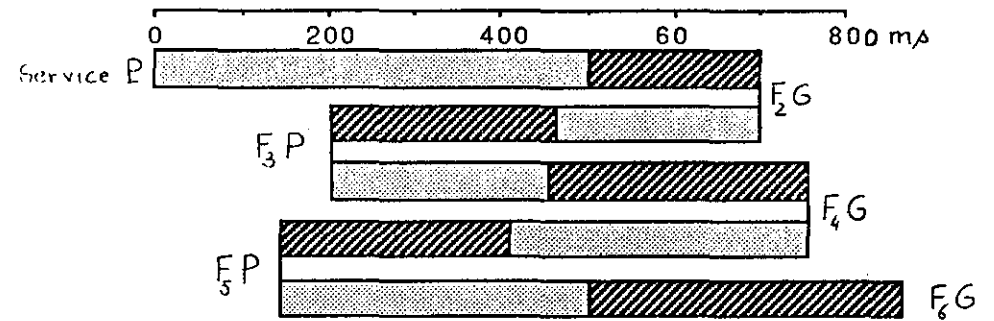
□ Frappe -> Rebond
 ▨ Rebond -> Frappe



GATIEN / PARIETTI



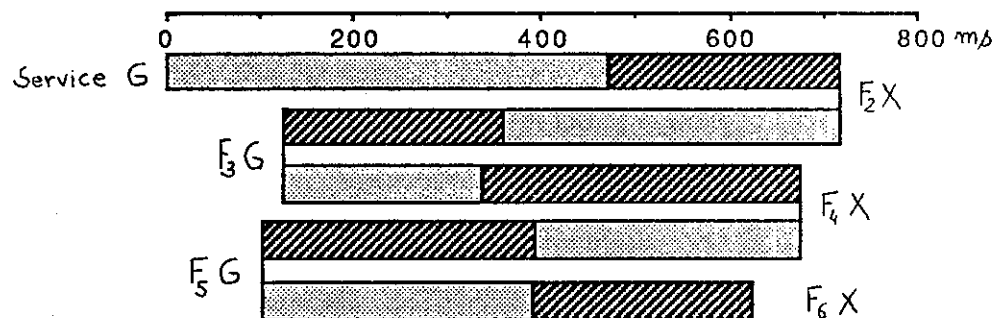
BIROCHEAU / GATIEN



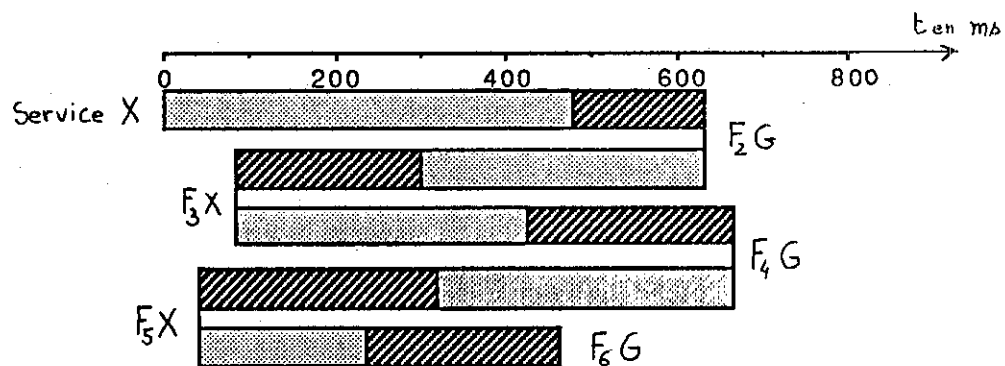
PARIETTI / GATIEN

Tableaux 33 & 34

- ▨ Frappe -> Rebond
- ▩ Rebond -> Frappe



GATIEN / XIE



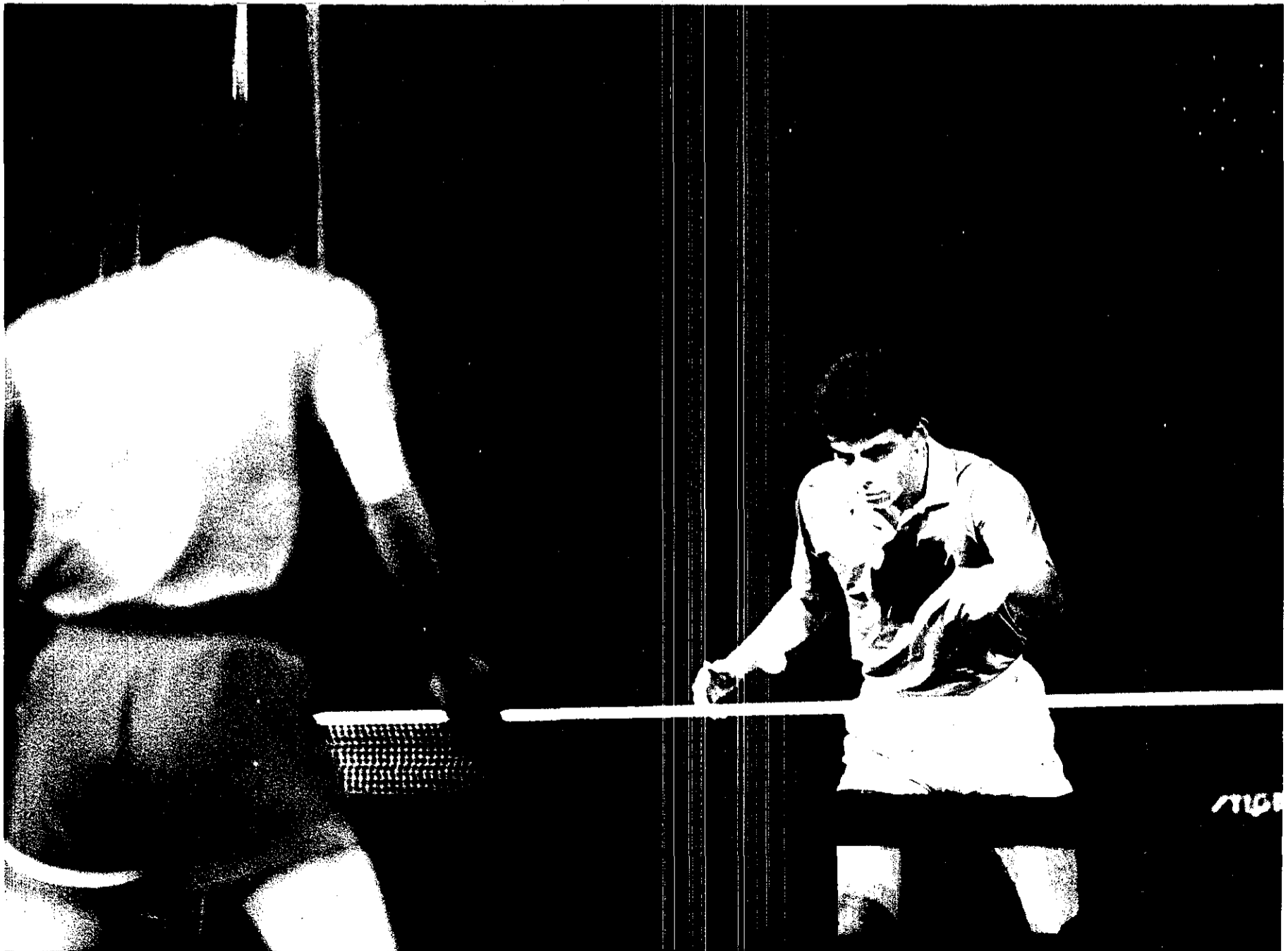
XIE / GATIEN

TEMPS MOYENS
DES ECHANGES

calculés sur l'ensemble des Sets

le nom inscrit en premier indique qui a le Service

B) ANALYSE GESTUELLE



B - ANALYSE GESTUELLE

Facteurs d'exécution déterminant l'efficiencia motrice.

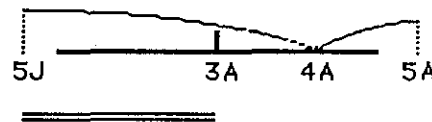
Pour pouvoir comparer des modifications éventuelles dans l'organisation gestuelle selon la réussite ou l'échec, il fallait préliminairement étudier le déroulement gestuel en général afin d'en extraire des paramètres comportementaux constants dont on pourrait ensuite observer la variabilité selon l'efficacité du mouvement.

RESULTATS OBTENUS

L'observation a permis de dégager plusieurs phases motrices dans l'intervalle qui sépare deux frappes successives d'un même joueur. Ces phases motrices ont été rapportées au séquençement temporel donné par le déplacement de la balle entre les deux frappes.

Nous décrivons maintenant ces phases motrices en relation avec les événements de la balle.

1. De la frappe du joueur jusqu'au passage de la balle au filet. Phase (5 J à 3 A.). (figure 1)



Après le choc balle/raquette, le joueur finit le mouvement du bras porteur de la raquette. La vitesse de la raquette est déccélérée après la frappe pour atteindre une valeur minimale (presque nulle) lors du passage de la balle au filet (3 A.). (figure 2 : vitesses de la tête de raquette).

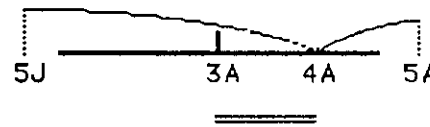
L'observation du déplacement du joueur pendant cette phase permet de discerner plusieurs cas :

1.1- Lorsque les pieds sont déjà fixés au moment de la frappe, le déplacement global du corps ne commence qu'après le passage de la balle au filet. Ce cas est le plus fréquent.

1.2- Lorsque les pieds sont mobiles avant et pendant la frappe, les pieds rattrapent un déséquilibre global du corps et le sens de leur déplacement poursuit celui observable avant la frappe.

1.3- Lorsque les pieds sont très excentrés au moment de la frappe, le joueur cherche à se recentrer immédiatement après sa frappe.

2. Du passage au filet jusqu'au rebond adverse.
Phase (3 A à 4 A) (figure 3).



Avec cette phase commence la trajectoire descendante de la raquette (figures 4, 5, 6 : trajectoires de tête de raquette)

Cette période est marquée par un déplacement global du corps qui transporte le joueur de l'endroit où il a frappé la balle antérieurement jusqu'à un nouvel endroit où il se stabilisera sur pieds fixes.

Le déplacement du joueur est effectué généralement vers la droite et vers l'arrière. Gatién en effet cherche à rejoindre, pour s'y immobiliser, l'espace arrière droit de la table.

Précisons que la fin du déplacement s'observe selon les cas, au plus tôt dès le passage de la balle au filet (3 A) et au plus tard 20 ms avant la frappe adverse.

Les variations temporelles de la durée du déplacement s'expliquent :

1) soit par l'amplitude du déplacement que le joueur doit parcourir entre sa frappe précédente et la zone arrière droit de la table :

- lorsque le déplacement est réduit la phase d'arrêt peut se produire dès 3A.
- lorsque l'amplitude du déplacement est grande, la phase d'arrêt est retardée.

2) soit par un déséquilibre au moment de la frappe. Il semble que le joueur doit d'abord compenser ce déséquilibre par un mouvement de rattrapage déjà observé à celui droit lors de la phase (5J - 3A). Ce n'est qu'après ce premier déplacement rééquilibrateur que le joueur organise un déplacement orienté. Cette succession de déplacements retarde l'immobilisation du corps.

3) soit par la rapidité de circulation de la balle qui raccourcit globalement le temps 5J-4A. La réduction du temps disponible oblige à prolonger le déplacement bien au-delà du rebond sur la demi-table adverse.

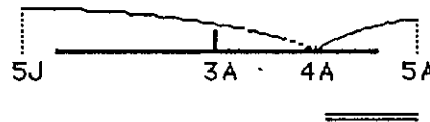
Les observations montrent :

- que le joueur se stabilise dès qu'il a rejoint la zone arrière de la table.
- que cette immobilisation peut être retardée pour trois motifs lorsque :
 - le joueur étant antérieurement éloigné de cette zone, il a un grand chemin à parcourir.
 - le joueur étant déséquilibré au moment de sa frappe, il doit se rééquilibrer avant de poursuivre.
 - la circulation rapide de la balle réduit le temps disponible.

Si il y a possibilité de retardement de l'immobilisation celle-ci doit cependant survenir avant la frappe de l'adversaire. Cette limite événementielle explique les variations observées dans la spatialisation de la zone d'arrêt :

L'immobilisation du joueur doit survenir au plus tard avant la frappe de l'adversaire. Ceci se produit même si le joueur n'a pas atteint sa zone préférentielle. Ainsi, le joueur n'a pas toujours le temps suffisant pour rejoindre la zone arrière droite de la table (figure 7). Peut être existe-t-il également des motifs stratégiques qui expliqueraient les variations spatiales et temporelles de ce déplacement.

3. Du rebond adverse jusqu'à la frappe adverse.
Phase (4A à 5A) (figure 8)



Cette période est marquée le plus fréquemment par une phase de stabilisation corporelle que nous avons qualifiée de "reconstruction de la statique corporelle sur pieds fixes". Nous avons déjà noté le décalage temporel possible du début de cette stabilisation. En effet, elle intervient temporellement à la fin du déplacement précédemment décrit et spatialement là où se termine le déplacement.

Cependant, malgré ces variations déjà précédemment évoquées, cette phase apparaît le plus fréquemment entre le rebond de la balle sur la table adverse (4A) et la frappe adverse (5A). Nous avons qualifié cette phase de reconstruction de la statique parce qu'elle se manifeste par un déplacement du haut du corps, sur des pieds stabilisés, destiné à rééquilibrer le corps à l'aplomb des pieds.

Les hauteurs du bassin et des épaules par rapport au sol sont comparables d'une phase de reconstruction de la statique à l'autre. On retrouve également une alignement des épaules sur le bassin repérable sous la forme d'une verticalisation de la colonne vertébrale.

(figures 9, 10)

Cette phase dure entre 80 ms et 360 ms.

Sa durée moyenne sur les échanges observés est de 140 ms

Ce comportement paraît avoir une double fonction mécanique et perceptive.

Différentes hypothèses interprétatives peuvent être envisagées.

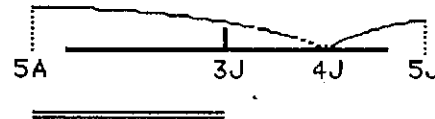
Cette phase pourrait constituer une "remise" du corps dans une position neutre à partir de laquelle les mouvements futurs pourront être exécutés.

Cette fonction de "neutralité posturale" pourrait faciliter l'intervention de la fonction perceptive.

En effet, comme l'ont montré Ripoll et al (1986) le joueur, avant et pendant la frappe adverse fixe son adversaire afin d'identifier le coup que celui-ci va effectuer. Durant cette phase les joueurs ont à résoudre le problème essentiel d'analyse du comportement de l'adversaire afin de prévoir au mieux les conséquences probables de son action. L'immobilité relative du corps du joueur et la stabilité de la tête sur l'axe corporel, lui-même stabilisé, pourraient contribuer à une meilleure saisie des informations visuelles.

Nous n'avons pas pu mettre en rapport d'une façon significative la durée de cette phase avec la réussite ou l'échec. Même insuccès pour ce qui concerne la mise en rapport du décalage temporel de cette phase, référée au mouvement de la balle, avec le succès et l'échec. Cette absence de relation ne prouve cependant pas l'indépendance de cette phase avec la réussite et l'échec. Des études complémentaires sont nécessaires.

4. De la frappe adverse jusqu'au passage au filet.
Phase (5 A à 3 J) (figure 11).



Pendant cette portion de trajectoire de la balle, on assiste à une phase de déplacement du corps avant qu'une nouvelle phase statique ne lui succède. La fonction probable de ce déplacement est à déduire de l'organisation ultérieure du mouvement.

Cette analyse permet de décrire des modalités de déplacements podaux caractéristiques.

Il faut différencier deux cas :

1) Lorsque le coup à venir est exécuté en revers.

Le joueur finit son déplacement lorsque la balle franchit le filet. Débute alors une phase que nous avons qualifiée de "phase d'attente" (figure 12). Elle est suivie éventuellement par quelques petits déplacements juste avant la frappe, comme si le joueur ajustait sa position par rapport au point de frappe.

Cet ajustement est pour l'essentiel un ajustement en profondeur qui se fait en avançant sur la balle et très rarement en reculant. Cette solution de recul apparaît d'ailleurs plus difficile. Nous avons pu observer pour les revers quelques petits ajustements latéraux finaux mais de faible envergure.

2) Lorsque le coup à venir est exécuté en coup droit.

La phase d'attente débute également lorsque la balle passe le filet. Elle est généralement suivie par un déplacement latéral des pieds d'assez grande envergure. Ce déplacement se produit d'ailleurs le plus souvent à partir d'un pied "pivot" fixe. La stabilisation des pieds, quelques dixièmes de seconde avant la frappe n'apparaît pas comme une obligation nécessaire à la réussite de la frappe. Aussi, on observe des frappes gagnées sur des pieds non stabilisés au moment du choc. Il faudrait cependant différencier ce qui relèverait d'une dynamique "d'élan" de ce qui serait de l'ordre du déséquilibre. La première catégorie de ces déplacements, ont un rôle moteur dynamique pour l'exécution de

la frappe. Les seconds s'observent lors des mauvais ajustements corporels en temps et/ou en espace par rapport à la trajectoire de la balle. Aussi faudrait-il les différencier dans une analyse future des coups réussis et échoués.

La spatialisation de cette phase d'attente est riche en information : En effet, le positionnement préférentiel de cette phase se situe dans l'espace arrière droit de la table. Ceci pourrait indiquer que l'intention de Gatién est d'anticiper la trajectoire retour de la balle dans cette zone de la table. Cette stratégie lui permettrait de recevoir la balle dans le positionnement corporel nécessitant ensuite le moindre déplacement global de son corps.

Si la balle revient sur le côté droit de la table : le placement général du corps est adapté à la trajectoire exacte de la balle. Les ajustements requis sont de faible amplitude. Même si le parcours de la balle est rapide, le joueur peut répondre d'une façon adaptée. La spatialisation de ses pieds le rend capable de répondre rapidement en revers. Si le temps de retour de la balle se révèle plus long, le joueur peut même à partir de cette localisation des pieds exécuter un coup droit qui se révèle généralement gagnant.

Par contre, si la balle revient au rebond sur le côté gauche de la table : Gatién peut reprendre cette balle par un coup droit. La longueur des segments tronc - bras - avant bras raccourcit d'autant le déplacement pédestre nécessité par la trajectoire réelle de la balle.

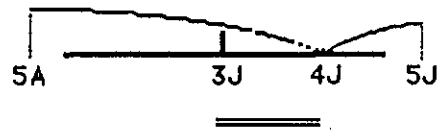
Notons que l'excentricité du geste par rapport à l'axe du corps est plus réduite en revers qu'en coup droit. Cette caractéristique biomécanique laisse supposer que le joueur a intérêt à anticiper un retour de la balle sur la demi table droite. Selon la vitesse de la balle il pourra répondre dans ce cas en coup droit ou en revers.

Si la balle s'oriente vers le côté gauche de la table, il peut compenser rapidement l'écart séparant la position d'attente de la position de frappe par une translation latérale corporelle associée au mouvement du bras porteur de la raquette.

Un autre argument montre également qu'il est préférable pour ce joueur d'anticiper le retour de la balle sur son revers : le temps séparant le rebond (4 J) de la frappe (5 J) est statistiquement plus long lorsque la frappe est en coup droit (figure 13). Cette différence temporelle montre que le temps disponible en final du geste est plus court pour un revers que pour un coup droit. L'allongement du temps disponible en coup droit permet une adaptation plus ample en phase finale. Dans cette logique il serait intéressant d'étudier le temps limite en dessous duquel la frappe en coup droit raterait systématiquement. On peut supposer qu'en deçà d'un certain seuil temporel le joueur ne pourrait plus résoudre l'ajustement spatial nécessaire à ce type de frappe.

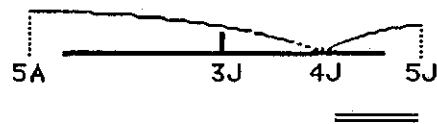
En conclusion, la phase de déplacement observée pendant la période 5 A - 3 J vise à positionner le joueur pour recevoir corporellement les balles en revers.

5. Du passage de la balle au filet jusqu'au rebond joueur
Phase (3 J - 4 J) (figures 14, 15)



L'observation des trajectoires de raquette montre une inflexion vers la droite ou vers la gauche qui coïncide avec le passage de la balle au filet. Cette inflexion rend compte du moment où le joueur déclenche son coup droit ou son revers. Il est possible d'envisager que l'ultime décision sur la nature de la réponse (coup droit ou revers) intervient un peu avant le passage de la balle au filet.

6. Du rebond joueur jusqu'à la frappe
Phase (4 J à 5 J) (figures 16).



Nous envisagerons cette phase également dans une logique de compte à rebours et à partir de la frappe du joueur.

Le bras porteur de la raquette juste avant le choc balle-raquette exécute une action motrice d'une durée quasi constante de 80 ms. La variabilité en durée de cette phase est très faible et très rare. L'efficacité du geste n'est pas affectée par une variation de la durée de cette phase propulsive.

Cette phase propulsive (figure 17), remarquable par sa constance temporelle, est précédée par des ajustements de la raquette (en translation latérale et en inclinaison). Ces ajustements sont plus visibles pour les coups droits que pour les revers (figures 18, 19). Ils s'observent en fin d'"armé" du coup. La durée de ces ajustements semble devoir être mise

en relation avec la précision, comme si le joueur "travaillait" l'orientation de la raquette pendant cette phase. La précipitation provoquée par un retard sur la balle serait incompatible avec la précision du frappé. Si le joueur manque de temps c'est cette phase d'ajustement qui se raccourcit, réduisant d'autant la possibilité du joueur de donner des effets à la balle et peut être également de l'envoyer avec précision.

Avant cette phase d'ajustement se dérouleraient le mouvement d'"armé" du revers ou du coup droit. Il débute comme nous l'avons déjà précisé avec le passage de la balle au filet et se déroule plus ou moins vite en rapport avec la rapidité de circulation de la balle.

Le rebond peut ou non être synchronisé avec la fin de cette phase d'"armé" de coup droit ou revers. Cette synchronisation du mouvement et du rebond semble sans rapport avec la réussite et l'échec.

Les figures 20 à 25 récapitulent le positionnement et la durée des phases d'attente directionnelles et des phases de reconstruction de la statique sur l'ensemble des séquences films observées.

Les résultats devront être complétés :

- 1) en comparant avec d'autres joueurs
- 2) en catégorisant (sur les conseils d'un spécialiste) des coups jugés comme vraiment réussis ou ratés et en recherchant ensuite sur ces deux classes de coups bien opposables les variabilités en durée et en séquençement des différents phases motrices que nous avons décrites.

- 3) En comparant les résultats obtenus en jeu libre avec des résultats issus d'échanges effectués en régularité et en jeux dirigés. On recherchera plus précisément si l'organisation que nous venons de décrire est modifiée et la nature de cette modification.

- 4) En avançant dans la situation expérimentale "balles déviées". Une expérimentation est en cours. Des balles sont aléatoirement déviées au rebond. L'étude s'attache à analyser dans cette situation les comportements moteur et visuel des joueurs selon leur niveau d'expertise. Ces situations expérimentales sont indispensables pour confronter et approfondir les résultats préliminaires exposés ici.

Figure 1

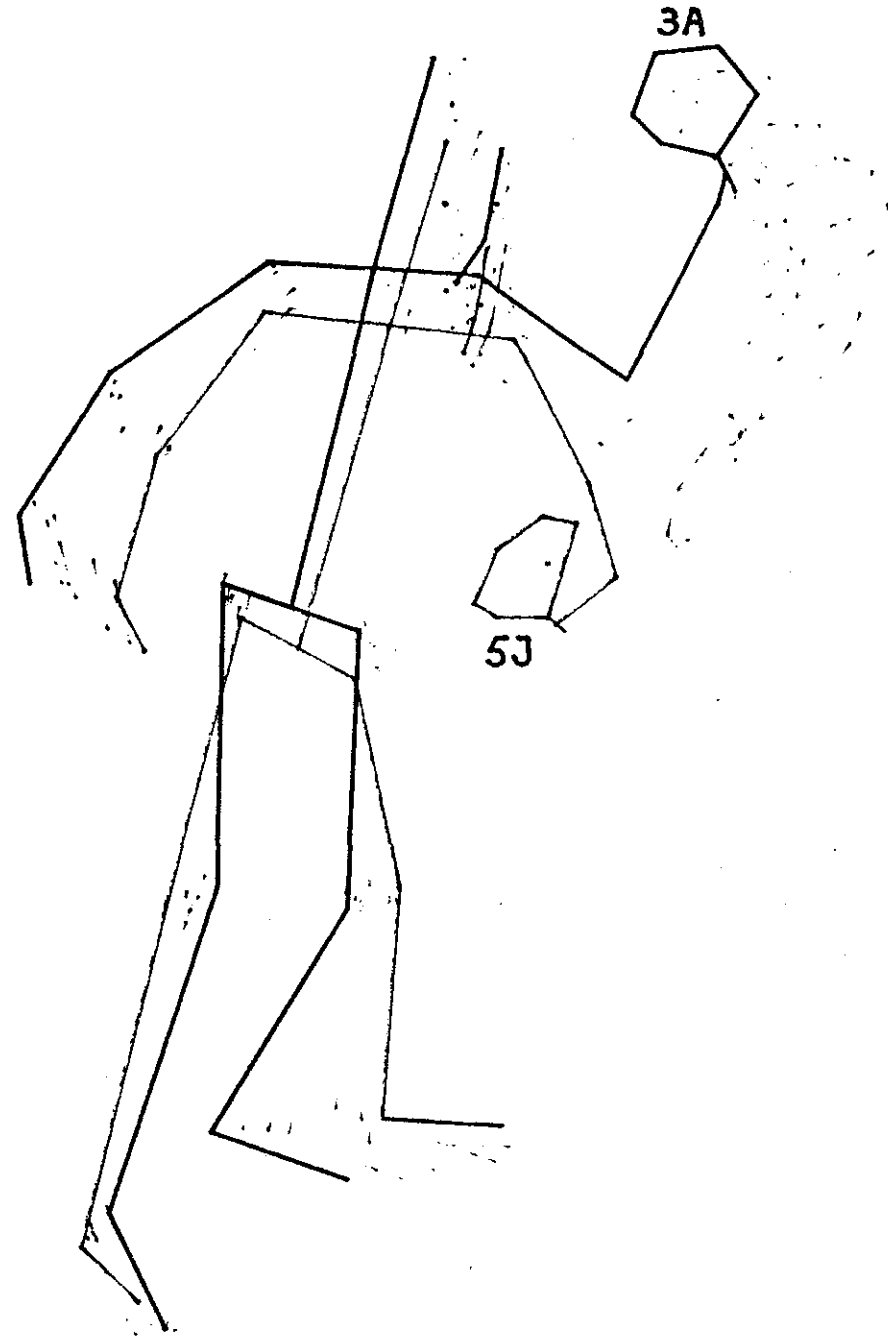


Figure 2

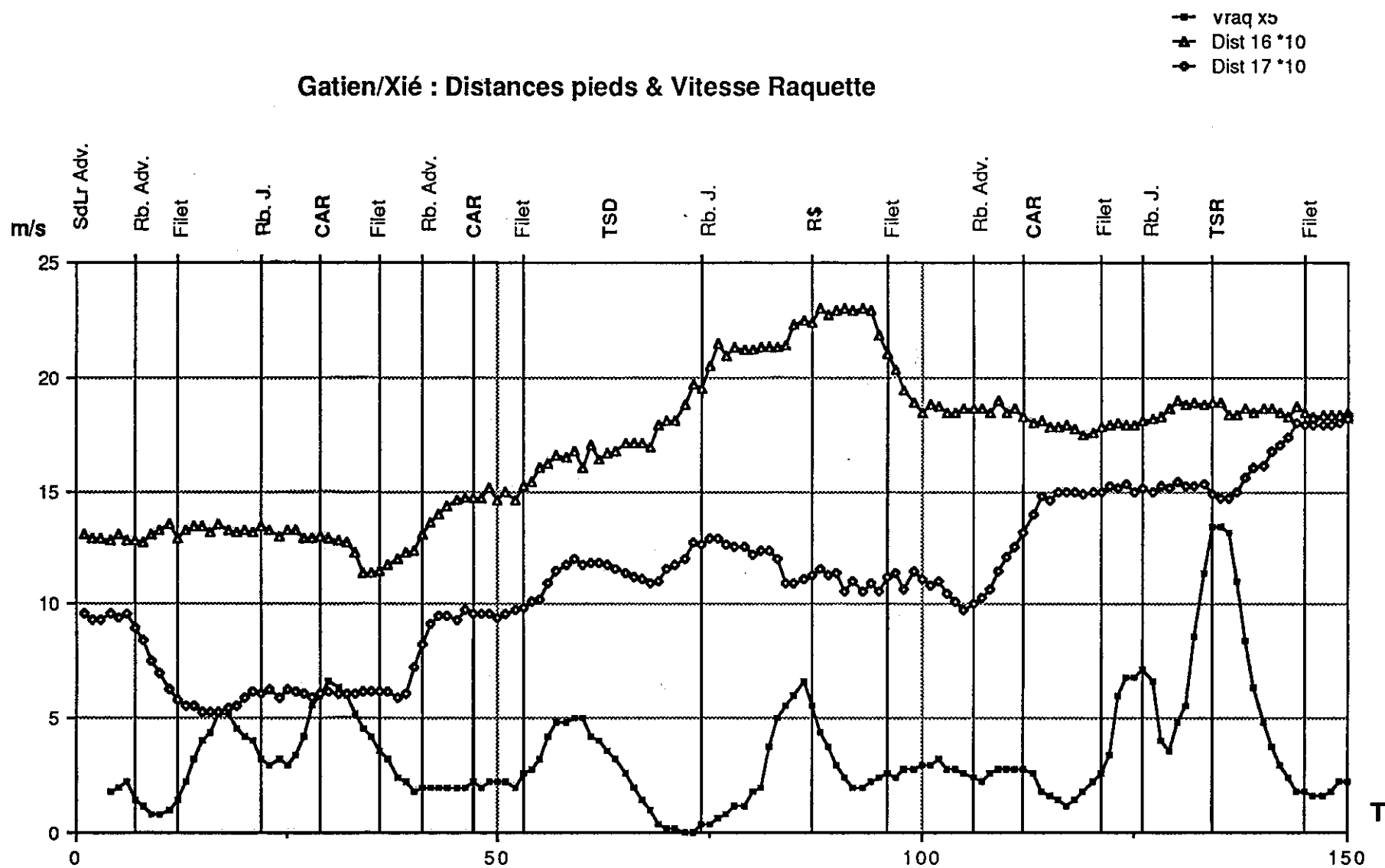


Figure 3

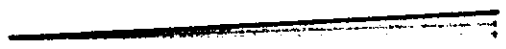
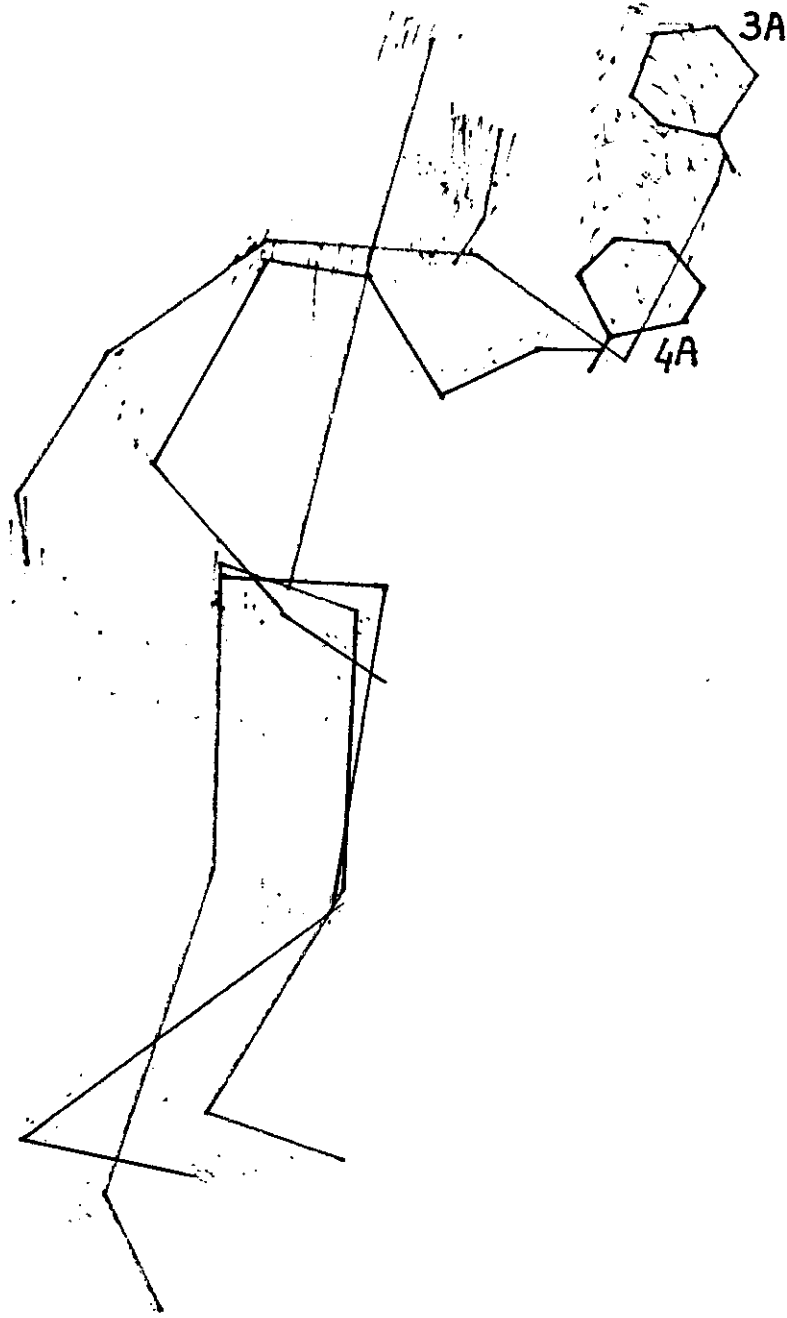


Figure 4

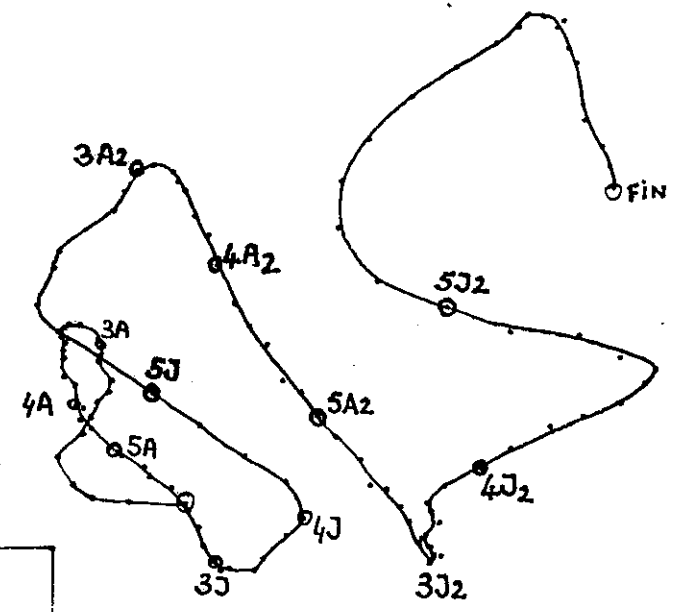


Figure 5

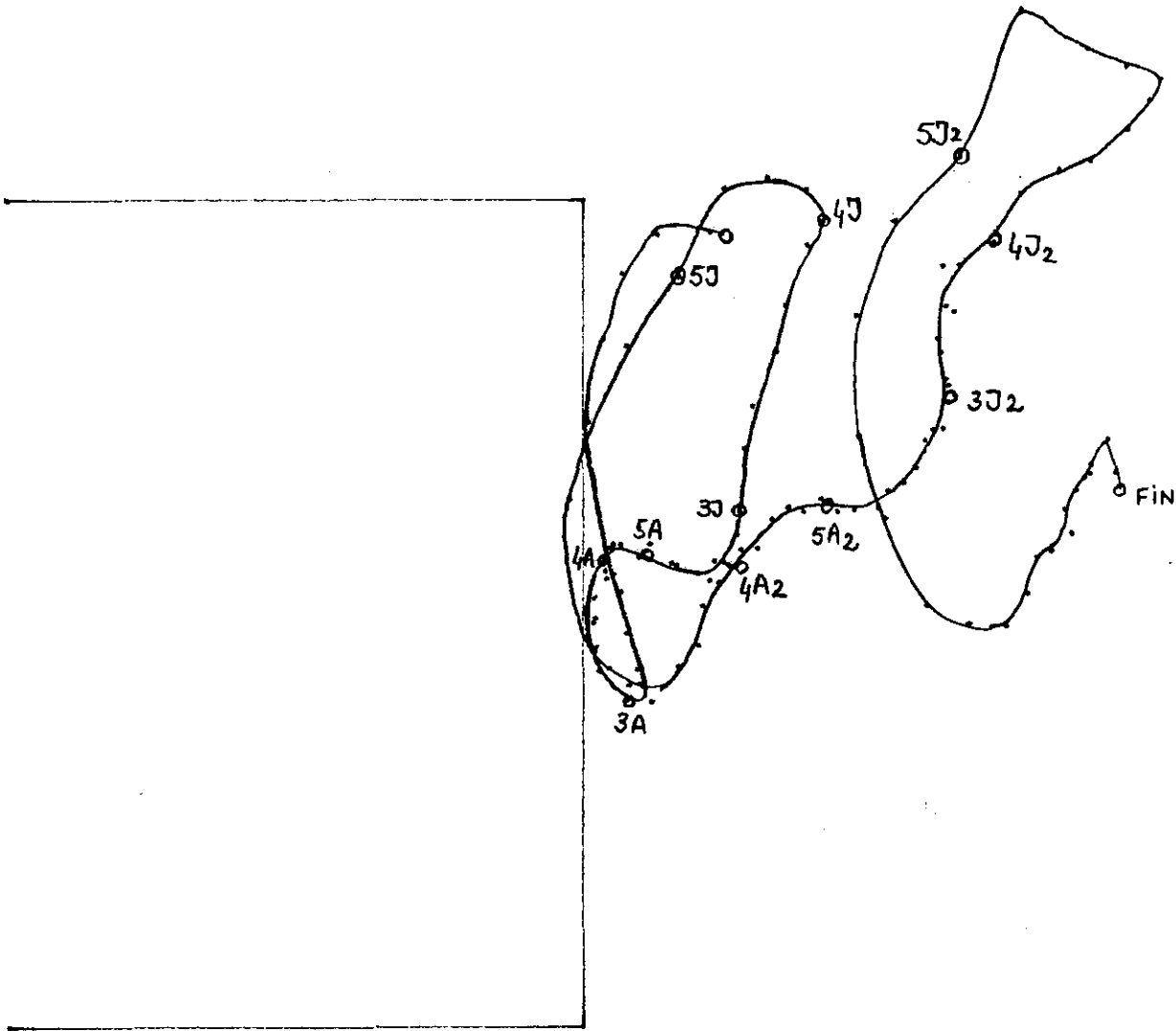


Figure 6

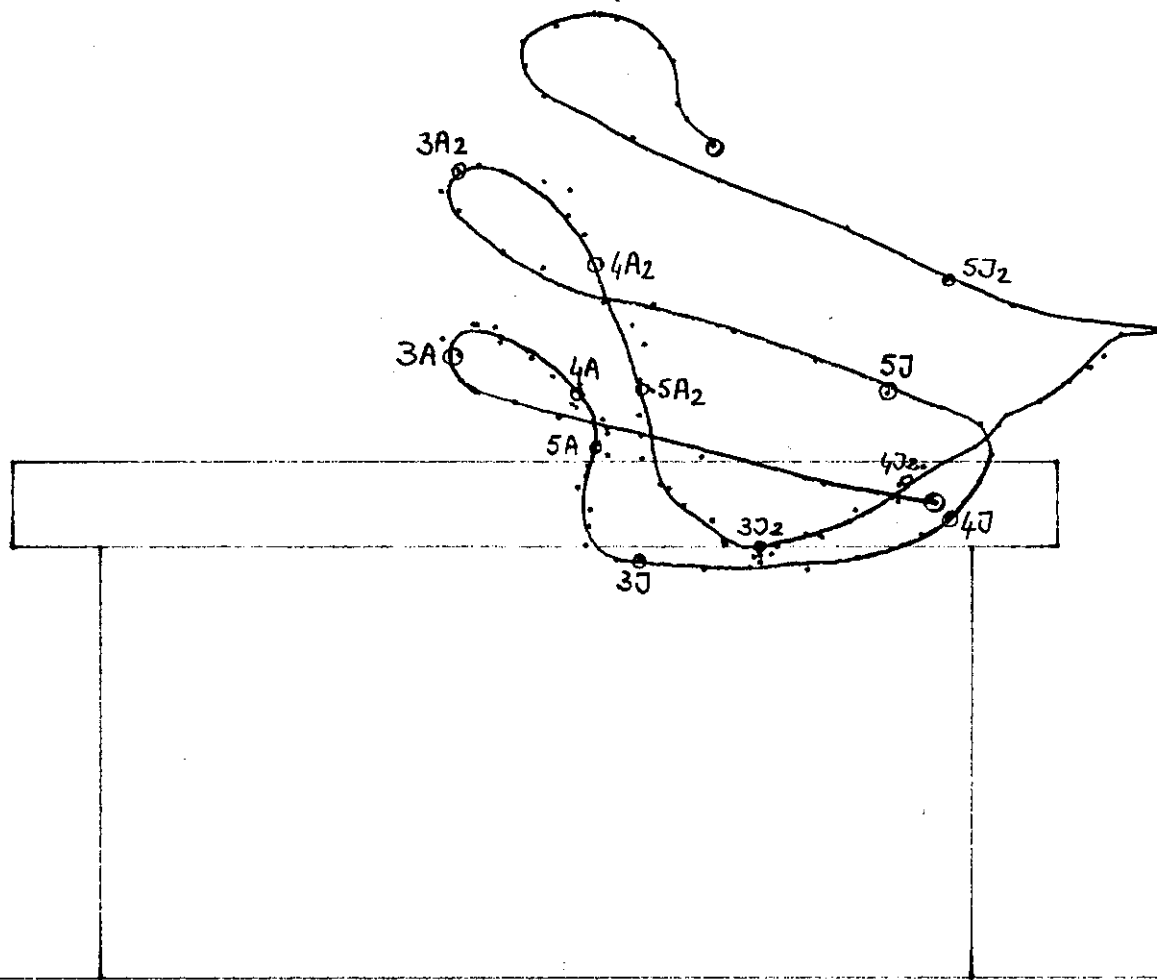
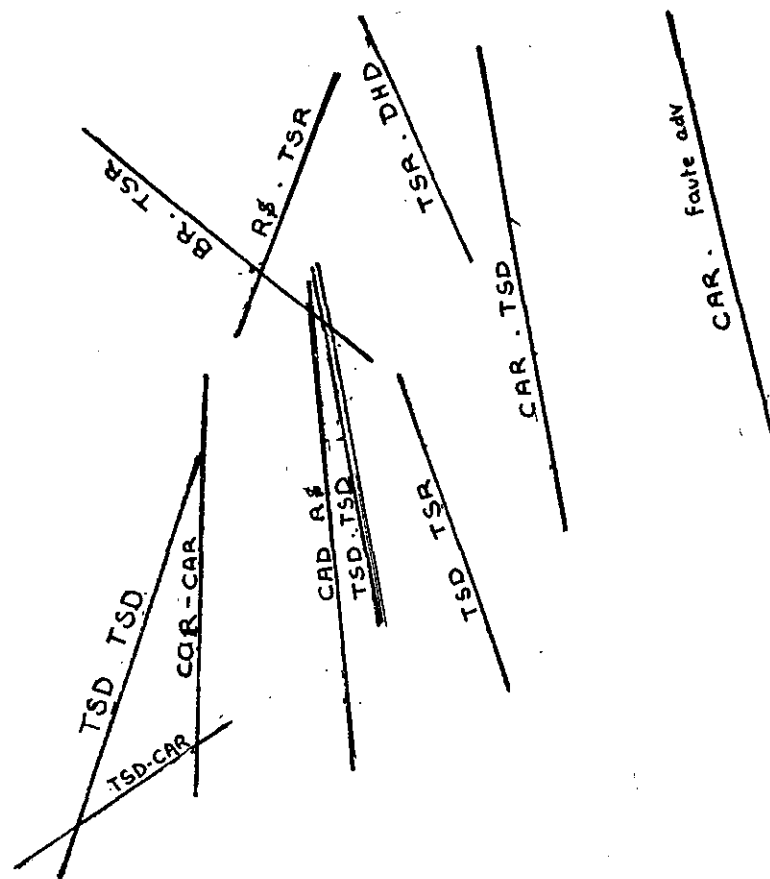
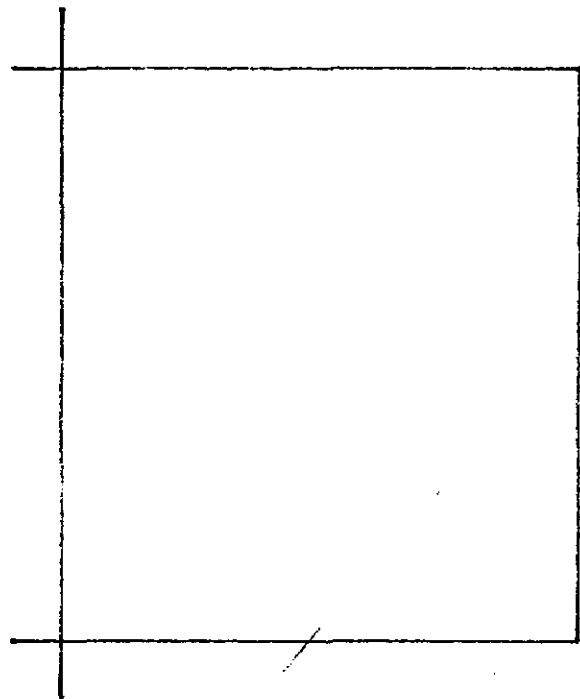


Figure 7



PHASE DE REEQUILIBRATION

(ligne des pieds)

vue de dessus.

Figure 8

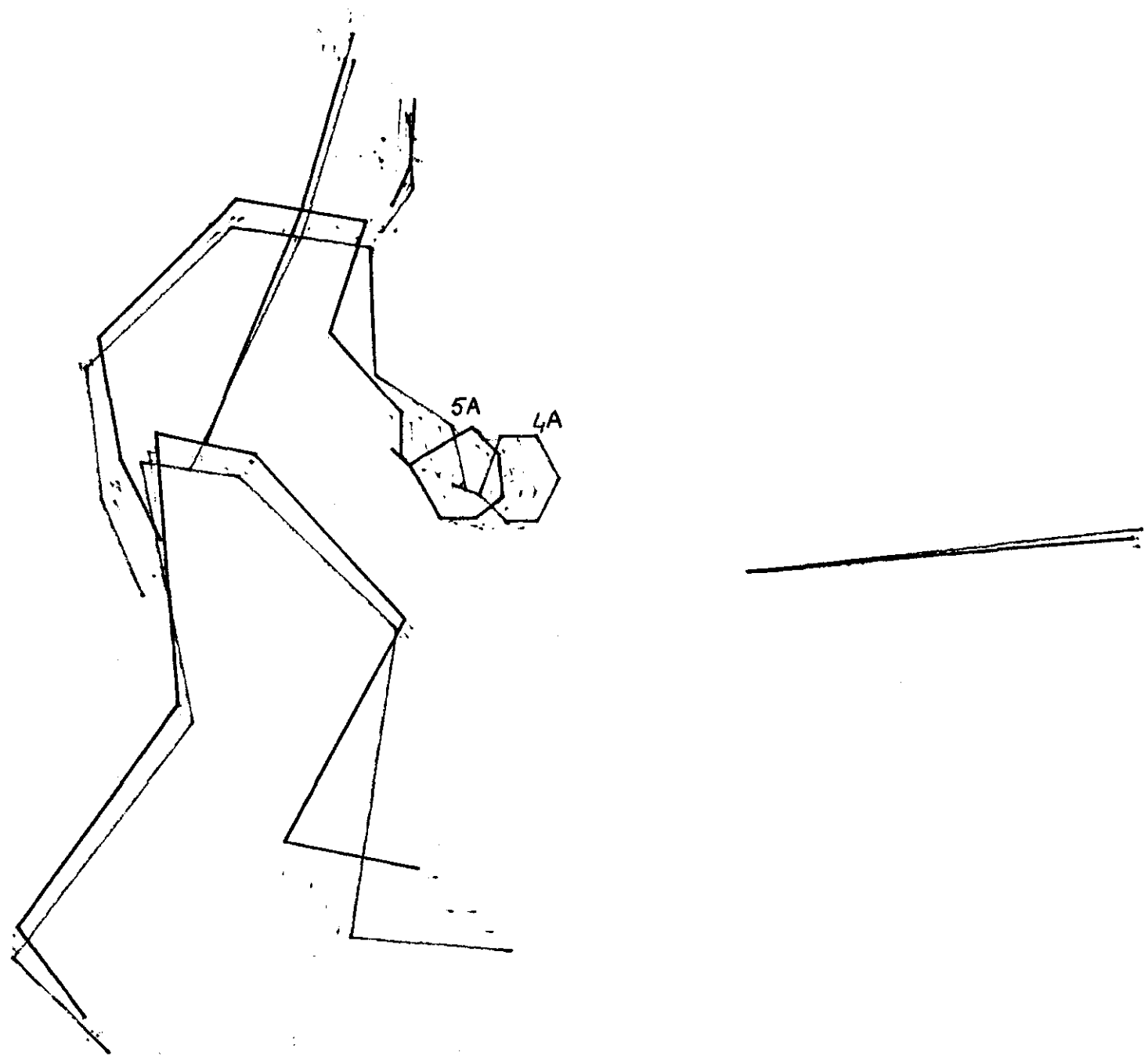
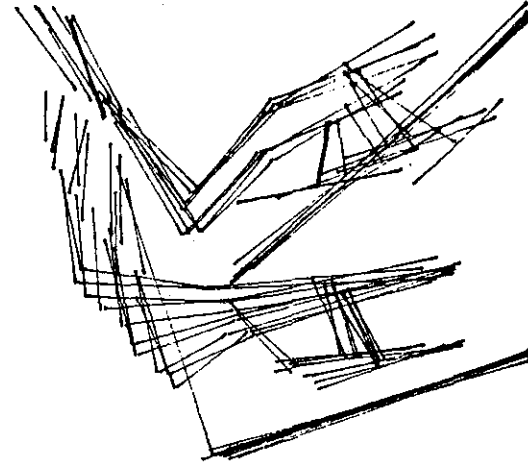
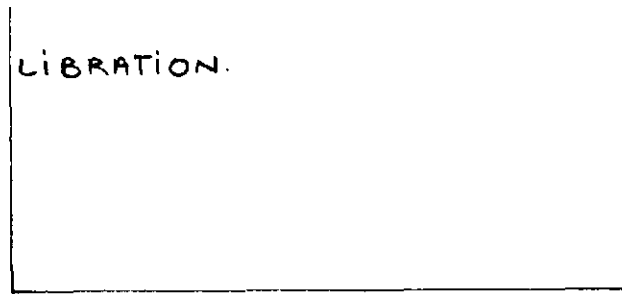


Figure 9

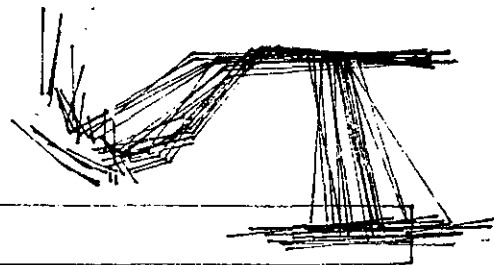
PHASE DE REEQUILIBRATION.

Comparaison de deux phases successives



VUE DE DESSUS

Figure 10



VUE DE DOS.

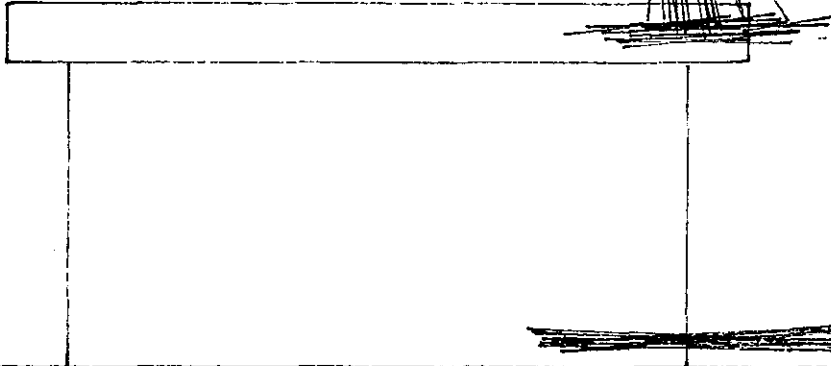


Figure 11

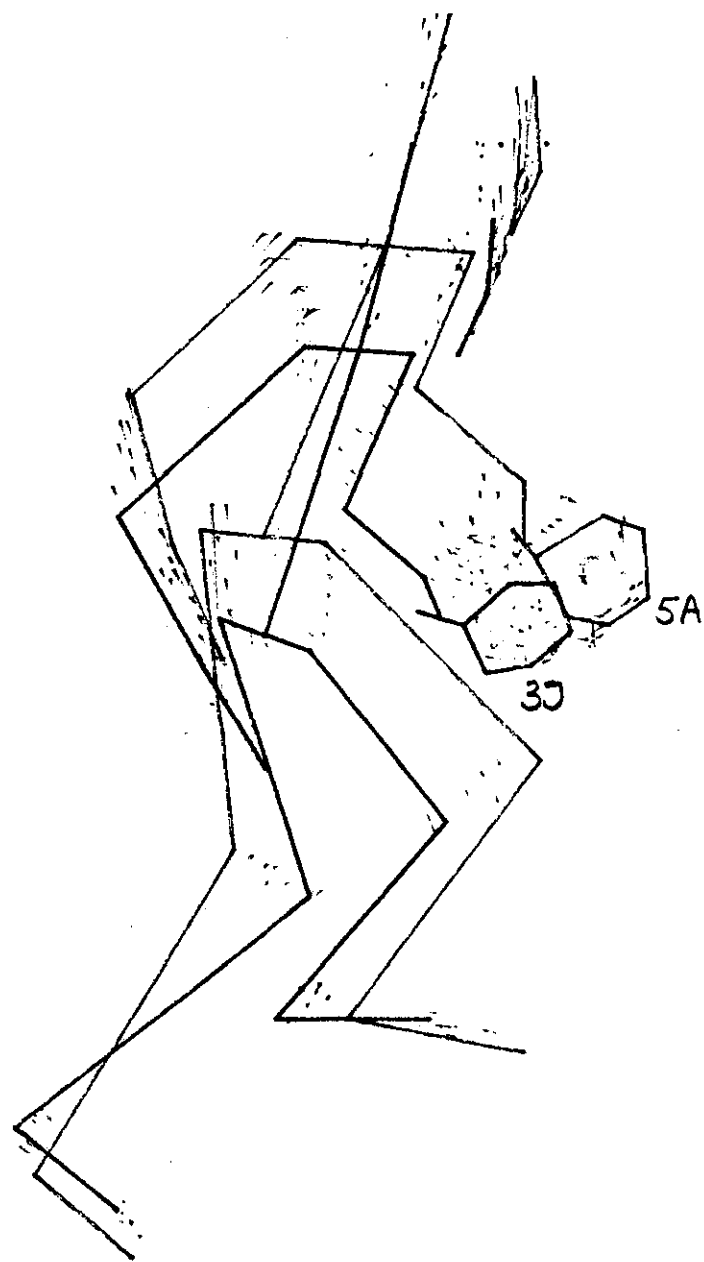
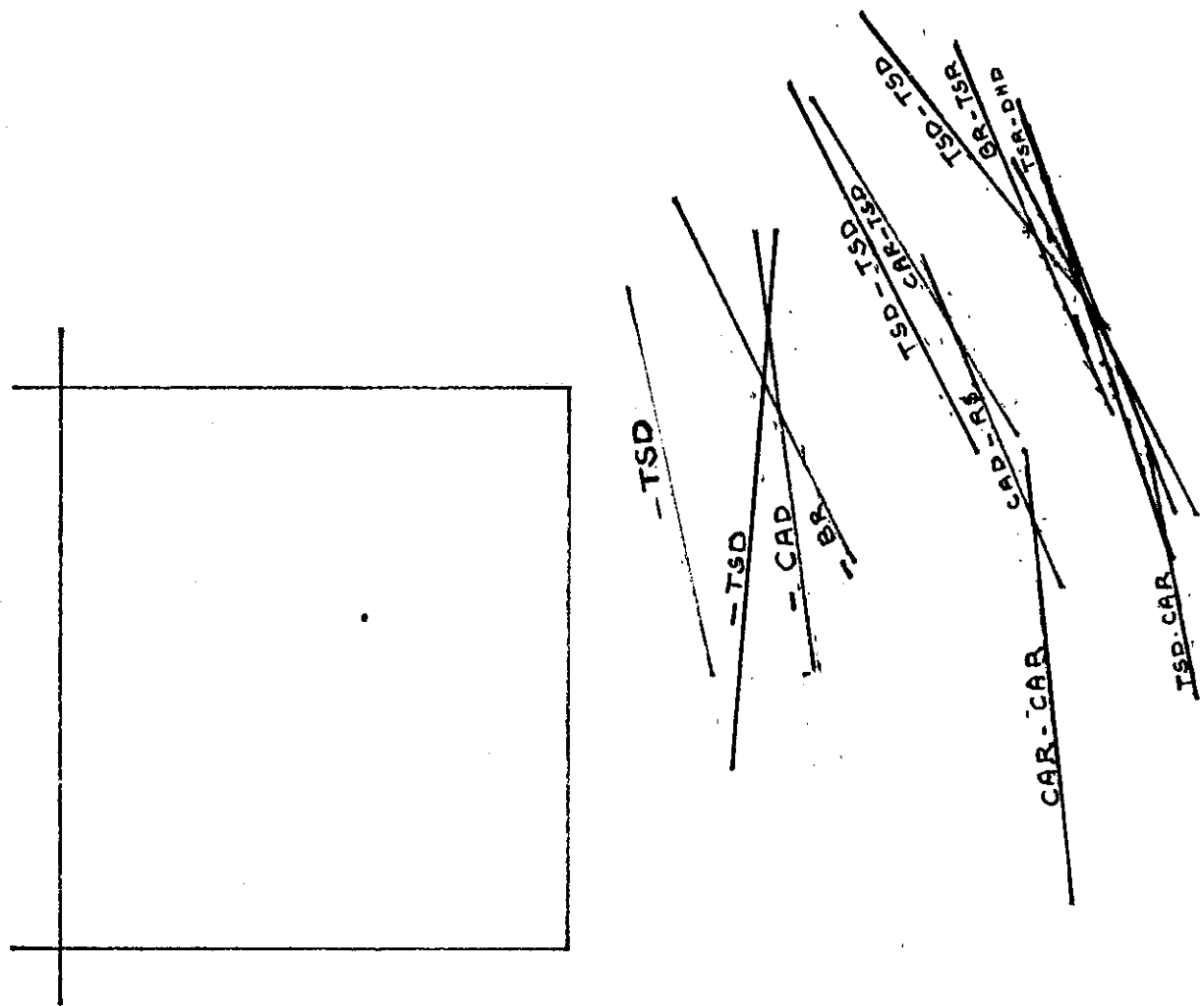


Figure 12



PHASE D'ATENTE

Ligne des Pieds

Vue de dessus

Figure 13

*Graphique des phases
Frappe adverse -> Frappe joueur
suivant le type de coup*

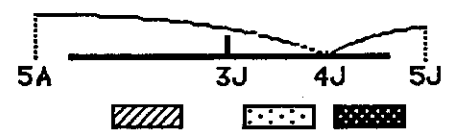
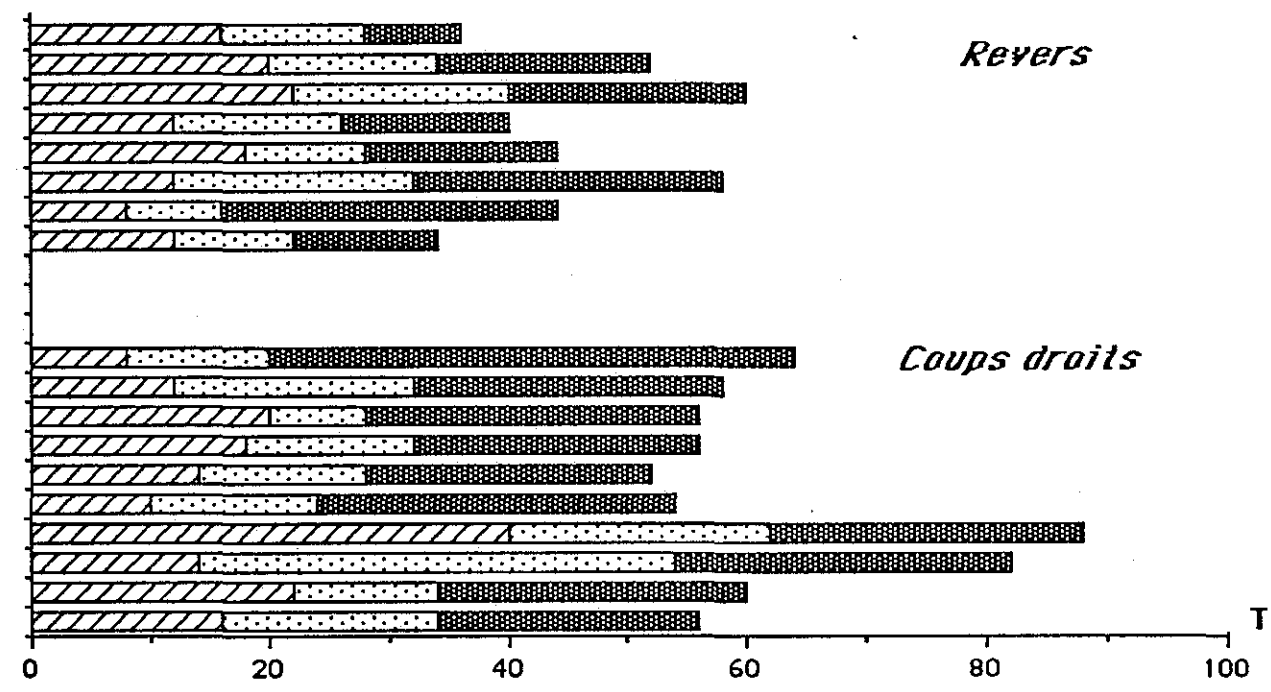


Figure 14

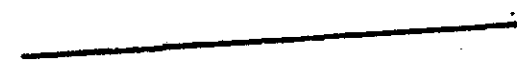
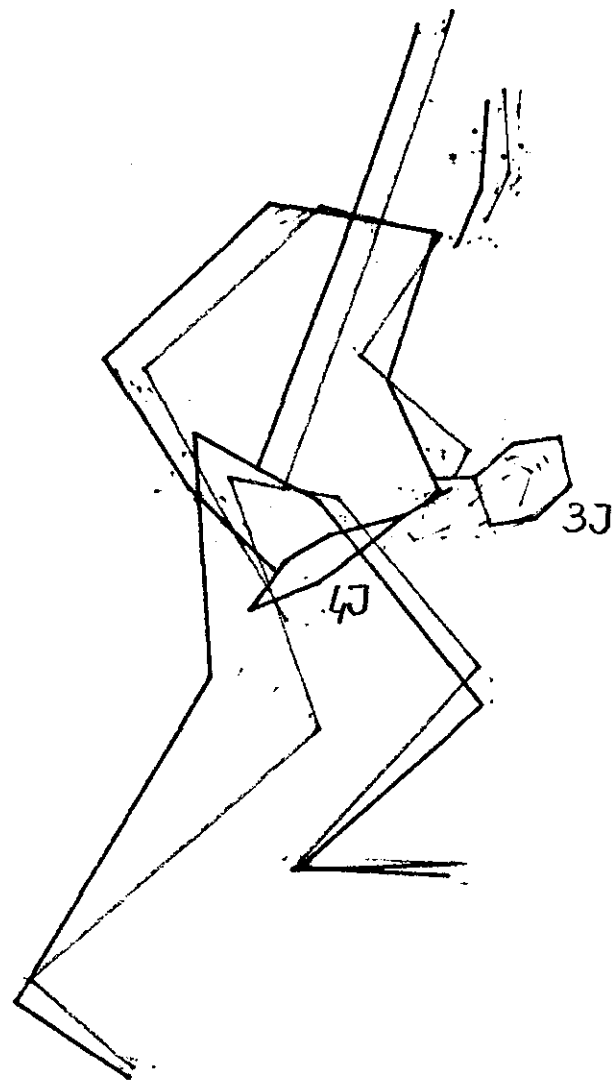


Figure 15

- 5J : frappe joueur
- 3A : Balle au filet (vers adversaire)
- 5A : frappe adverse
- 3J : Balle au filet (vers joueur)
- moment de l'orientation de la tête de raquette vers le coup droit ou le revers.

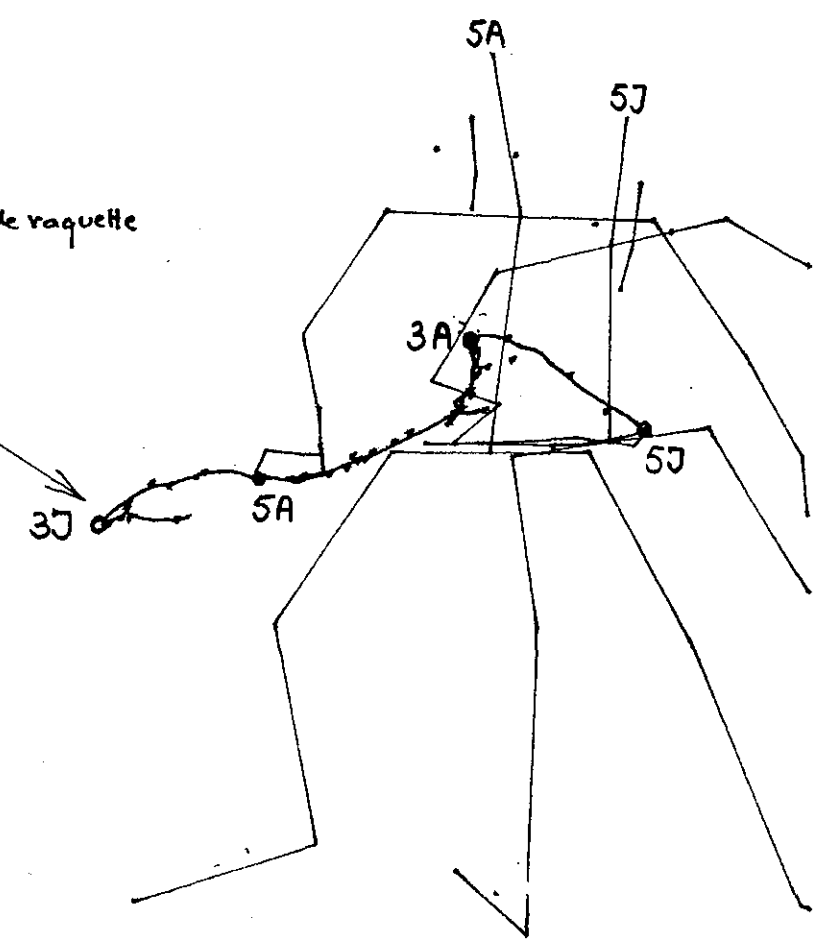
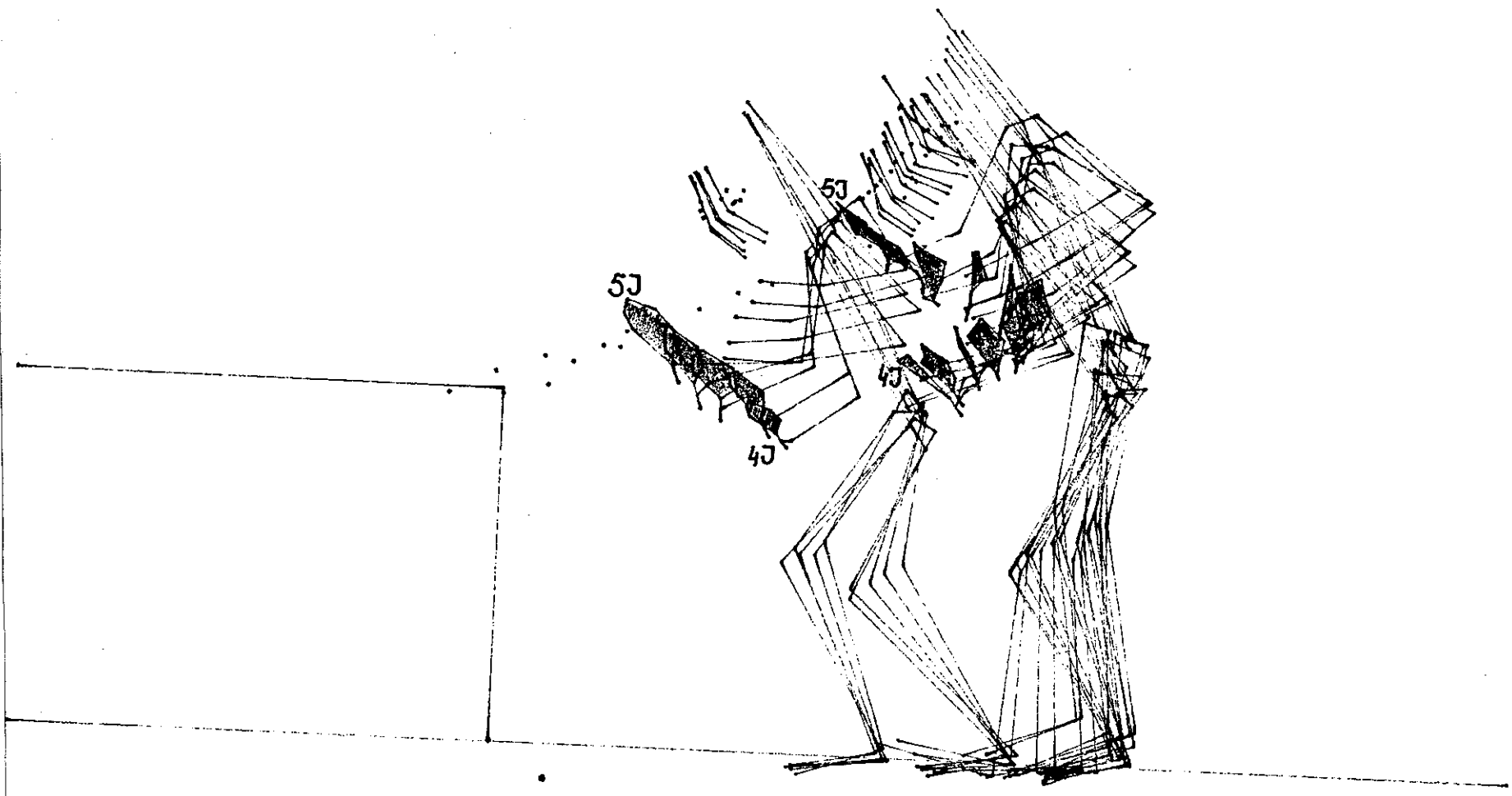
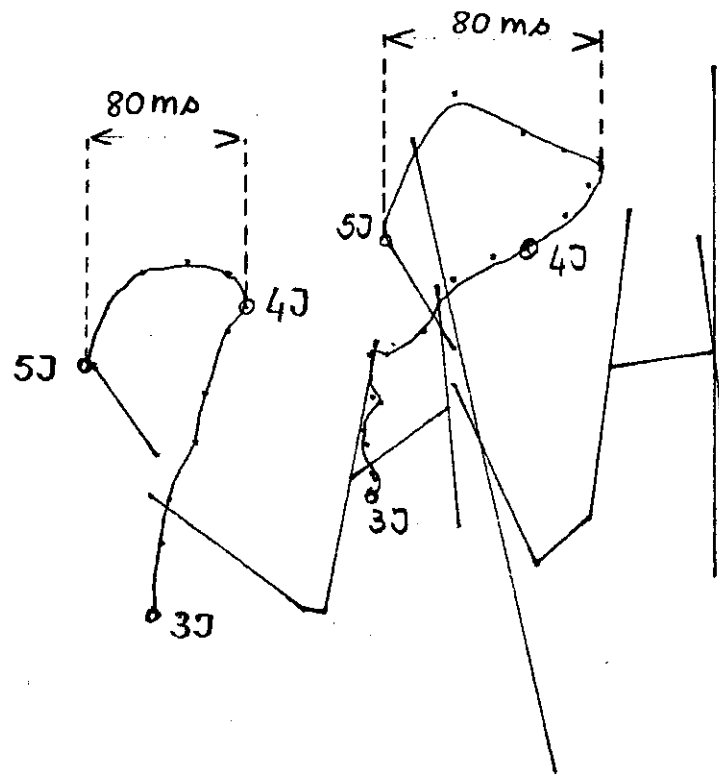


Figure 16

2 KINOGRAMMES DE 4J à 5J





TRAJECTOIRE DE LA TÊTE DE RAQUETTE
DE 3J à 5J.

Figure 17

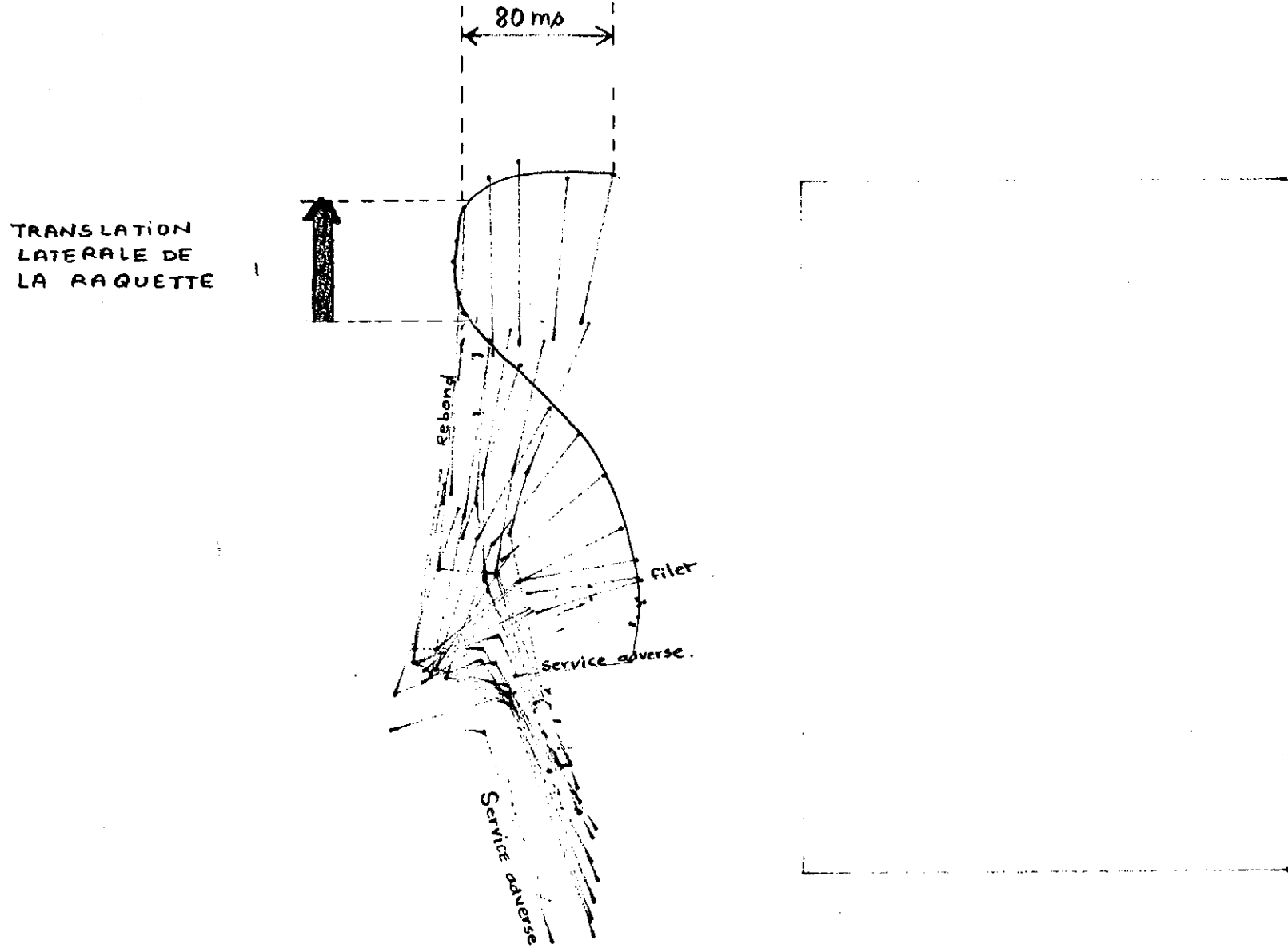


Figure 18

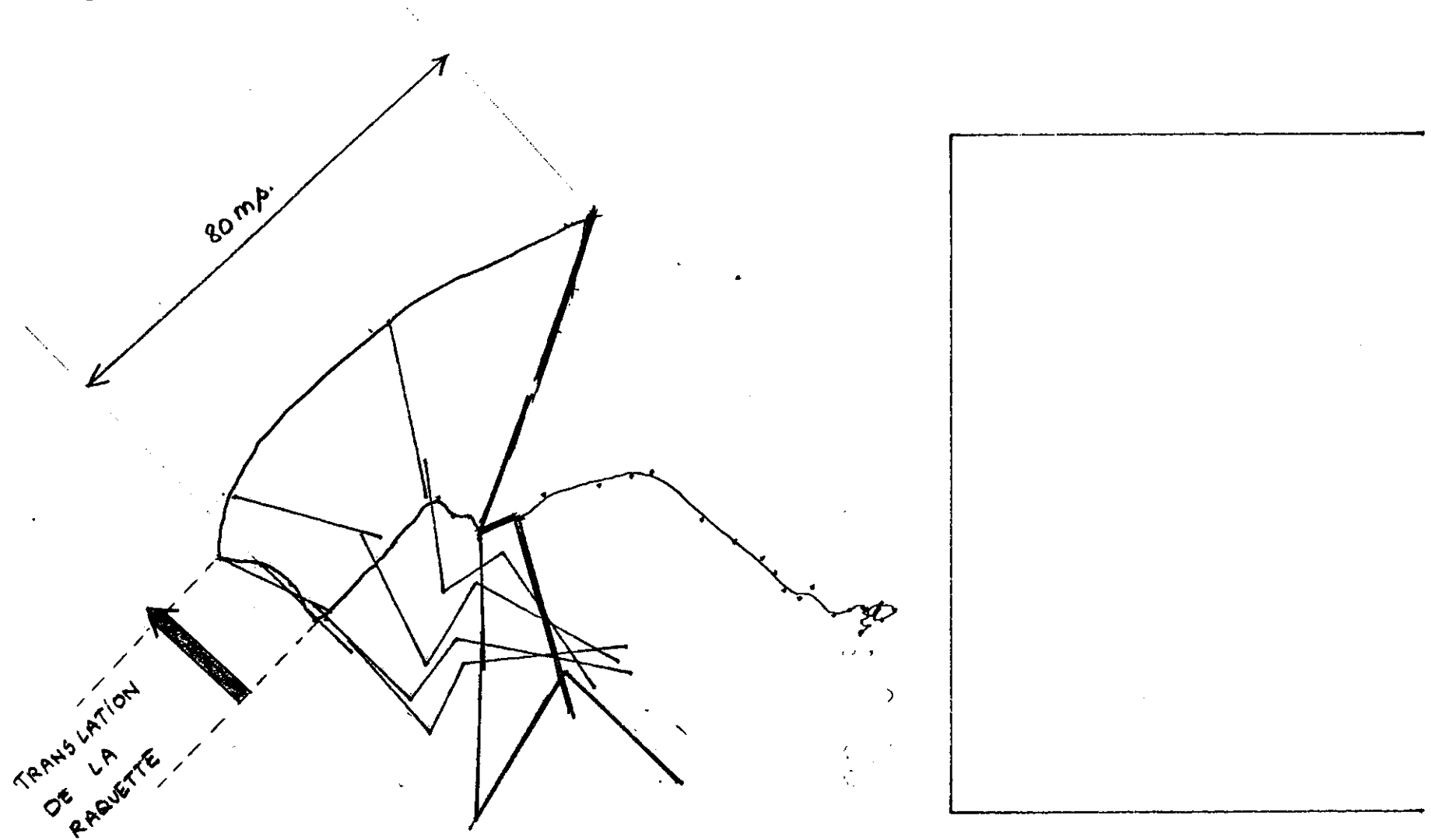


Figure 19

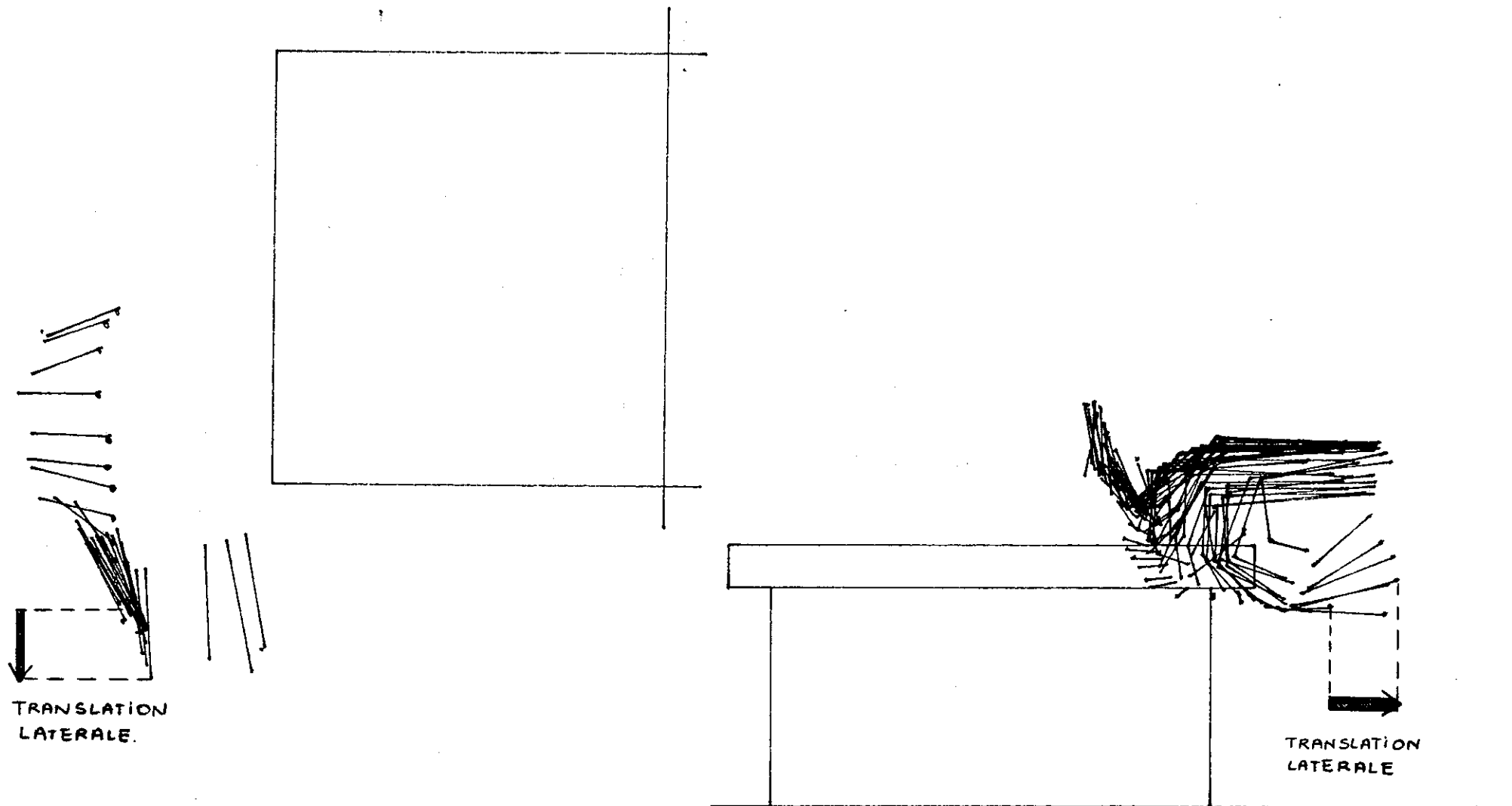
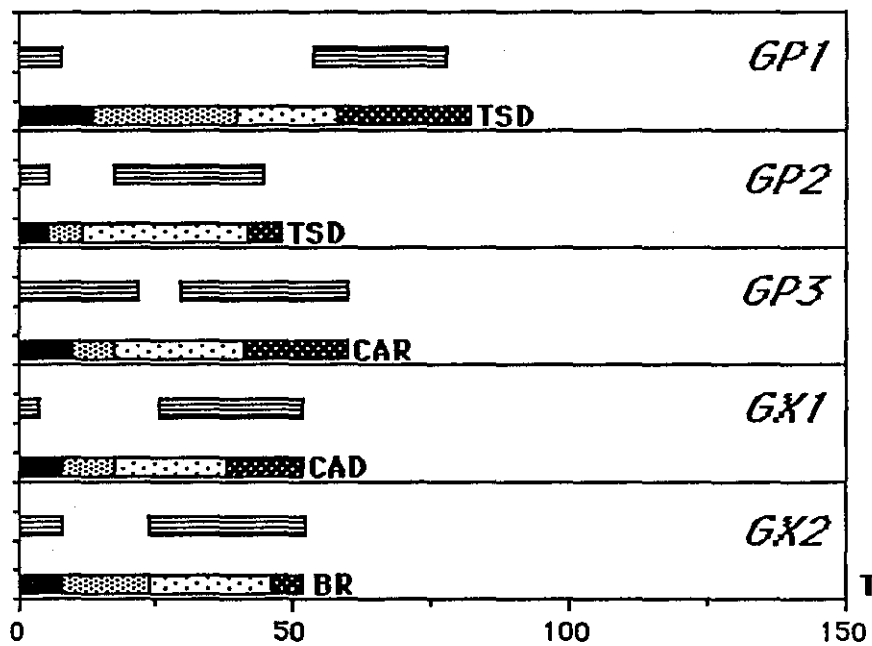


Figure 20

SERVICES

 Phase d'attente directionnelle (pieds fixes)
  Phase de reconstruction de la statique (pieds fixes)

Service Adversaire



Service Joueur

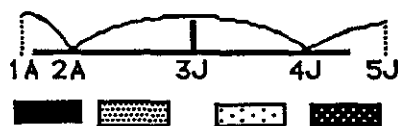
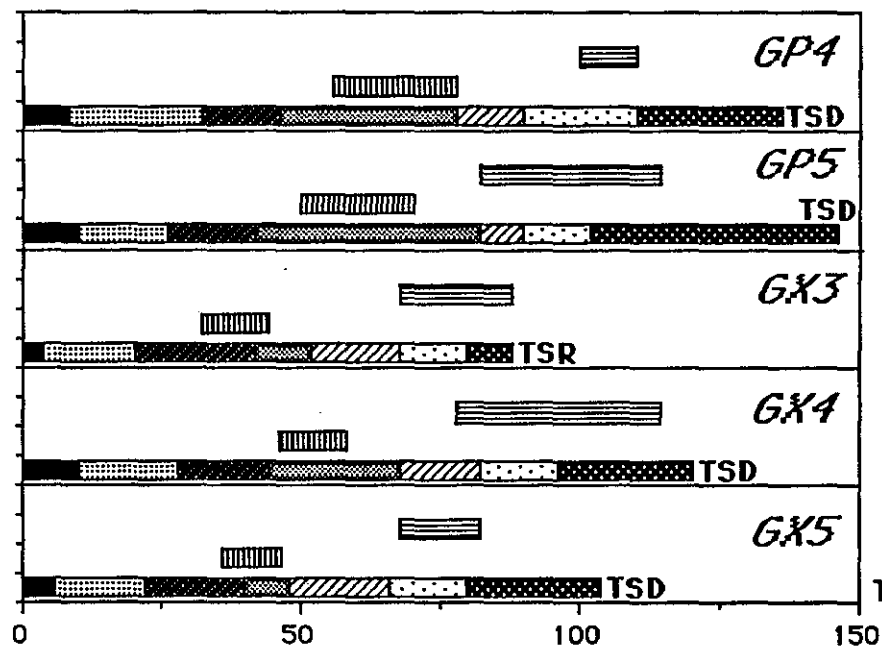


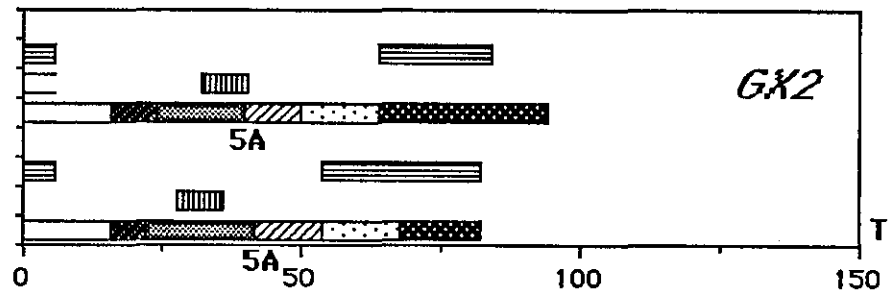
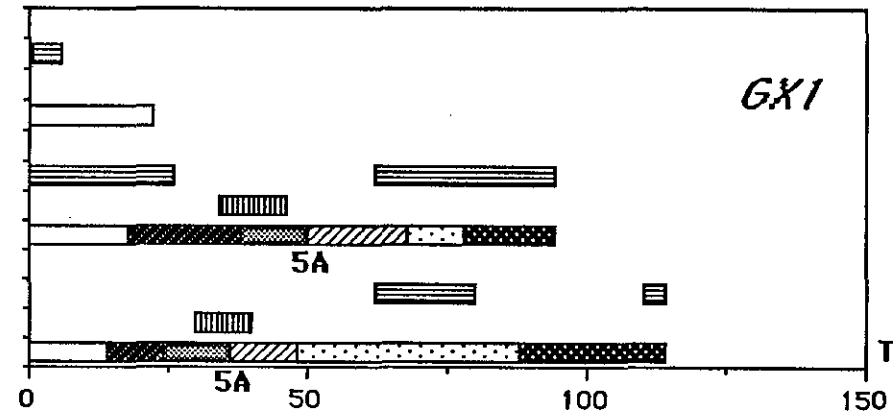
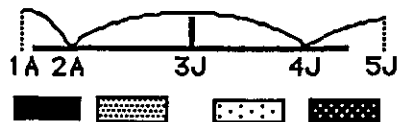
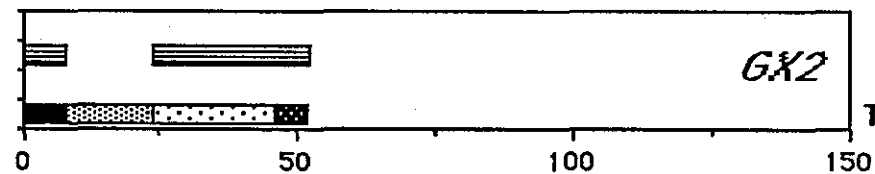
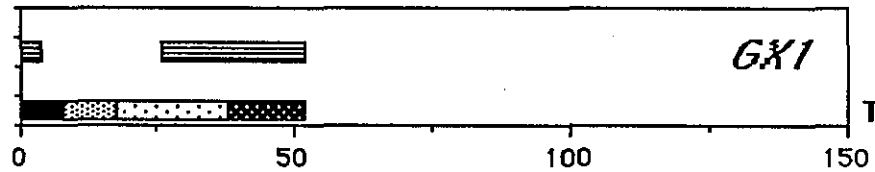
Figure 21

GATIEN / XIE

Echanges

Service Adversaire

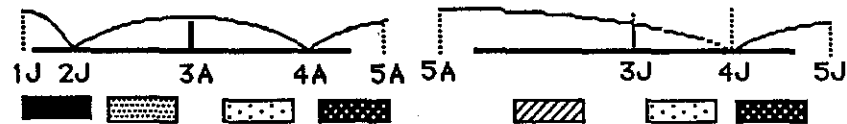
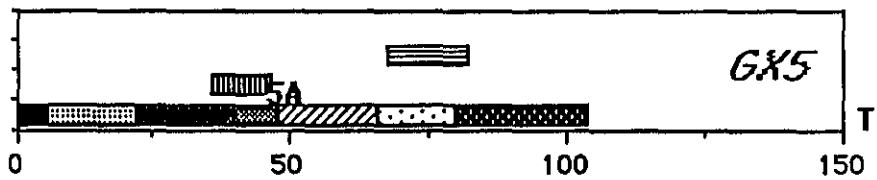
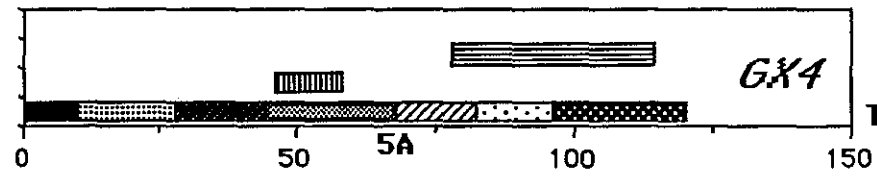
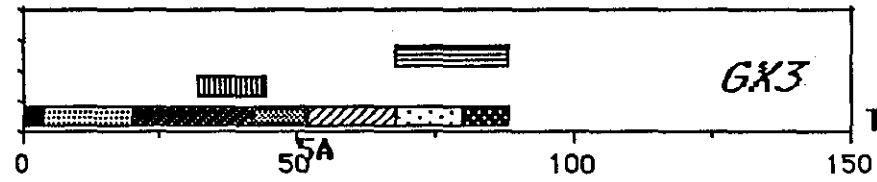
 Phase d'attente directionnelle (pieds fixes)
  Phase de reconstruction de la statique (pieds fixes)



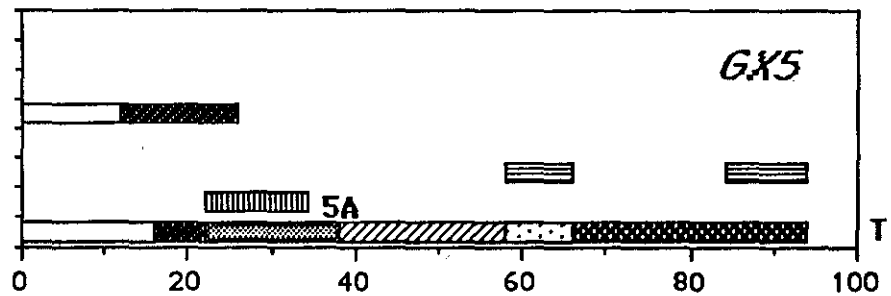
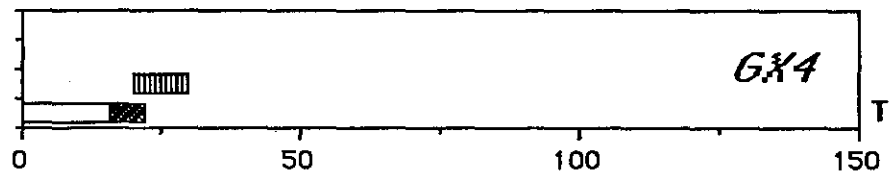
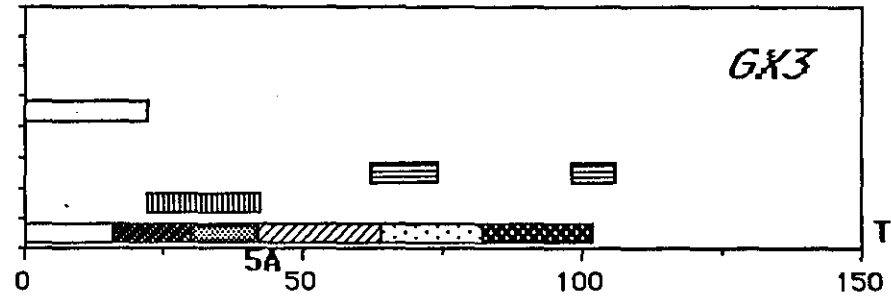
GATIEN / XIE

Figure 22

Service Joueur



Echanges

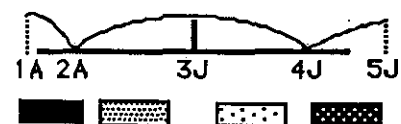
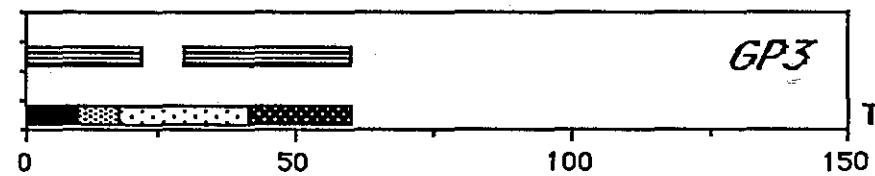
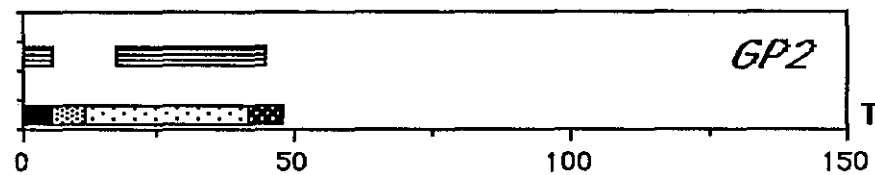
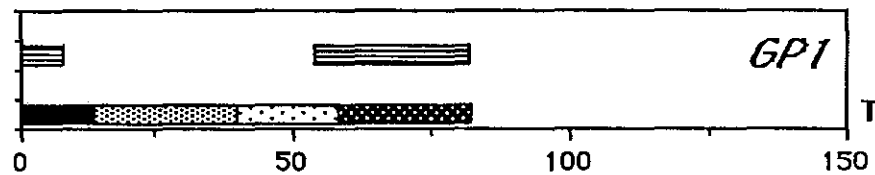


GATIEN / PARIETTI

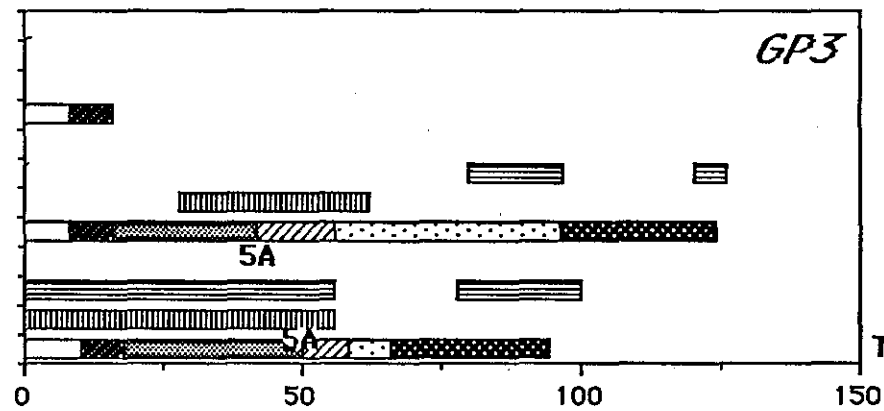
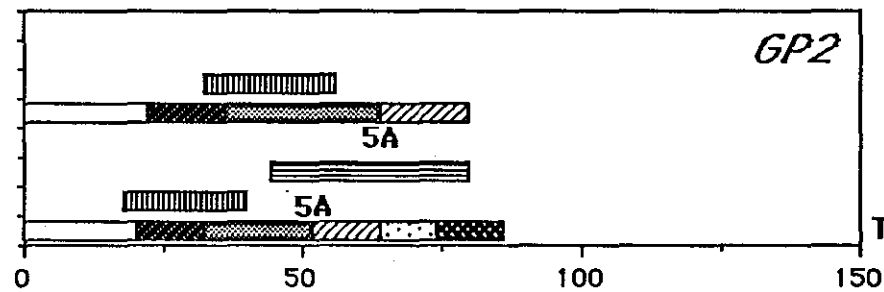
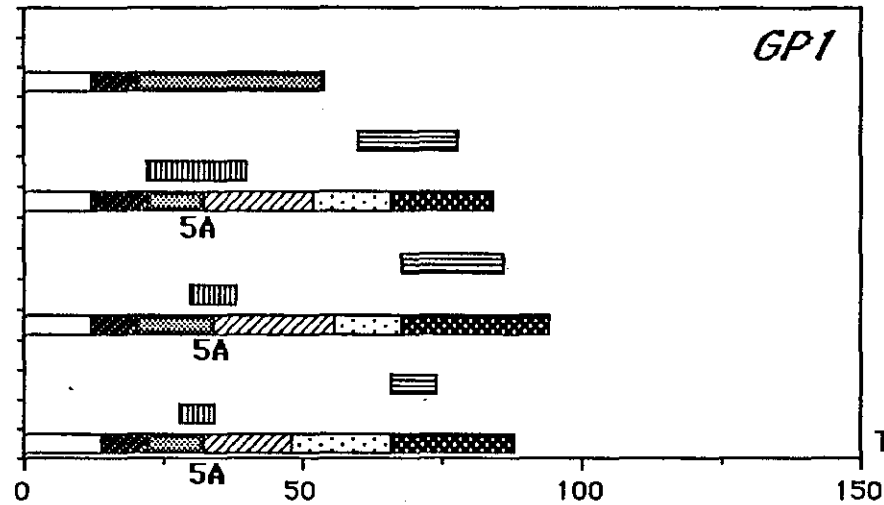
Figure 23

Service Adversaire

 Phase d'attente directionnelle (pieds fixes)
  Phase de reconstruction de la statique (pieds fixes)



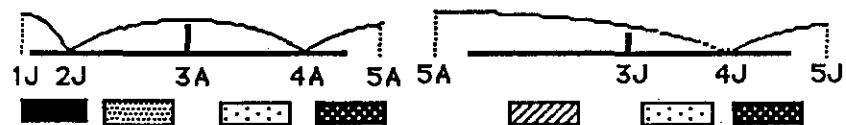
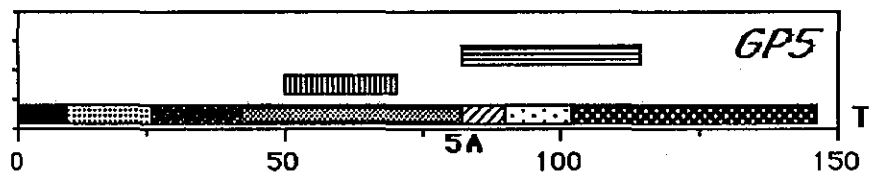
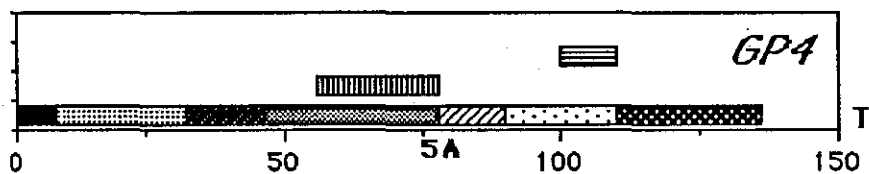
Echanges



GATIEN / PARIETTI Figure 24

Service Joueur

 Phase d'attente directionnelle (pieds fixes)
  Phase de reconstruction de la statque (pieds fixes)



Echanges

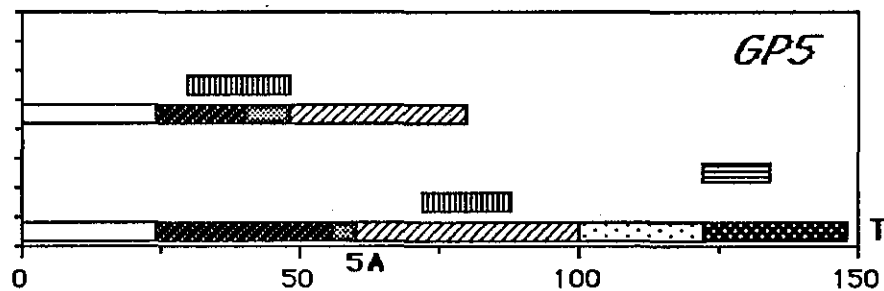
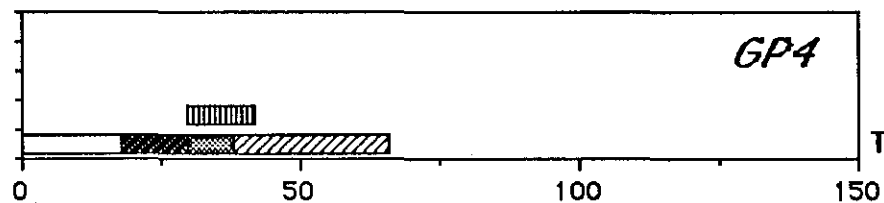
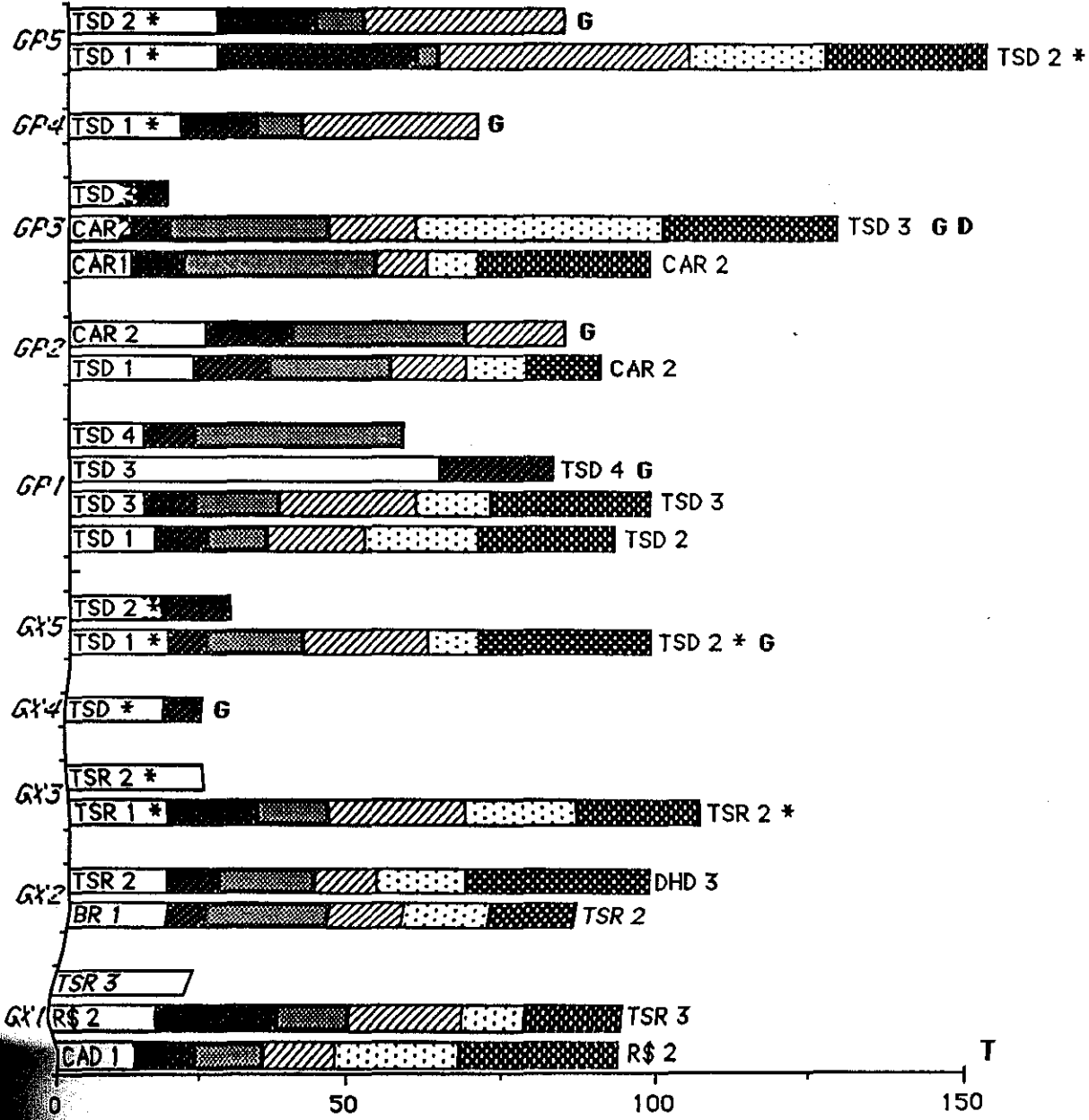


Figure 25



C) ANALYSE PERCEPTIVO-MOTRICE

C - ANALYSE PERCEPTIVO-MOTRICE

Les recherches étaient destinées à étudier les caractéristiques du traitement des informations visuelles en relation avec la réussite ou l'échec du point.

Les comportements visuels ont été enregistrés en utilisant la méthode de réflexion cornéenne décrite par Ripoll, Fleurance et Cazeneuve (1986).

Les résultats montrent que le point peut être perdu lorsque le comportement de l'adversaire n'a pas pu être analysé suffisamment tôt.

Paradoxalement, ceci se produit particulièrement après plusieurs échanges, précisément lorsque la durée des échanges augmente. En fait cette contradiction n'est qu'apparente, si l'on se réfère aux résultats de Véronèse (1988) et ceux de Ramanantsoa (ce rapport). En effet, c'est lorsque le jeu est ralenti, c'est à dire, après plusieurs échanges que les joueurs peuvent modifier le cours du jeu en variant les trajectoires. C'est dans cette condition que l'absence de préparation perceptive et motrice entraîne le plus fréquemment la perte du point.

Pour expliciter ce qui précède, nous proposons de considérer l'ensemble des résultats que nous avons obtenus.

Une première recherche consistait à comparer les stratégies visuelles selon que la situation ne présentait pas (jeu en régularité) ou présentait (match) de l'incertitude. Nous avons repris la procédure expérimentale adoptée par Ripoll et al. (1986) en analysant les stratégies visuelles de cinq joueurs de niveau international.

La première observation concernait l'analyse des fixations visuelles dirigées vers l'adversaire.

TABLEAU 1
Fixation sur l'adversaire

	n	FV/é	FV/e (msec)	%FIXATIONS
Régularité	3	0,73	290	15,45
Match	5	1,10	230	22,71

Tableau 1. Nombre moyen de fixations visuelles par échange, durée moyenne des fixations visuelles par échange et fréquence des fixations visuelles dirigées vers l'adversaire en jeu régulier et en match. (Voir commentaires dans le texte).

Le tableau 1 montre qu'en situation de match, c'est à dire lorsque l'incertitude est maximum, le nombre de fixations visuelles effectué par échange augmente (.73 vs 1.10 fixation/échange). Il est intéressant de noter que ce nombre excède de peu l'unité. Ceci veut dire que même lorsque l'incertitude est extrême, la rapidité de l'échange ne permet pas de faire plus d'une fixation. En effet, deux fixations visuelles consécutives ne se produisent que dans 3% des échanges, pour regarder l'avant-bras puis la raquette, et dans 3% vers les épaules puis vers le visage. Les fixations visuelles restant (94%) se répartissent de la façon suivante. 70% vers l'angle formé par la raquette et l'avant-bras et 24% vers la surface formée par les épaules et le visage. Cette augmentation du nombre des fixations s'accompagne d'une diminution de la durée moyenne des fixations (290 msec vs 230 msec). Ceci veut dire que la pression temporelle impose d'identifier les indices nécessaires dans un temps extrêmement court.

TABLEAU 2
Poursuite visuelle de la balle

trajectoire	n	%	durée moyenne	% de
Régularité	2	65	150	53
Match	5	100	250	65

Tableau 2. Nombre de joueurs (sur cinq) poursuivant la balle immédiatement après la frappe de l'adversaire, fréquence des poursuites visuelles de la balle pour ces joueurs, durée moyenne des poursuites de balles et pourcentage de la trajectoire de balle poursuivie entre la frappe et le rebond.

Le tableau 2 montre que toute l'information n'est vraisemblablement pas traitée lorsque l'adversaire frappe la balle. En effet, le nombre de balles poursuivies augmente significativement en condition de match, où ce comportement est systématique pour tous les joueurs, alors qu'il n'apparaît que chez deux joueurs en jeu régulier. En match, la poursuite a une durée moyenne de 250 msec, ce qui correspond à une poursuite pendant 65% du temps écoulé entre la frappe de l'adversaire et le passage de la balle au filet.

L'analyse statistique (Khi2) montre que cette différence est significative ($\chi^2 = 58,77$, $p < .001$).

Ce résultat montre que très vraisemblablement, l'athlète n'a pas traité toute l'information nécessaire au moment de la frappe de son adversaire ; aussi, doit-il compléter cette information en vue de prédire rapidement des coordonnées spatiales de la trajectoire. Cette analyse est vraisemblablement également destinée à identifier les effets donnés à la balle. Il semble que cette opération doit être également effectuée très rapidement, tout au moins avant le rebond. En effet, après avoir quitté la balle du regard, le joueur organise les opérations d'anticipation-coïncidence mises précédemment en évidence par Ripoll et al. (1986).

Ces opérations consistent à prédire le passage de la balle au filet ou au rebond et à positionner sa tête vers le lieu futur de l'impact balle-raquette afin de permettre un contrôle visuel plus précis de la frappe et une frappe plus efficace.

Une deuxième série d'observations a consisté à analyser les différences de stratégies visuelles entre les coups réussis et les coups échoués. La faible quantité de coups enregistrés dans chaque condition ne nous a pas permis de procéder à une analyse statistique des résultats. Aussi, les remarques qui suivent devront être confirmées par des enregistrements ultérieurs.

Les observations montrent que lorsque l'adversaire change de trajectoire, par rapport à l'angle de sa réception, les durées moyennes des fixations visuelles augmentent (300msec). En conséquence, le regard étant dirigé plus longtemps vers l'adversaire, la poursuite de balle intervient plus tardivement que lorsque la balle est renvoyée dans la même direction. D'autre part, l'augmentation des durées des phases de fixation vers l'adversaire et de poursuite de la balle, entraîne et une augmentation significative de la durée de la préparation du geste (correspondant à l'armé) et, par conséquent, une diminution de la durée de la phase propulsive (correspondant à la frappe proprement dite) (tableau 3).

TABLEAU 3
Durées des différentes phases de mouvement (msec)

	total		préparation		exécution	
	M	DS	M	DS	M	DS
Régularité	900.0	6.6	550.0	6.06	350.0	6.08
Match	1020.0	24.6	660.0	6,62	360,0	3,85
t,q	6,28	<0,01	3,36	<0,05	0,56	>0,01

Tableau 3. Moyennes, déviations standard et niveau de significativité des différences (test de student) des durée totales, des durées de la phase de préparation et des durées de la phase propulsive, en régularité et en match. (voir commentaires dans le texte).

Tout se passe en fait comme si le temps situation (durées de fixation de l'adversaire et de poursuite de balle cumulées) était déduit du temps nécessaire pour agir. Le coup serait ainsi échoué parce que les opérations perceptives et motrices seraient en quelque sorte effectuées trop tardivement. On assiste dans ces conditions, soit à un renvoi de balle défectueux (filet, hors limite), soit, à un retour de faible vitesse sur lequel l'adversaire conclut généralement le point.

Une expérience complémentaire, en cours, confirme ces premiers résultats. Nous montrons que lorsque la trajectoire de la balle ne peut être correctement prédite, le joueur augmente significativement son temps de préparation (la préparation est déclenchée plus tardivement et sa durée est plus importante) ; ceci à pour effet de diminuer la durée de l'exécution de la frappe, qui est plus imprécise et plus lente.

Pour conclure, l'ensemble de ces résultats permet de proposer un modèle de fonctionnement de la stratégie visuelle en tennis de table :

Le joueur traite l'information "pas par pas" en procédant du général au particulier.

Une incertitude minimum semble être impliquée dans les premiers échanges. En effet, les contrats mécaniques du service réduisent la gamme des réponses possibles. L'augmentation de la durée des échanges permet à un des joueurs de prendre l'avantage en variant sa trajectoire, et probablement en variant également les effets. Les informations prélevées sur l'adversaire, entre le passage de la balle au filet et la frappe proprement dite, permettent d'affiner la réduction de l'incertitude et par conséquent la prédiction du coup ; ces informations concernent essentiellement l'espace raquette-avant-bras. Ces informations sont vraisemblablement coordonnées avec les informations traitées en vision périphérique qui permettent d'interpréter l'attitude générale de l'adversaire. Ces informations sont nécessaires à la détermination du coup (croisé-décroisé, coup-droit-revers).

Toute l'information n'ayant pas été traitée, il est nécessaire d'identifier les caractéristiques de la trajectoire de la balle de manière à prévoir la latitude et la longitude de l'impact et, peut être également, de traiter les informations de rotation nécessaires à l'identification des effets. Ce dernier point demeure hypothétique et nécessite une confirmation expérimentale.

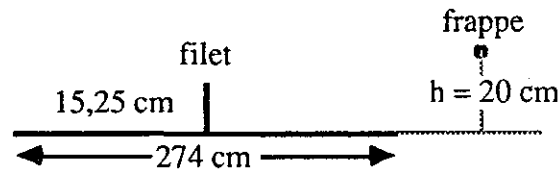
L'augmentation du temps nécessaire aux traitements qui précèdent est prélevé du temps destiné à se préparer et à effectuer correctement le renvoi. L'inadéquation et/ou le retard de la préparation visuelle et motrice entraînent, une erreur de précision du renvoi et/ou un coup de défense sur lequel l'adversaire pourra marquer le point.

D) ANALYSE MÉCANIQUE ET AÉRODYNAMIQUE DE LA BALLE (FICHES)

FICHE N° 1

HAUTEUR DE FRAPPE ET ANGLE D'OUVERTURE VERTICAL

La hauteur de frappe h est la mesure sur l'axe vertical de la distance du point (zone) de frappe, à la table.

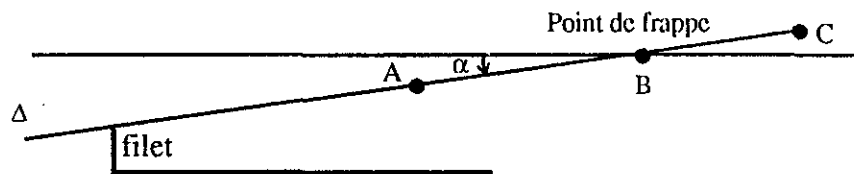


Une balle frappée à hauteur de la table sera repérée par une hauteur nulle.

Pour une même hauteur de frappe, plus on se rapproche du filet, plus on est en position de taper fort (voir fiche n° 2).

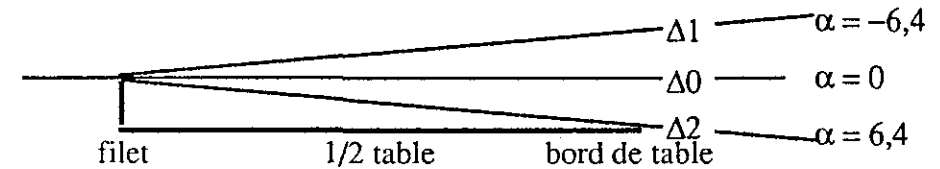
Cette difficulté du coup est caractérisée par l'angle d'ouverture vertical.

L'angle d'ouverture vertical est défini par l'angle formé par l'horizontale et la demi-droite joignant le point de frappe au haut du filet.



Sur tous les points de la droite Δ l'angle d'ouverture vertical est le même, bien que la hauteur de frappe puisse être très différente.

Ex. frappe en A, en B, en C.



Δ_0 : 1/2 droite Pour laquelle tous les points de frappe ont un angle d'ouverture nul. (remarquons que cela correspond à une hauteur constante = hauteur du filet 15,25 cm quelle que soit la distance au filet) (frappes les plus fréquentes).

Δ_1 : 1/2 droite pour laquelle tous les points de frappe ont un angle égal à $-6,4^\circ$ frappes hautes (on pourra rabattre la balle violemment).

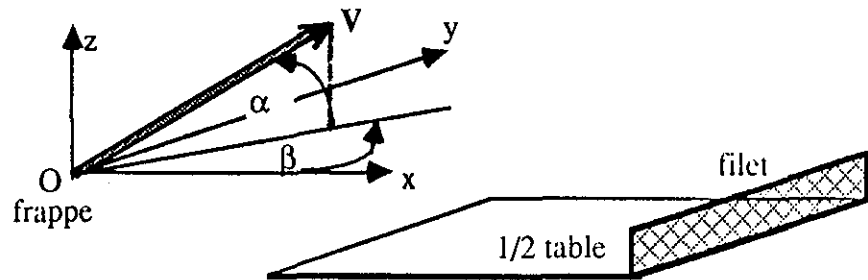
Δ_2 : 1/2 droite pour laquelle tous les points de frappe ont un angle égal à $6,4^\circ$ frappes basses (on doit lever la balle) pour la remettre.

Remarque : cette définition de l'angle d'ouverture est pratique mais trop simple. Elle ne caractérise que d'un point de vue statique la "hauteur de la frappe". Si on veut avoir une idée plus précise de la difficulté du coup à réaliser compte tenu de cette ouverture angulaire, il faut calculer les écarts angulaires tolérés pour renvoyer la balle sur la table. (voir fiche n° 2).

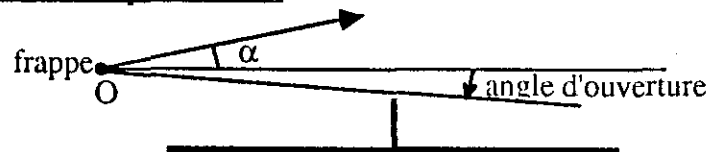
FICHE N° 2

ANGLE D'OUVERTURE ET VITESSES POSSIBLES INITIALES
DE LA BALLE

Vitesse de la balle : il s'agit de la vitesse initiale de la balle c'est-à-dire de la vitesse juste après la frappe. Elle est caractérisée par un module V , un angle vertical α , un angle latéral β , repérés comme l'indique la figure ci-dessous.



Ox, axe horizontal (axe longitudinal de la table)
Oy, axe horizontal (axe transversal de la table parallèle au filet)
Oz, axe vertical

Vitesse dans le plan vertical

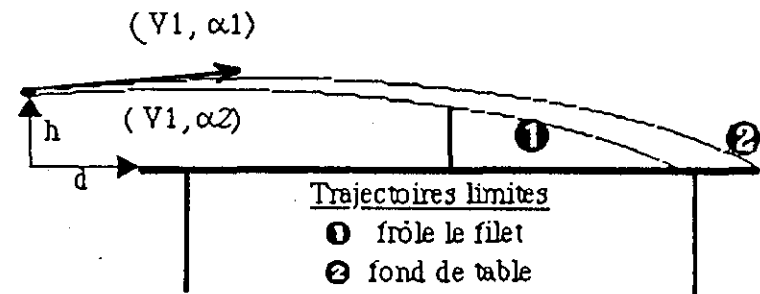
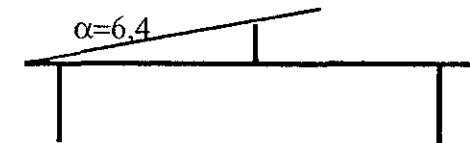
L'angle vertical de vitesse de la balle est en général différent de l'angle d'ouverture vertical.

L'angle d'ouverture est toujours plus petit que l'angle de la vitesse de la balle. C'est la limite inférieure de l'angle de vitesse de la balle pour que la balle ait une chance de passer le filet.

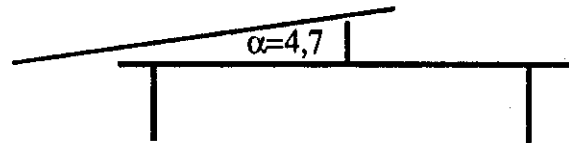
L'angle d'ouverture est l'angle limite minimum que l'on peut donner à la balle pour espérer franchir le filet.

Les angles verticaux limites de vitesse de balle (sont définis par les deux trajectoires limites qui permettent de remettre la balle sur la demi-table adverse) (pour une même vitesse et un même point de frappe).

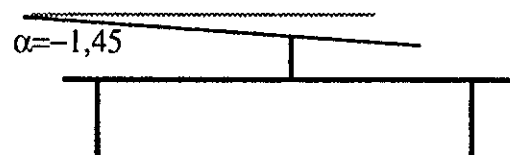
Angles limites α_1 et α_2 . Ecart angulaire possible $(\alpha_1 - \alpha_2) = \Delta\alpha$

Cas n° 1 : Angle d'ouverture 6,4°

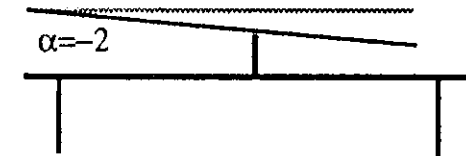
Module de la vitesse	angles limites	
VMin. 16 km/h	$\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$	$\Delta\alpha = 0^\circ$
20 km/h	$\alpha_1 = 45^\circ$ $\alpha_2 = 24^\circ$	$\Delta\alpha = 21^\circ$
30 km/h	$\alpha_1 = 16,5^\circ$ $\alpha_2 = 14^\circ$	$\Delta\alpha = 2^\circ$
VMax 34 km/h	$\alpha_1 = \alpha_2 = 12,5^\circ$	$\Delta\alpha = 0^\circ$

Cas n° 2 : Angle d'ouverture 4,7°

Module de la vitesse	angles limites	
VMin. 19 km/h	$\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$	$\Delta\alpha = 0^\circ$
20 km/h	$\alpha_1 = 45^\circ$ $\alpha_2 = 13^\circ$	$\Delta\alpha = 32^\circ$
30 km/h	$\alpha_1 = 22^\circ$ $\alpha_2 = 15,5^\circ$	$\Delta\alpha = 6,5^\circ$
40 km/h	$\alpha_1 = 11,3^\circ$ $\alpha_2 = 10,7^\circ$	$\Delta\alpha = 0,6^\circ$
VMax 42 km/h	$\alpha_1 = \alpha_2 = 10,2^\circ$	$\Delta\alpha = 0^\circ$

Cas n° 3 : Angle d'ouverture -1,45°

Module de la vitesse	angles limites	
VMin. 17,5km/h	$\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$	$\Delta\alpha = 0^\circ$
20 km/h	$\alpha_1 = 45^\circ$ $\alpha_2 = 24^\circ$	$\Delta\alpha = 21^\circ$
30 km/h	$\alpha_1 = 17,5^\circ$ $\alpha_2 = 9^\circ$	$\Delta\alpha = 8,5^\circ$
40 km/h	$\alpha_1 = 7,4^\circ$ $\alpha_2 = 4,5^\circ$	$\Delta\alpha = 3^\circ$
VMax 58 km/h	$\alpha_1 = \alpha_2$	$\Delta\alpha = 0^\circ$

Cas n° 4 : Angle d'ouverture -2°

Module de la vitesse	angles limites	
VMin. 14,5 km/h	$\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$	$\Delta\alpha = 0^\circ$
20 km/h	$\alpha_1 = 45^\circ$ $\alpha_2 = 14,5^\circ$	$\Delta\alpha = 29^\circ$
30 km/h	$\alpha_1 = 11,5^\circ$ $\alpha_2 = 5,5^\circ$	$\Delta\alpha = 6^\circ$
40 km/h	$\alpha_1 = 4,5^\circ$ $\alpha_2 = 12,5^\circ$	$\Delta\alpha = 2^\circ$
VMax. 52,5 km/h	$\alpha_1 = \alpha_2 = 1^\circ$	$\Delta\alpha = 0^\circ$

Avantages pour le joueur qui frappe d'avoir un angle d'ouverture important.

Plus l'angle d'ouverture est négatif (position de frappe au dessus du filet) plus la balle peut être rapide en arrivant sur l'adversaire.

Exemple :

Angle d'ouverture	Vitesse maximum au départ de la frappe
6,4°	34 km/h
4,7°	42 km/h
- 1,45°	58 km/h
- 2°	52,5 km/h

Remarque : les deux derniers résultats semblent inversés par rapport à la règle annoncée. Il faut se reporter à la fiche n° 3 pour en comprendre la raison.

FICHE N° 3

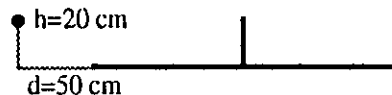
VITESSE DE BALLE (AU DÉPART) ET
VITESSE DE BALLE (SUR L'ADVERSAIRE).

A cause des frottements sur l'air, la balle de tennis de table perd rapidement de la vitesse (voir fiche n° 4)

La vitesse d'arrivée sur l'adversaire dépend de deux facteurs :

- la vitesse de départ
- la distance parcourue.

a) la vitesse de départ doit permettre à la balle de passer le filet pour rebondir sur la 1/2 table adverse. Cela impose des valeurs de cette vitesse qui varient entre deux limites VMin. et VMax qui dépendent de la position de la frappe (voir fiche n° 2).



Exemple : pour une balle sans rotation

Position de la frappe	VMin	VMax
$h = 20\text{ cm}$ $d = 0\text{ cm}$	14,5 km/h	52,5 km/h
$h = 20\text{ cm}$ $d = 50\text{ cm}$	17,5 km/h	58 km/h
$h=20\text{ cm}$ $d=1\text{ m}$	21 km/h	65 km/h

Une comparaison des vitesses maximums laisserait penser qu'il est plus avantageux de frapper de loin puisque on peut taper plus fort.

Pour conclure il faut connaître la vitesse de la balle à l'arrivée sur l'adversaire dans les deux cas.

b) la distance parcourue. Plus la distance à parcourir est grande plus la perte de vitesse sera importante.

Position de la frappe	Vitesse initiale limite (situé en bord de table dans les deux cas)	Vitesse avant rebond limite
$h = 20\text{ cm}$ $d = 0\text{ cm}$	52,5 km/h	33,4 km/h
$h = 20\text{ cm}$ $d = 50\text{ cm}$	58 km/h	33,8 km/h

Plus on est loin, plus on peut taper fort mais plus le chemin est long pour atteindre la 1/2 table adverse donc plus la balle sera freinée. L'exemple choisi montre que la vitesse de la balle juste avant le rebond est quasiment la même dans les deux cas frappe à 50 cm de la table à 58 km/h ou frappe à 0 cm de la table à 52 km/h.

Position de la frappe	Vitesse initiale limite (situé en bord de table dans les deux cas)	Vitesse avant rebond limite
$h = 20\text{ cm}$ $d = 0\text{ cm}$	50 km/h	32 km/h
$h = 20\text{ cm}$ $d = 50\text{ cm}$	50 km/h	29 km/h

Plus on est loin moins la balle arrive vite au rebond pour une même vitesse de départ.

Ainsi la balle frappée de la même manière arrive avec une vitesse plus grande sur la table adverse.

Mais il y a encore un avantage à frapper près du filet. Le temps de parcours, donc le temps laissé à l'adversaire pour répondre est plus court (voir fiche n° 4).

FICHE N° 4

VITESSE DE BALLE ET TEMPS DE PARCOURS.

Le but visé par le joueur est de mettre l'adversaire en difficulté pour cela il faut lui laisser le moins de temps possible pour répondre.

Un des aspects de ce problème réside dans la claire distinction entre vitesses de la balle et temps de parcours jusqu'à l'adversaire.

Il est clair qu'il faut frapper la balle aussi fort que possible pour que sa vitesse initiale soit la plus grande possible. Mais on a vu dans la fiche N° 3 que l'on avait intérêt à la faire le plus près possible du filet pour diminuer l'amortissement dû aux forces de frottement sur l'air. Ainsi la balle arrive avec une vitesse plus grande au rebond, mais elle y arrive aussi dans un temps plus court.

Exemples.

Position de la frappe	V. départ	V. rebond	temps au filet	temps au rebond
d = 0 cm h = 20 cm	50 km/h	32 km/h	132 ms	270 ms
d = 50 cm h = 20 cm	50 km/h	29 km/h	155 ms	305ms
d = 100 cm h = 20 cm	50 km/h	27 km/h	210 ms	380ms
d = 200 cm h = 20 cm	50 km/h	23 km/h	340 ms	550 ms

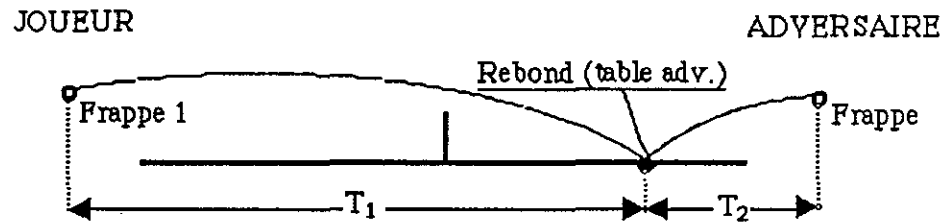
On peut aussi conclure que le temps de parcours de la frappe jusqu'au rebond s'allonge lorsqu'on s'éloigne. Il double pour une vitesse de 50 km/h au départ entre une frappe au bord de table et une frappe à 2 m de la table.

On remarquera que le trajet lui n'est pas doublé. Il passe de 2,74 m à 4,74 m. Ce temps de parcours avant le rebond constitue une partie seulement du temps d'échange. Il est contrôlé par le joueur qui frappe la balle. Le temps après le rebond est en partie contrôlé par l'adversaire (voir fiche n° 5).

FICHE N°5

TEMPS D'ÉCHANGE

Le temps d'échange est le temps qui sépare deux frappes. Nous le décomposerons en deux parties, le temps de parcours de la frappe jusqu'au rebond, et le temps de parcours du rebond à la frappe adverse (receveur).



$$\text{temps d'échange} = T_1 + T_2$$

Le temps T_1 est contrôlé par le joueur qui frappe

Il dispose pour cela de plusieurs paramètres :

la distance à la table
la hauteur de frappe
la vitesse initiale donnée à la balle
l'angle latéral de la vitesse donnée à la balle
les effets

fiche n° 1
fiche n° 1
fiche n° 4
fiche n° 6
fiche n° 7
fiche n° 8

Le temps T_2 est contrôlée en partie par le receveur. Pour cela il dispose d'un seul paramètre, c'est l'endroit où il va frapper à son tour la balle.

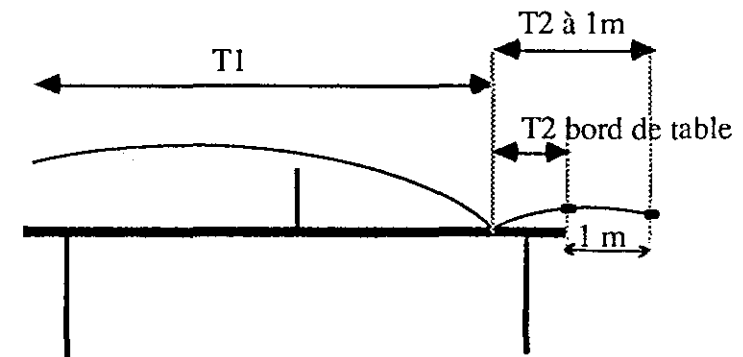
Le choix théorique du receveur s'étend du rebond de la table (Drop) au rebond par terre (ou au deuxième rebond sur la table).

En fait, pour des raisons évoquées dans la fiche n° 2, il a intérêt à prendre la balle à l'endroit où il y a la meilleure ouverture verticale.

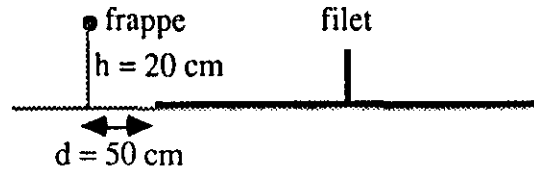
remarque : ce n'est pas forcément au sommet du rebond (voir fiche n° 9).

Le choix tactique du receveur consiste à se rapprocher du meilleur endroit tout en se laissant suffisamment de temps pour réaliser son coup.

Comme le meilleur endroit se situe en général avant le sommet du rebond, il s'agit donc de jouer chaque fois que le temps T_1 le permet, avant le sommet du rebond.

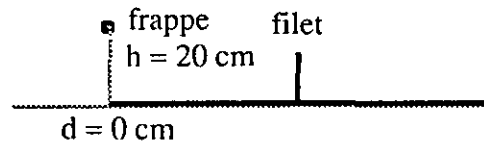


Exemple n°1 : Frappe située à 50 cm derrière la table et 20 cm au dessus du niveau de la table



vitesse km/h	T_1 ms rebond près du fond de table	(T_1+T_2) ms frappe Adversaire au dessus de la ligne de fond de table	(T_1+T_2) ms frappe Adversaire. 1 m derrière la table
35	420	440	700
45	340	350	540
56	270	275	430

Exemple n°2 : Frappe située en bord de la table et 20 cm au dessus du niveau de la table



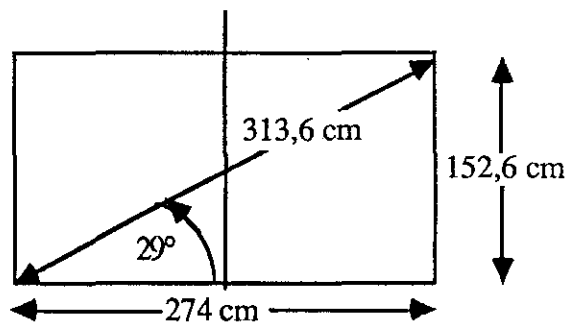
vitesse km/h	T_1 ms rebond près du fond de table	(T_1+T_2) ms frappe Adversaire au dessus de la ligne de fond de table	(T_1+T_2) ms frappe Adversaire. 1 m derrière la table
35	350	360	620
45	270	280	490
52	240	240	410

FICHE N° 6

ANGLE LATÉRAL ET TEMPS D'ÉCHANGE

Lorsque la balle est croisée, la distance de la frappe joueur jusqu'au rebond sur la 1/2 table adverse peut être augmentée au maximum.

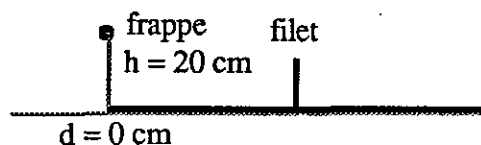
Cet allongement correspond à une diagonale soit un allongement de près de 15 %



Cet allongement en distance correspond aussi à un allongement du temps T_1 (voir fiche n° 5).

Exemple :

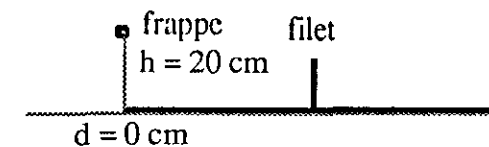
Frappe située en bord de la table et 20 cm au dessus du niveau de la table
décalage 76 cm



vitesses de départ	α	T_1 ms au rebond dans 1/2 table adverse	(T_1+T_2) ms frappe au-dessus de la ligne de fond de table	(T_2+T_2) ms frappe adverse 1 m derrière la ligne de départ
V 20 km/h	$\alpha_1 = 19$	430	830	
	$\alpha_2 = 45$	770	2ème rebond sur la table 1240	
V 30 km/h	$\alpha_1 = 16$	510	510	810
	$\alpha_2 = 45$	330	510	
V 40 km/h	$\alpha = 4,5$	310	310	540

Comparaison avec le tir dans l'axe

Frappe située en bord de la table et 20 cm au dessus du niveau de la table
décalage 0 cm



vitesses de départ	α	T_1 ms au rebond dans 1/2 table adverse	(T_1+T_2) ms frappe au-dessus de la ligne de fond de table	(T_2+T_2) ms frappe adverse 1 m derrière la ligne de départ
V 20 km/h	$\alpha_1=14,5$	380	680	
	$\alpha_2 = 45$	770	1000	
V 30 km/h	$\alpha_1=11,8$	410	410	730
	$\alpha_2= 5,5$	300	420	760
V 40 km/h	$\alpha = 7$	360	360	660

Les tirs en diagonale (croisés) sont plus longs en temps pour arriver au niveau de la ligne de fond de table.

A 20 km/h 200 ms de plus pour les tirs croisés
 A 30 km/h 100 ms de plus pour les tirs croisés
 A 40 km/h 50 ms de plus pour les tirs croisés

Ceci pour des tirs sans rotation. Avec des Top Spin la vitesse initiale de la balle peut être augmentée et alors la différence est encore diminuée. Par exemple:

A 80 km/h 25 ms de plus pour un top Spin croisé.

Top Spin dans l'axe de la table

vitesses de départ	α	T_1 ms au rebond dans 1/2 table adverse	(T_1+T_2) ms frappe au-dessus de la ligne de fond de table	(T_2+T_2) ms frappe adverse 1 m derrière la ligne de départ
80 km/h	3	160	160	270

Top Spin croisé

vitesses de départ	α	T_1 ms au rebond dans 1/2 table adverse	(T_1+T_2) ms frappe au-dessus de la ligne de fond de table	(T_2+T_2) ms frappe adverse 1 m derrière la ligne de départ
80 km/h	4,8	185	185	315

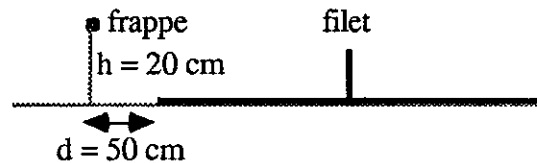
FICHE N° 7

EFFETS DE BALLE ET TEMPS D'ÉCHANGE

Les Top Spins ont pour effet de donner la possibilité d'augmenter la vitesse de départ donc le temps d'échange, les Back Spins imposent de jouer plus lentement.

Exemple n°1 : Echange dans l'axe.

La balle est frappée à 50 cm derrière la table et 20 cm au dessus du niveau de la table



	rotation tr/sec	Vitesse Min km./hkm./h	Vitesse Max
balle coupée	120	16	29
balle S effets	0	17,5	58
Top Spin	120	20,5	113

Les Vitesses Min et Max correspondent aux trajectoires limites définies dans la fiche N° 2.

La différence se manifeste donc surtout au niveau des vitesses maximales possibles. L'étendue des vitesses permises est liée à la nature des effets. Cela engendre des variations très importantes du temps T_1 (voir définition fiche N° 5).

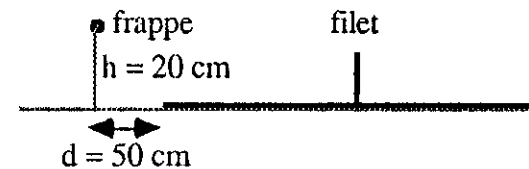
Si l'on considère seulement les vitesses maximales :

	T_1 ms tr/sec	Vitesse de départ km./h
balle coupée	520	29
balle S effets	270	58
Top Spin	135	113

Le Top Spin autorise des vitesses plus grandes.

Si maintenant on fait des comparaisons à vitesses égales, on constate un plus grand écart angulaire entre les deux trajectoires limites.

Exemple : La balle est frappée à 50 cm derrière la table et 20 cm au dessus du niveau de la table, $V=30$ km/h

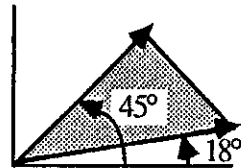


	rotation t/s	$\Delta\alpha$	valeurs angles limites
balle coupée	-120	0	$\alpha_1 = \alpha_2 = 0,35^\circ$
balle sans effet	0	8,5	$\alpha_1 = 17,5^\circ$ $\alpha_2 = 9^\circ$
Top Spin	120	27	$\alpha_1 = 45^\circ$ $\alpha_2 = 18^\circ$

A 30 km/h on n'a pas le choix de l'angle pour effectuer une balle coupée dans les conditions définies ci-dessus. En revanche on a une tolérance plus grande pour une balle frappée à plat (sans effet) et une très grande tolérance pour un top spin.

A vitesse égale le Top Spin est plus sur ; il permet plus d'erreur d'exécution sur l'angle de la vitesse au départ de la balle.

Angles possibles (TOP SPIN)



On remarque que les angles limites inférieurs vont croissant de la balle coupée (Back Spin) à la balle en Top Spin.

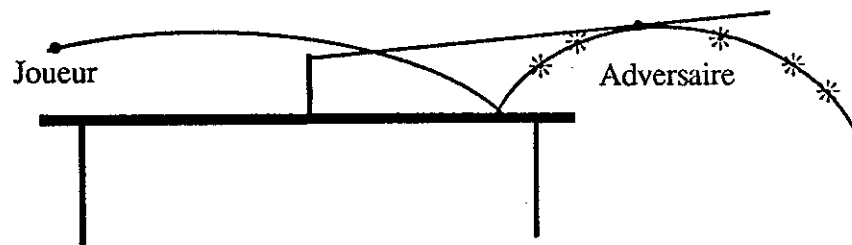
Pour une trajectoire correspondant à un effleurement du filet on a :

balle coupée (Back Spin)	$0,35^\circ$
balle sans effet	9°
Top Spin	18°

FICHE N° 8

POSITION DE L'OUVERTURE ANGULAIRE VERTICALE
MAXIMUM SUR LE REBOND

Compte tenu d'un coup produit par un joueur quelle est la position de la frappe qui rend l'ouverture angulaire maximum.

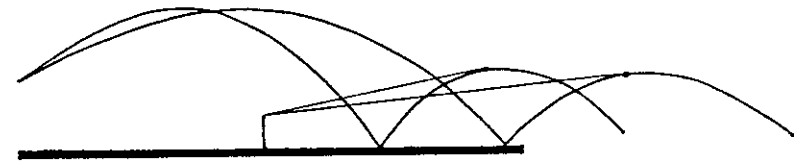


En se plaçant du point de vue de l'adversaire à quel endroit sur la trajectoire du rebond faut-il frapper la balle pour avoir la meilleure ouverture angulaire verticale .

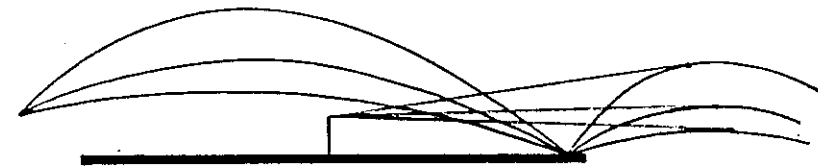
La réponse est donnée par le point de tangence de la droite issue du sommet du filet à la trajectoire du rebond.

Cet endroit ne coïncide que très rarement avec le sommet du rebond. Il dépend de la forme du rebond, de sa hauteur, qui dépendent de la nature des effets donnés par le joueur, de la vitesse initiale, de l'angle vertical de la vitesse.

Pour fermer l'angle d'ouverture vertical à l'adversaire, il faut faire des balles dont le rebond est le plus loin possible (le plus près possible de la ligne de fond de table adverse), et des balles les plus basses possibles. (voir fiche n° 10)



1) Le plus loin possible (même hauteur maximum)



2) Le plus bas possible (même longueur)

Pour une même longueur de balle, une balle coupée est plus basse qu'une balle sans rotation qui est elle même plus basse qu'un top spin.

FICHE N° 9

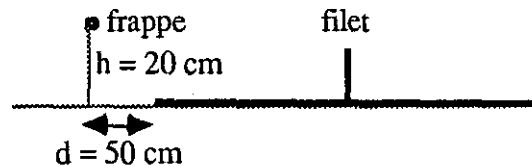
TEMPS DE PARCOURS (T_1) ET VITESSES INITIALES

Le temps de parcours est défini dans la fiche n° 4.

Il semble que sur les exemples analysés un temps de parcours inférieur à 200 ms correspond à un point obligatoirement gagné. L'adversaire n'est pas en mesure de reprendre la balle. Un temps de parcours de 300 ms met l'adversaire en très grande difficulté.

Nous donnons dans cette fiche des exemples de situations de départ de la balle qui correspondent à ces deux temps de parcours.

Exemple n°1 : Frappe située à 50 cm derrière la table et 20 cm au dessus du niveau de la table

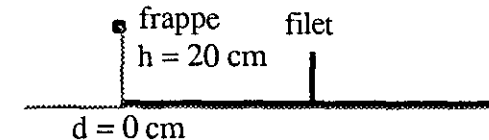


	rotation	vitesse initt	T_1 Rebond* le + court	T_1 Rebond* le + long
balle coupée	-120 tr/sec	Impossible		
balle S effets	0	50 km./h	290	300
Top Spin	120 tr/sec	50 km./h	230	300
	120 tr/sec	118 km./h	135	135

* Les rebonds courts et longs correspondent aux trajectoires limites définies en fiches n° 2.

Remarque : Il est impossible de faire une balle coupée suffisamment rapide pour avoir un temps T_1 inférieur à 300 ms. En revanche cela est possible avec une balle sans effet en se mettant au voisinage de la vitesse limite maximum. Avec un top spin cela est tout à fait faisable avec une marge importante de manœuvre pour la vitesse puisqu'on peut aller jusqu'à 118 km/h et faire ainsi descendre le temps T_1 à 135 ms.

Exemple n°2 : Frappe située en bord de la table et 20 cm au dessus du niveau de la table



	rotation	vitesse initt	T_1 Rebond* le + court	T_1 Rebond* le + long
balle coupée	-120 tr/sec	Impossible		
balle S effets	0	50 km./h	270	270
Top Spin	120 tr/sec	50 km./h	270	210
	120 tr/sec	99 km./hmax	140	140

FICHE N° 10

NOTION DE BALLE BASSE

La hauteur de la balle st définie par la hauteur du rebond.



h_r est la hauteur du sommet de la trajectoire après le rebond.
 Cette hauteur est liée à la hauteur h de la trajectoire avant le rebond (c'est l'endroit où la vitesse est horizontale).

Dans ce cas on a toujours $h_r = h e^2$
 e est un coefficient constant qui caractérise le rebond des balles sur la table.

Il vaut 0,79 soit $h_r = h \times 0,62$ $h_r = 62 \% \text{ de } h$.

En réalité le rebond est plus bas encore en raison de la force due à la résistance de l'air. Ceci est d'autant plus vrai que la balle est haute. (vitesses verticales + grandes).

Exemples.

Une balle dont le sommet de la trajectoire est à la hauteur du filet (situation optimale) a un rebond à :

Sommet de la trajectoire	Sommet du rebond	%
15,25 cm		62
30 cm		58
50 cm		56
100 cm		49

Ces résultats sont valables quelles que soient par ailleurs les vitesses horizontales c'est-à-dire la longueur du coup.

Exemple : un coup long et un coup court qui ont la même hauteur de trajectoire ont la même hauteur de rebond.

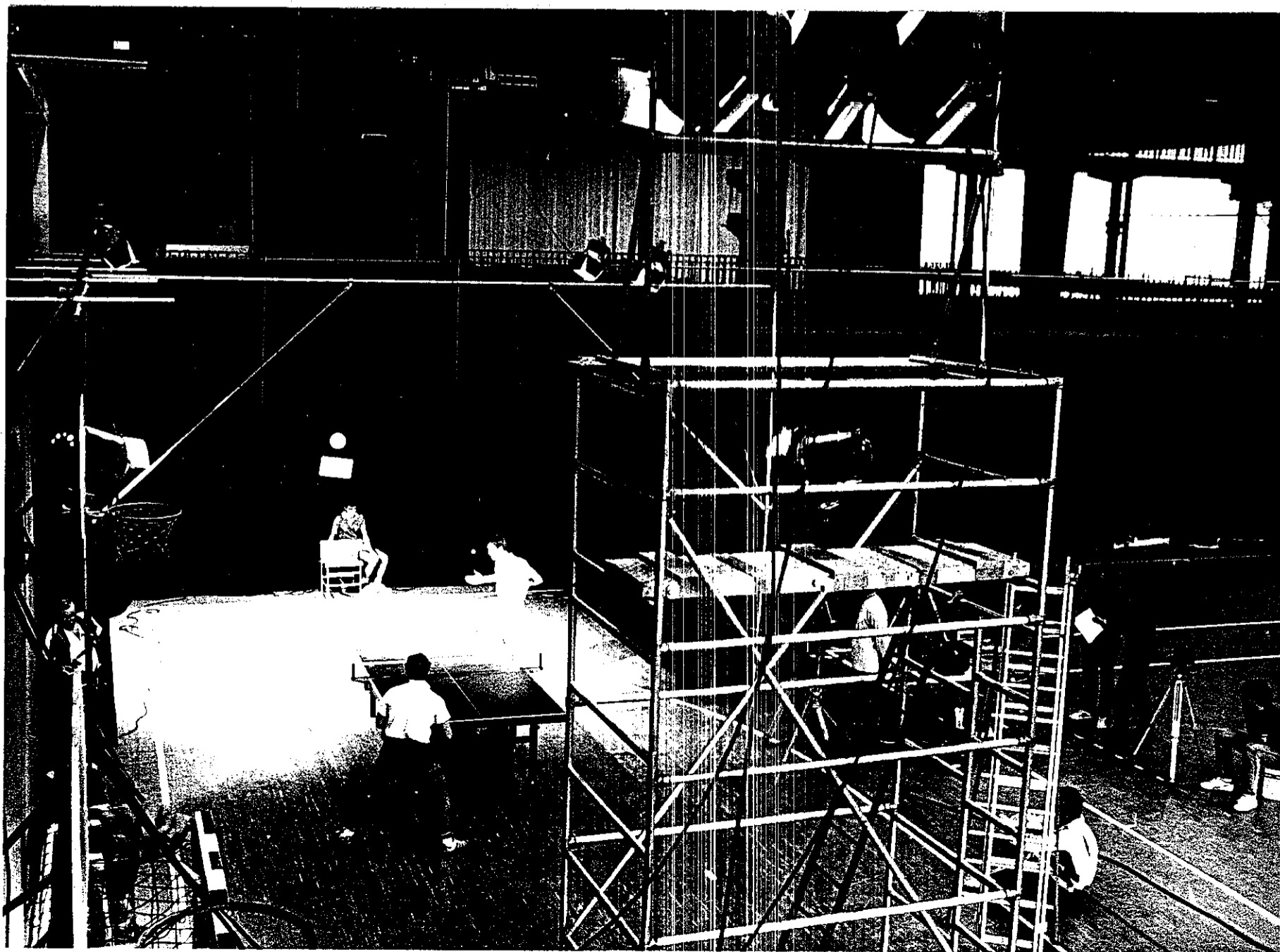


Ceci est encore valable lorsque la vitesse horizontale est nulle. C'est-à-dire lorsqu'on laisse tomber la balle sur la table.

En laissant tomber la balle de plusieurs hauteurs différentes on peut mesurer la hauteur du rebond correspondant.

hauteur de la trajectoire ou hauteur de chute (cm)	hauteur du rebond (cm)	%
h filet 15,25	9,45	62
30	17,4	58
50	28	56
100	49	49

E) DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL & TRAITEMENTS



E - DISPOSITIF EXPERIMENTAL & TRAITEMENTS

La prise d'information a été réalisée aux moyen de caméras cinéma rapides (100 images par seconde) et de caméra vidéo VHS.

L'analyse fine de la cinétique gestuelle a été faite à partir des images film (100 images seconde).

Plan de tournage

Matériel

- 3 caméras vidéo synchronisées et datées (2 suffisent si la caméra plafond couvre le champ 6 x 10)
- 2 caméras 16 mm 100 Im/Sec avec secteur variable exposition 1/1000 s.
- 2 chronos (compteurs de temps avec affichage).
- marquage des points du match (3 jeux)
- repère espace
- décamètre.

Position des caméras : 16 mm

- 1) axe optique orthogonaux
- 2) champ doit contenir
 - le joueur A quel que soit ses déplacements
 - les coins de la table T1 et T2
 - le compteur de temps
 - la marque des points

Position des caméras Vidéo

- caméra prise de vue d'ensemble (dessus)
- caméra couvrant le champ de l'adversaire
- caméra cadrant le filet

Prétournage

1) Repérer la place des caméras (x, y, z) VIDEO et film (hauteur, distances à la table).

2) Filmer les repères espaces dans le champ des caméras vidéo et film (déplacer ces repères).(Voir calibration)

a) caméra vidéo du dessus : quadriller l'espace de jeu (avec des scotchs tous les mètres par exemple).

b) pour les caméras cinéma, filmer les repères espaces perpendiculaire à l'axe optique (milieu de table). Mais aussi parallèle aux côtés de la table.

3) Synchroniser les caméras vidéo (Reset)

- puis filmer les compteurs (pour déterminer un décalage)

- vérifier que l'on voit la balle (rebonds, passage au filet sur la caméra de profil (vidéo 1).

Tournage

4 Hommes 4 Femmes

Si on compte un moyenne de 6 s par points

Si on veut 10 à 15 points par individus soit $15 \times 8 = 120$

points

Soit $120 \times 6 = 720$ s pour une caméra

Soit 1440 s pour les deux caméras.

Si une bobine de 120 m donne 200 s (22 mn 40) de prise de vue réelle à 100 Im/Sec.

Il faut $1440/200$ bobines de 120 m Soit 8 bobines de 120 m.

Le tournage se ferait au cours de 8 manches (sets) en 21

points.

4 manches (sets) Hommes. Les paires constituant les matchs.

4 manches (sets) Femmes (à définir)

Traitements

1- images cinéma

Un traitement informatisé conçu et réalisé par Alain DUREY et Philippe VARRIN permet à partir de deux prises de vue de reconstruire dans les trois dimensions de l'espace les positions et les déplacements des différents segments corporels. L'organisation spatio-temporelle de ces mouvements a été décrite. (Voir en fin de Partie E)

La lourdeur d'utilisation de cet outil nous a obligé à réduire nos observations à un seul joueur : Gatién. Les données exposées sont issues de deux sets Gatién rencontrant Zié Saiké et Gatién rencontrant Parietti..

2- images vidéo

Nous avons extrait de l'enregistrement vidéo-VHS (pris conjointement à l'enregistrement film) toutes informations concernant les mouvements de la balle. Cette opération a ainsi permis de référer les déplacements du joueur donnée issus de l'image film) à la circulation de la balle (donnée issus de l'image vidéo).

Logiciel d'aide à l'analyse tactique en tennis de table (Bruno REINE).

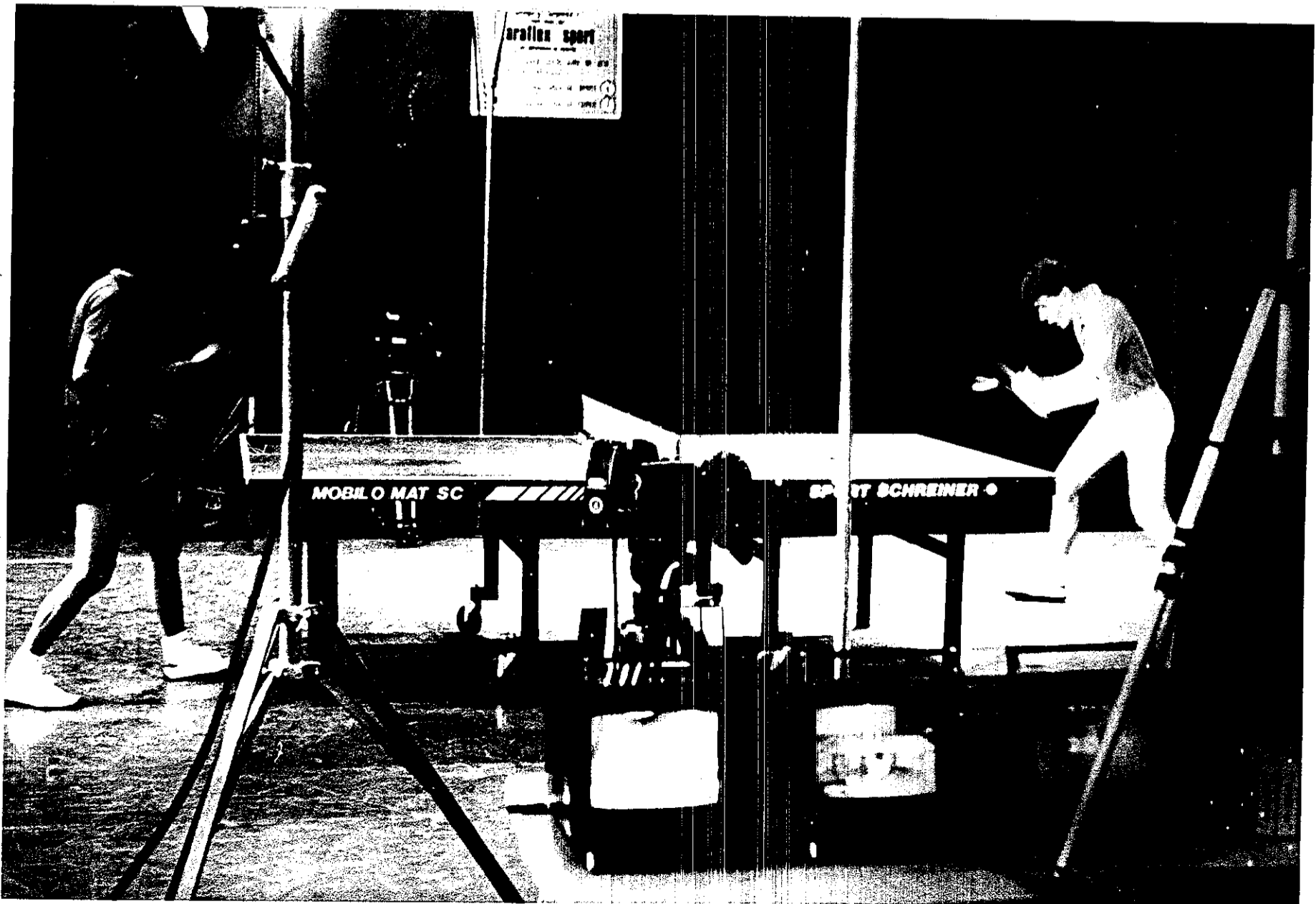
Objectif du logiciel.

Le logiciel donne une représentation à l'écran ou à l'imprimante des échanges au niveau spatial et au niveau temporel. L'enregistrement de ces informations permet un traitement automatique de certains paramètres comme la durée des échanges, la position des rebonds sur la table.

Enregistrement des données.

L'acquisition des données se fait à partir de deux vues vidéo, l'une générale qui permet l'enregistrement du déplacement des joueurs, l'autre permettant l'enregistrement des positions de la balle.

L'opérateur enregistre les données spatiales sur l'ordinateur à l'aide d'une représentation graphique dessinée à l'écran et d'une souris. Une liaison entre l'ordinateur et le magnétoscope donne le temps absolu associé à chaque événement spatial enregistré.



TRANSFORMATION

COORDONNÉES PLANES → COORDONNÉES 3D

PRINCIPE

Il s'agit de reconstruire mathématiquement un ensemble de coordonnées X, Y, Z (Silhouettes fil de fer) à partir de 2 séries de coordonnées planes issues de 2 prises de vues cinématographiques qui ont été digitalisées pour être traitées par l'informatique.

Le passage de 2 séries de coordonnées planes à la série de coordonnées spatiales s'opère par l'intermédiaire d'une série de calculs (programme de calibration), faisant intervenir 2 matrices de passage dites "matrices de transformation perspective".

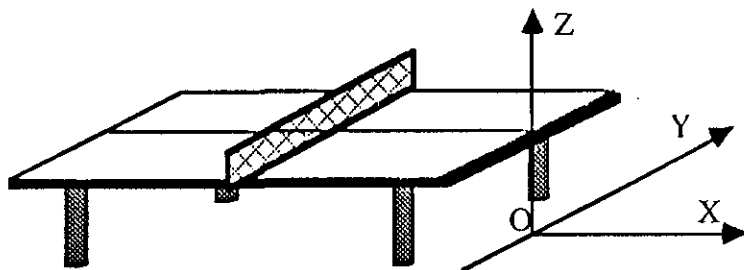
Ce travail a été rendu possible grâce à l'amabilité de Monsieur Toscani chercheur à l'INRIA.

Mise en œuvre

Elle comporte 2 phases :

Phase 1 : Calcul des 2 matrices de transformation

Phase 2 : Calcul des coordonnées 3D des points inconnus



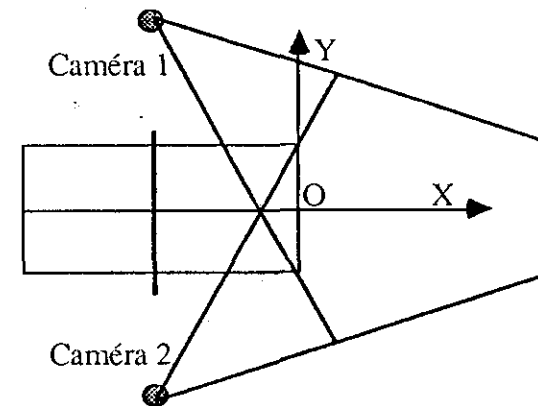
Phase 1 : Calcul des 2 matrices de transformation

Première étape

Elle consiste principalement à quadriller l'espace considéré dans le référentiel déterminé par rapport à la table (Voir figure) de manière à associer pour chaque point de l'espace, un point dans chaque prise de vue.

Le quadrillage d'un volume de 3m x 2m x 3m a été réalisé en déplaçant une marque (panneau gradué) dans le champ des deux caméras.

- en bord de table
- à 1 mètre du bord de table
- à 2 mètre du bord de table
- à 3 mètre du bord de table



Les 2 films obtenus étaient projetés sur une tablette à digitaliser qui permettait d'associer à un point de l'espace deux couples (x,y) de coordonnées planes définies dans un repère lié à la tablette.

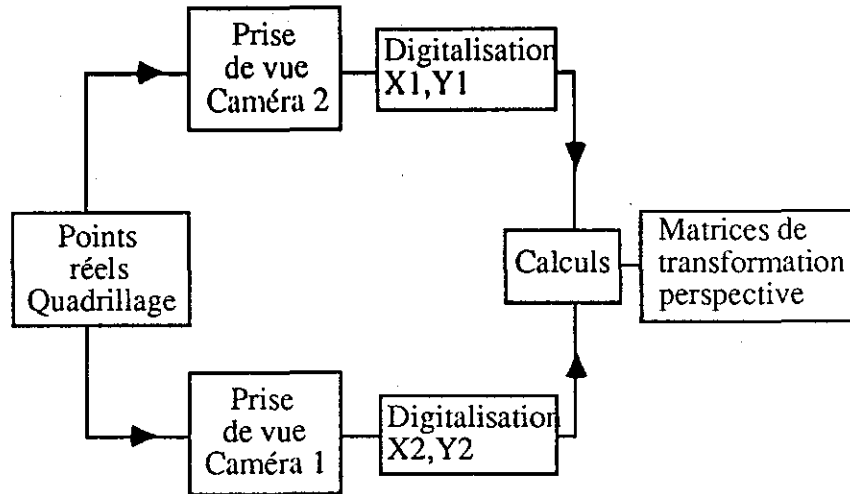
Deuxième étape

Elle consiste à entrer dans le programme de calibration trois séries de valeurs:

X, Y, Z de 81 points réels par rapport au repère 3D

X1, Y1 81 couples de données digitalisées provenant de la caméra 1

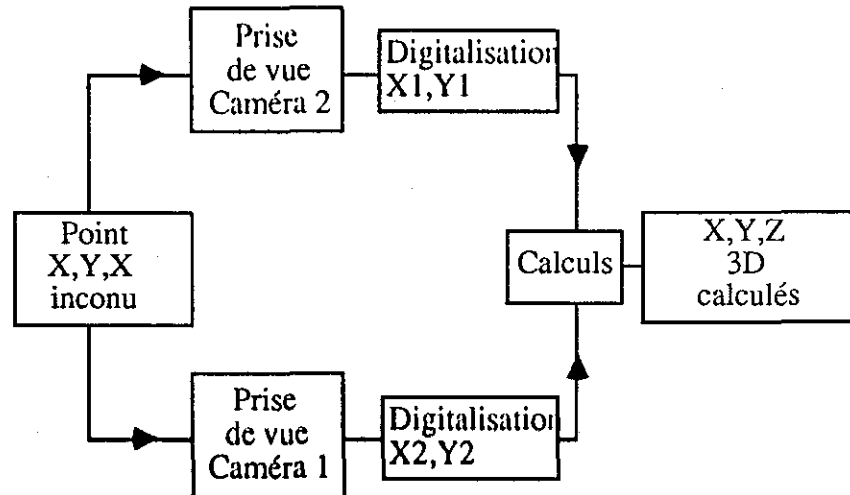
X2, Y2 81 couples de données digitalisées provenant de la caméra 2



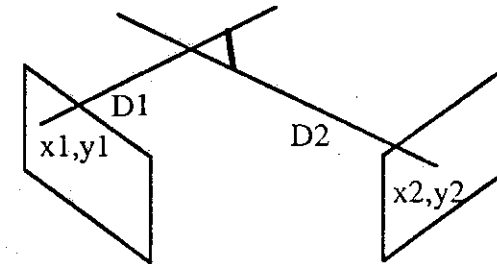
Le programme calcule les valeurs des matrices de transformation perspective.

Phase 2 : Calcul des coordonnées 3D des points inconnus

Calculer les valeurs X, Y, Z réelles d'un point quelconque de l'espace dont on ne connaît que 2 couples (X_1, Y_1) et (X_2, Y_2) de valeurs digitalisées.

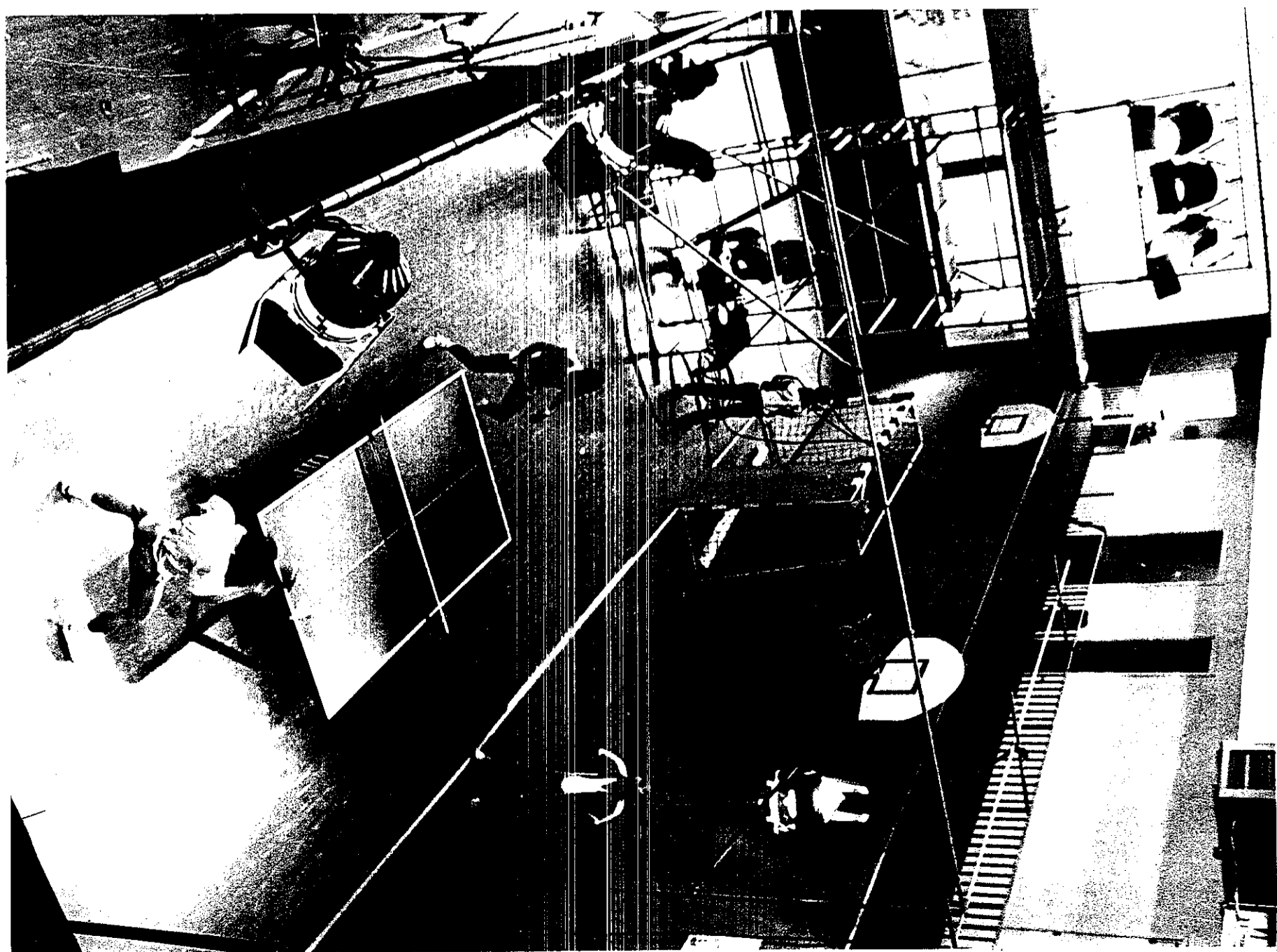


Le calcul de la première phase ne permet pas directement d'obtenir les coordonnées X, Y, Z . En fait les matrices perspectives calculées permettent, à partir des 2 couples de coordonnées (X_1, Y_1) et (X_2, Y_2) , de déterminer l'équation de 2 droites qui généralement ne se coupent pas. Cette deuxième phase consiste par une méthode de minimisation, à estimer le point qui rend le mieux compte de leur intersection.



Ceci a fait l'objet d'un deuxième programme de calcul où n'intervenait que les valeurs des 2 couples de coordonnées (X_1, Y_1) et (X_2, Y_2) et un module de calcul qui prenait en compte les valeurs des matrices perspectives données par le premier programme.

En définitive, il a été possible de recalculer les coordonnées 3D de chaque point (silhouette fil de fer) de chaque image de chaque séquence.



ANNEXES

ANNEXES
TABLEAUX DES COORDONNEES
DE LA TETE DE RAQUETTE ET DU BASSIN

POSITIONS DE LA TETE DE RAQUETTE DU JOUEUR
AU MOMENT DU SERVICE

Sur service joueur

GX3	GX4	GX5	GP4	GP5
23	29	37	33	42
70	114	95	91	105
83	91	89	91	89

Sur service adverse

GX1	GX2	GP1	GP2	GP3
37	42	33	44	62
29	29	8	18	9
96	85	96	94	80

POSITIONS DE LA TETE DE RAQUETTE DU JOUEUR
AU MOMENT DE LA FRAPPE

Sur service joueur

TSR1	TSR2	TSD1	TSD1	TSD1	TSD2	TSD1	TSD2
GX3	GX3	GX4	GP4	GP4	GP5	GX5	GX5
17	69	51	98	46	57	80	72
61	83	130	-103	-173	-62	-62	-23
103	119	129	99	119	69	100	122

Sur service adverse

TSD1	CAR2	CAR1	CAR2	TSD3	TSD1	TSD2	TSD3
GP2	GP2	GP3	GP3	GP3	GP1	GP1	GP1
33	82	27	58	54	11	92	116
-118	77	12	92	-116	-50	-28	-15
93	105	91	106	108	98	102	108

TSR4	BR1	TSR2	DHD3	CAD1	RS2	TSR3
GP1	GX2	GX2	GX2	GX1	GX1	GX1
68	-2	48	172	40	3	75
113	88	131	-135	-79	134	120
107	98	102	78	96	88	105

Sur service joueur

TSR1*	TSR2*	TSD1*	TSD1*	TSD2*	TSD1*	TSD1*	
I	P	G	I	GD	G	I	G
GX3	GX3	GX4	GX5	GX5	GP4	GP5	GP5
17	69	51	80	72	98	46	57
61	83	130	62	-23	-103	-173	-62
103	119	129	100	122	99	119	69

Sur service adverse

TSD1	CAR2	CAR1	CAR2	TSD3	TSD1	TSD2	TSD3
GP2	GP2	GP3	GP3	GP3	GP1	GP1	GP1
33	82	27	58	54	11	92	116
-118	77	12	92	-116	-50	-28	-15
93	105	91	106	108	98	102	108
I	G	I	I	GD	I	I	I

TSR4	BR1	TSR2	DHD3	CAD1	RS2	TSR3
GP1	GX2	GX2	GX2	GX1	GX1	GX1
68	-2	48	172	40	3	75
113	88	131	-135	-79	134	120
107	98	102	78	96	88	105
G	I	I	P	I	I	P

COORDONNES DU BASSIN

Sur service joueur (du service -> 1^{ère} frappe)

	1J	2J	3A	4A	5A	3J	4J	5J	
GX3 Service	17 127 81	22 126 86	28 122 89	42 75 81	53 63 85	71 41 73	85 45 73	80 54 81	TSR1*
GX4 Service	14 129 77	21 129 80	36 117 85	50 84 83	77 75 80	87 66 66	95 70 58	84 73 74	TSD1*
GX5 Service	21 134 82	25 134 85	35 124 86	47 96 84	56 86 85	70 79 73	85 77 68	95 36 78	TSD1*
GP4 Service	17 124 80	22 122 77	41 107 86	48 79 80	56 112 79	59 132 68	72 98 66	115 34 72	TSD1*
GP5 Service	17 124 75	18 124 77	29 114 83	42 105 89	73 55 77	78 55 70	89 43 65	98 -45 71	TSD1*

COORDONNES DU BASSIN

Sur service adversaire (du service -> 1^{ère} frappe)

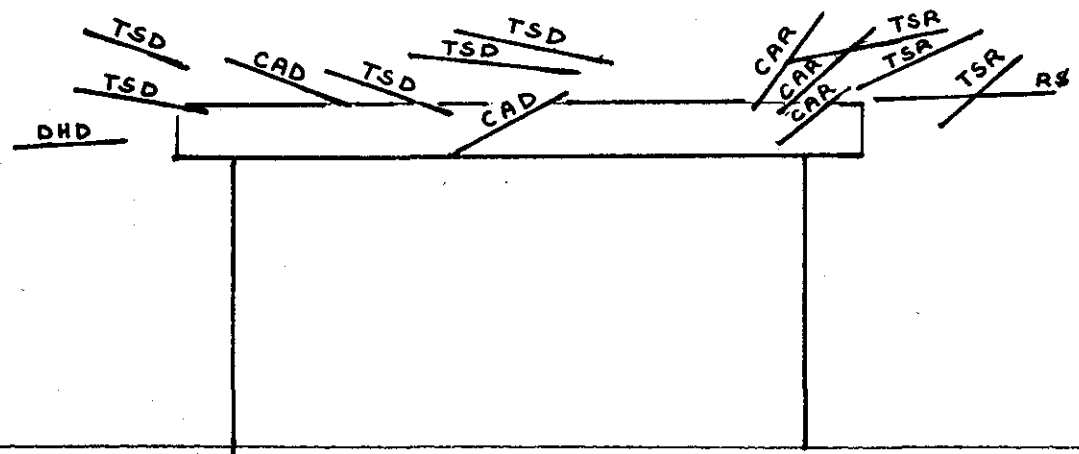
	1A	2A	3J	4J	5J	
GX1	73 79 84	70 79 84	65 73 82	65 59 70	70 46 74	CAD
GX2	76 83 85	66 79 82	55 75 77	55 85 72	54 93 79	BR1
GP1	72 54 84	60 58 86	40 55 81	36 72 70	29 59 73	TSD1
GP2	76 60 84	71 63 84	63 59 85	44 25 65	43 15 70	TSD1
GP3	99 45 86	93 46 85	86 41 80	69 36 71	71 16 69	CAR1

COORDONNES DU BASSIN

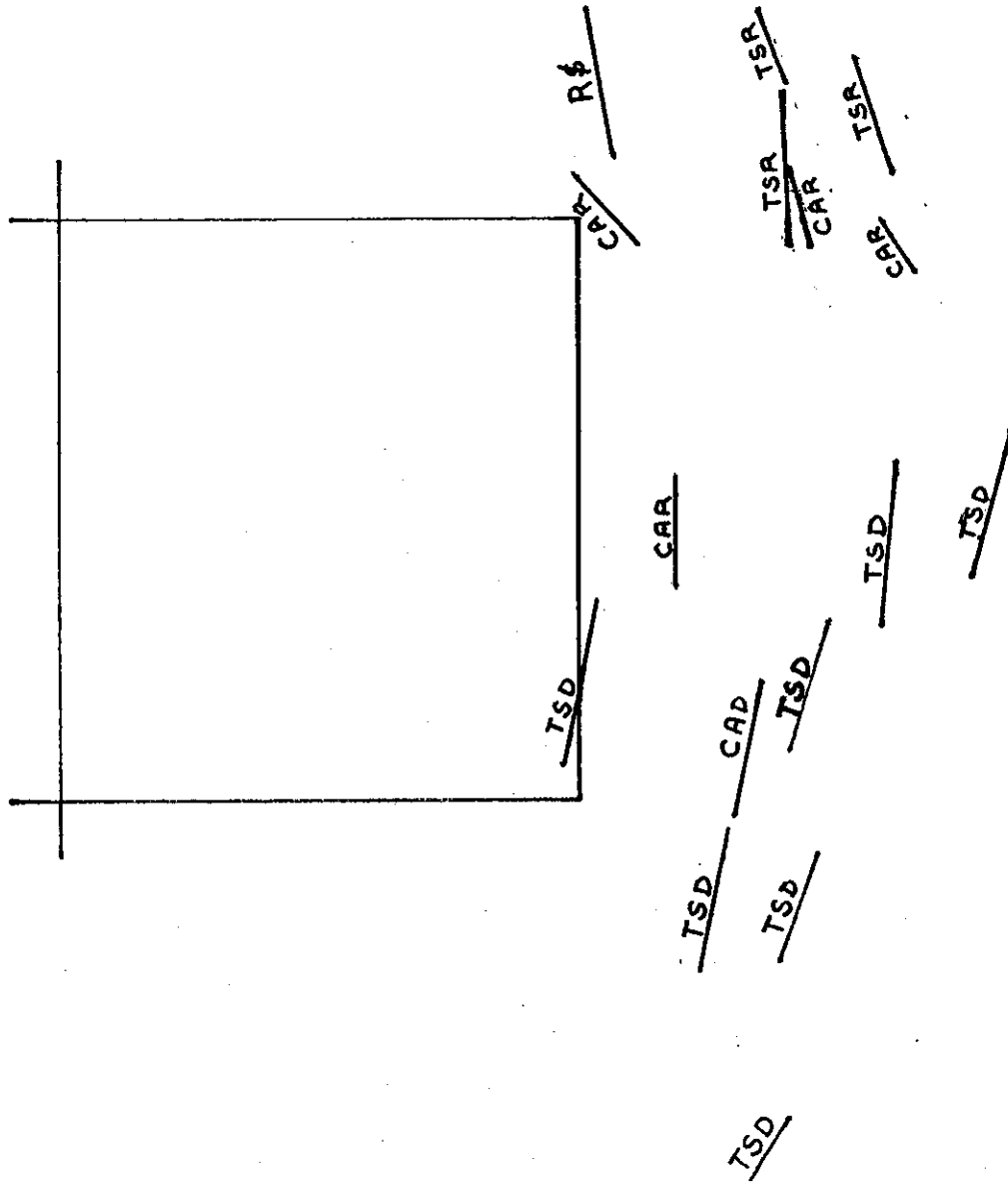
(de frappe -> frappe)

	5J	3A	4A	5A	3J	4J	5J	
GX3 TSD1*	80 54 81	89 67 90	88 78 84	90 83 85	99 84 69	121 62 78	123 65 94	TSR2*P
GX4 TSD1*	84 73 74	83 77 79	83 81 78					
GX5 TSD1*	95 36 78	96 11 82	9 2 80	110 9 82	11 27 77	113 28 73	97 61 72	TSD*G

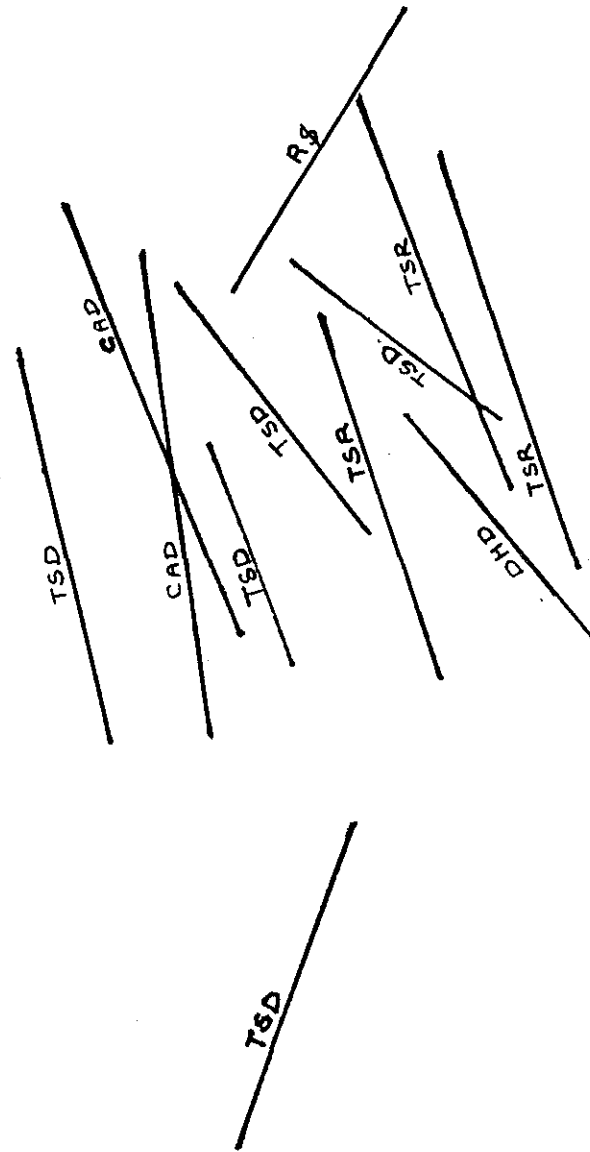
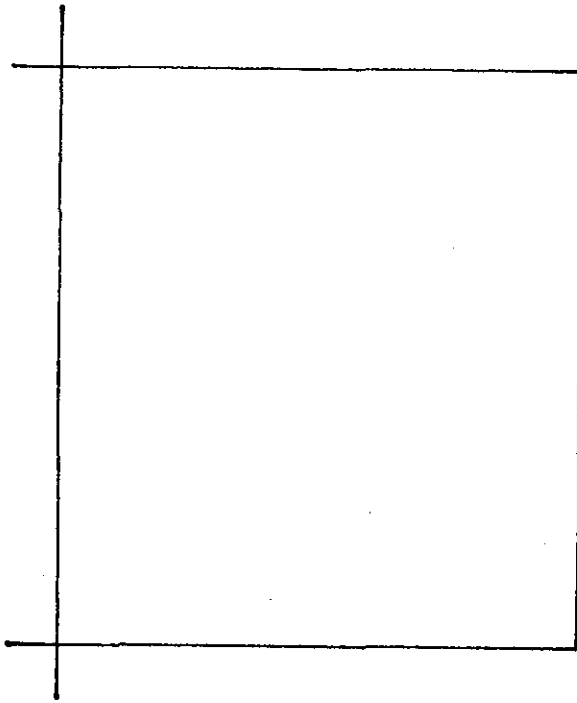
LA RAQUETTE
au moment des frappes
Gatien (vue de dos)



ANNEXE



LA RAQUETTE
 au moment des frappes
 Gatien (vue de dessus)



LIGNE DES PIEDS
au moment des frappes
Gatién (vue de dessus)