

22ème journée d'étude



28 février 1996

# Analyse multifactorielle d'indices de performance chez le cheval de galop à l'entraînement

J.P. Valette\*, Ph. Heiles\*\* and R. Wolter\*\*\*

avec la participation de F. Gibelin, G. Le Quan et Caroline Rose

\* INRA, E.A. Biomécanique du Cheval

Ecole Nationale Vétérinaire

7 avenue du Général-de-Gaulle, F-94704 Maisons-Alfort, France

\*\* Garde Republicaine, Régiment de cavalerie

Service vétérinaire, 18 boulevard Henri IV, F-75181 Paris, France

\*\*\* Unité de Nutrition, Ecole Nationale Vétérinaire

7 avenue du Général-de-Gaulle, F-94704 Maisons-Alfort, France

## Résumé

Le suivi régulier de la condition du cheval de course, trotteur ou galopeur nécessite de disposer d'un tableau de bord avec des indicateurs des fonctions cardiaque, énergétique et locomotrice. Le test d'effort consiste en 3 paliers de 3 minutes à environ 450, 600 et 750 m/mn. Le test est suivi d'une phase de récupération active de 10 mn, au petit trot puis au pas. Les relations entre la vitesse, la lactatémie et la fréquence cardiaque permettent de définir des paramètres d'aptitude sportive. Les données ont été traitées par l'analyse de variance et par l'analyse factorielle discriminante pour étudier l'effet de l'entraînement et apprécier la valeur de chaque cheval. Le score cardiaque est mieux corrélé avec V200 qu'avec V4. Cet indice doit être mesuré lors d'effort maximum avec une FC supérieure à 200 batt/mn et semble être un bon indicateur de l'aptitude à la vitesse.

Mots clés : test d'effort, indicateurs de l'état de forme, analyse discriminante, score d'efficacité

## Summary

The aim of this study was to measure exercise parameters in horses which had performed standardized exercise tests and to verify their use as predictive indexes of horse fitness. The test consisted of a warm-up followed by three 3 min-steps cantering and galloping. The test was followed by a recovery period. The heart rate (HR) was recorded during the entire test and blood samples were taken for the measurement of lactate concentrations (LA). Exercise parameters were defined by the relationship between LA, HR and velocity. The efficiency score (SC) and the cardiac recovery index (IRC) seem to be good indicators of potential speed.

Key words : exercise test, fitness indicators, discriminant analysis, efficiency score

## INTRODUCTION

Les données physiologiques sur les fonctions cardio-vasculaire, respiratoire, locomotrice et énergétique des chevaux pur-sang sont maintenant bien maîtrisées grâce à l'utilisation du tapis roulant. Il est toutefois difficile de transposer ces protocoles sur le terrain bien que réalisé avec des trotteurs (Démonceau et Auvinet, 1992 ; Dubreucq et *al.*, 1995), des chevaux de CCE (Galloux, 1991)) et des galopeurs (Lindner and Von Wittke, 1993).

Les tests d'effort, bien standardisés chez le trotteur, avec un suivi de la fréquence cardiaque, de la lactatémie et de la fréquence des foulées, apportent des indications indispensables sur ces différentes fonctions et permettent de planifier le programme d'entraînement en fonction des potentialités du cheval.

Le but de ce rapport est de mesurer des indices d'aptitude sportive chez des galopeurs soumis à une série de tests d'effort de terrain sur une période de 3 mois, dans le cadre de leur entraînement, d'étudier leur corrélation et de vérifier leur caractère prédictif de la forme du cheval.

## ANIMAUX, MATERIEL ET METHODES

### Animaux

8 chevaux de steeple-chase de l'écurie de course de la Garde Républicaine, quartier Goupil à St Germain, âgés de 5 à 8 ans, reçoivent une nourriture équilibrée et sont normalement entraînés pour participer aux épreuves militaires et open.

### Test d'aptitude sportive

Les chevaux sont soumis à des tests d'effort sur le terrain d'entraînement habituel avec une ligne droite de 1800 mètres. Ces 5 tests, à quinze jours d'intervalle, entre novembre et février, se sont déroulés dans des conditions climatiques homogènes, par temps frais mais sec, sans période de gel. Ils s'intègrent parfaitement dans le cadre de l'entraînement préparatoire aux courses et permettent d'apprécier la condition physique des chevaux et leur progression.

Le test d'effort consiste en un échauffement de 30 minutes entre le quartier et la piste au pas puis au petit trot (250 m/mn), puis en 3 paliers de 3 minutes à environ 450, 600 et 750 m/mn sur des distances fixes de 1350, 1800 et 2250 mètres. Les vitesses exactes sont vérifiées à l'aide d'un chronomètre. Le test est suivi d'une phase de récupération active de 10 mn au petit trot puis de 5 mn au pas.

### Mesures

La fréquence cardiaque est enregistrée en continu au moyen d'un cardiofréquence-mètre (Baumann BHL 5000) constitué d'une ceinture à électrodes et d'un boîtier enregistreur. Les données sont traitées par le logiciel Fitsoft Equus (Baumann et Haldi).

Un prélèvement de sang jugulaire sur fluorure-oxalate est effectué après l'échauffement à chacun des trois paliers de vitesse et lors de la récupération active, pour la mesure de l'hématocrite et le dosage de l'acide lactique après déprotéinisation au 1/3 dans HClO<sub>4</sub> 0,6N.

Les concentrations plasmatiques en enzymes témoins de la fragilité musculaire, l'AST et la CPK, sont mesurées au repos, après la phase de récupération et le lendemain.

### Définition des indices de performance

Il existe une relation linéaire entre la vitesse et la fréquence cardiaque telle que  $FC = pFC \cdot \text{Vitesse} + Cte$ . Elle permet de définir les indices suivants :

**pFC** : pente de la droite, elle doit être faible si le système cardio-vasculaire est bien entraîné.

**V200** : vitesse induisant une FC de 200 batt/mn.

**FCseuil** : FC à la vitesse seuil.

**IRCard** : indice de récupération cardiaque, il est égal à la FC moyenne du dernier palier divisée par la FC après 1 mn de repos (Valette et Sablon, 1992) et traduit l'aptitude à supporter des efforts répétés.

**SC** : le score cardiaque ou, mieux nommé, le score d'efficacité (Ivers, 1989), est égal à la vitesse moyenne divisée par la FC moyenne, au dernier palier, et augmente avec l'aptitude à la vitesse.

La vitesse et la lactatémie sont aussi corrélées, selon l'équation suivante :  $LA = \exp(Acurv \cdot Vitesse + b) + Cte$  (Demonceau et al., 1991, Valette et al., 1991). Cette équation permet de définir les indices suivants :

**Acurv** : coefficient de curvilinearité, il doit être faible pour l'aptitude à la vitesse.

**V4** : vitesse produisant une lactatémie de 4 mmol/l.

**Vseuil** : vitesse seuil d'accumulation du lactate.

**LAsueil** ; lactatémie d'accumulation (différente du seuil traditionnel à 4 mmol/l), l'entraînement anaérobie tend à l'élever.

**IRLact** : indice de récupération lactique, il est égal à la lactatémie du dernier palier divisé par la lactatémie après les 10 mn de récupération active et traduit l'aptitude à supporter des efforts répétés.

**SL** : le score lactique au dernier palier est égal à la vitesse moyenne divisée par la lactatémie et augmente avec l'aptitude à la vitesse.

**HTeff** : l'hématocrite au dernier palier d'effort traduit la capacité de transport de l'oxygène.

Acurv, Vseuil et LAsueil pourraient être des indicateurs du seuil d'accumulation du lactate (OBLA, Valette et al., 1989).

## Analyse statistique

Afin d'étudier l'amélioration de l'aptitude sportive des chevaux durant la période d'entraînement, les données sont classées dans 5 groupes définis (8 mesures par variable dans chacun des 5 tests). Les données sont traitées par l'analyse factorielle discriminante (AFD), méthode statistique qui tente d'expliquer une variable qualitative (le test) en prenant en compte toute l'information apportée par les 12 variables quantitatives (Valette et al., 1992). Cette méthode statistique compare les 5 groupes en définissant, par une combinaison linéaire des variables, de nouvelles variables non corrélées (1ère, 2ème et 3ème composantes). Près de la périphérie, plus les paramètres sont proches, mieux ils sont corrélés. Les paramètres ou les groupes situés près de l'intersection des axes ne sont pas bien expliqués par les composantes concernées, seuls ceux situés à la périphérie sont bien expliqués par ces composantes (ou ces axes).

Cette analyse calcule aussi le pourcentage de résultats bien classés par rapport à leur groupe d'origine, les coefficients de corrélation entre les variables et une analyse de variance à 1 facteur.

## RESULTATS

Tous les chevaux ont effectué les tests sans signe de fatigue extrême et les concentrations plasmatiques de CK et AST restent dans les normes.

Les tableaux 1 et 2 indiquent les moyennes obtenues respectivement sur les 5 tests et sur les 8 chevaux. Les 5 tests semblent homogènes car seule la variable HTeff est significativement différente entre les tests, par contre les 8 chevaux sont très différents. Les chevaux finissent les tests avec une FC moyenne de 212 m/mn et une lactatémie moyenne de 9,2 mmol/l. La valeur moyenne pour V200 est de 719 m/mn soit presque 12 m/s, la V4 moyenne est de 674 m/mn (11,2 m/s).

Le tableau 3 montre les fortes corrélations, positives entre V200 et SC (0,91) ainsi qu'entre V4 et Vseuil (0,94), qui donnent des informations similaires sur l'état de forme du cheval. On observe une corrélation négative entre les indicateurs du seuil d'accumulation LAsueil et Acurv (-0,79). On n'observe pas de corrélation ni entre V200 et V4, ni entre SC et IRCard.

Les figures I et II indiquent les centres de gravités relatifs des 5 tests et des 8 chevaux sur les axes 1 et 2 de l'AFD.

## DISCUSSION

### AFD test

Les composantes ou axes 1 et 2 de l'AFD expliquent respectivement 64,3 et 17,3% de la variance totale. La situation graphique du test 1, près de l'intersection des axes 1 et 2, indique que les chevaux manquaient de préparation foncière au début du protocole. La position des tests 2, 3 et 4 montre la progression des aptitudes aérobies, par l'amélioration de V4 et Vseuil, puis de la capacité de transport de l'oxygène (HTeff). On note, en fin de protocole (test 5), une amélioration des paramètres cardiaques V200, IRCard et SC ainsi qu'une baisse des valeurs VA et Vseuil. Le test 5 se caractérise aussi par une LAsueil augmentée et par une valeur Acurv diminuée, paramètres témoins d'une amélioration du potentiel anaérobie (Valette et al., 1989).

Tableau 1 : Indices de performance sur les 5 tests pour les 8 chevaux

Table 1 : Exercise parameters obtained after 5 standardized tests

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Moyenne Mean	F 4 et 35 ddl	Probabilité de différence entre les tests %
V200 (m/mn)	714	722	702	721	734	719	0,20	ns
	41	73	103	59	59	71		
pFC	21,45	25,55	19,15	16,30	19,75	20,45	1,65	ns
	5,10	5,85	11,80	4,40	5,65	7,70		
FCseuil (batt/mn)	185	186	189	187	182	186	0,45	ns
	5	15	14	4	7	11		
SC	3,50	3,57	3,50	3,57	3,66	3,56	0,55	ns
	0,21	0,30	0,30	0,18	0,19	0,25		
IRCard	1,71	1,65	1,60	1,60	1,68	1,65	1,20	ns
	0,13	0,16	0,10	0,07	0,12	0,13		
SL	87,3	97,8	114,9	110,6	85,4	99,2	2,6	ns
	32,1	18,1	19,6	12,0	24,1	25,2		
IRLact	1,35	1,36	1,86	1,33	1,69	1,52	2,00	ns
	0,61	0,18	0,47	0,42	0,49	0,50		
V4 (m/mn)	674	706	666	672	650	674	1,95	ns
	36	18	55	26	47	43		
Vseuil (m/mn)	638	668	636	631	625	640	1,25	ns
	35	12	62	25	39	41		
Acurv	1,15	1,94	1,71	1,49	1,09	1,48	2,55	ns
	0,28	0,61	0,85	0,67	0,41	0,68		
LAseuil (mmol/l)	2,88	2,48	2,92	2,57	3,17	2,80	1,75	ns
	0,31	0,47	0,63	0,56	0,72	0,61		
HTeff (%)	50,65	52,40	56,50	54,65	52,70	53,40	4,40	0,60
	5,05	2,75	3,20	2,00	1,85	3,50		

ns : non significatif; 1ère ligne: moyennes; 2ème ligne : écarts-types

ns : non significant; first line : means; second line : SD

ddl : degré de liberté

Tableau 2 : Indices de performance pour les 8 chevaux sur les 5 tests

Table 2 : Exercise parameters obtained on the 8 horses

	1	2	3	4	5	6	7	8	F 7 et 32 ddl
V200 (m/mn)	716	783	721	696	670	843	666	654	12,30
	7	29	13	14	57	66	36	29	
pFC	23,45	17,40	19,00	22,35	18,55	10,90	27,90	24,00	2,95
	8,60	5,85	3,25	5,35	5,55	3,80	8,70	4,50	
FCseuil (batt/mn)	190	177	187	188	195	180	180	189	1,80
	3	14	4	4	12	5	13	8	
SC	3,56	3,87	3,57	3,50	3,50	3,87	3,33	3,29	8,30
	0,05	0,11	0,10	0,08	0,14	0,24	0,19	0,18	
IRCard	1,84	1,71	1,70	1,59	1,65	1,58	1,61	1,50	6,00
	0,08	0,15	0,05	0,04	0,04	0,04	0,13	0,06	
SL	121,9	120,0	113,5	106,5	82,8	83,0	87,8	78,0	3,80
	9,3	6,0	8,4	24,6	19,4	16,8	25,5	25,8	
IRLact	1,81	1,68	2,01	1,48	1,47	1,12	1,23	1,33	2,10
	0,49	0,54	0,59	0,13	0,62	0,25	0,17	0,15	
V4 (m/mn)	690	714	697	665	690	671	629	634	3,50
	29	13	30	32	25	41	43	34	
Vseuil (m/mn)	665	675	654	638	645	641	594	605	3,10
	31	11	31	22	27	30	47	41	
Acurv	1,36	1,75	1,52	1,48	2,03	1,52	.93	1,20	1,20
	0,60	0,64	0,24	0,87	0,81	0,55	0,32	0,55	
LAseuil (mmol/l)	3,05	2,65	2,48	2,97	2,22	2,99	2,95	3,11	1,40
	0,85	0,40	0,35	0,74	0,22	0,50	0,51	0,41	
HTeff (%)	54,10	55,10	51,75	56,20	54,70	54,40	51,05	49,85	2,45
	3,25	0,20	2,35	3,60	1,65	4,30	2,40	2,95	

ddl : degré de liberté

Tableau 3 : Coefficients de corrélation entre les indices (38 ddl) *degré de liberté*

Table 3 : Correlation coefficient between exercise parameters (38df) *degree of freedom*

Ik+=6\*

	V200	pFC	FCseuil	SC	IRCard	SL	FC/Lact	V4	Acurv
pFC	-0,58 <sup>***</sup>								
FCseuil	-0,41 <sup>**</sup>								
SC	0,91 <sup>***</sup>	-0,61 <sup>***</sup>	-0,36 <sup>*</sup>						
SL					0,34 <sup>*</sup>				
IRLact						0,43 <sup>***</sup>	0,43 <sup>***</sup>		
V4			0,33 <sup>*</sup>	0,42 <sup>**</sup>	0,36 <sup>*</sup>	0,57 <sup>***</sup>	0,45 <sup>***</sup>		
Vseuil	0,33 <sup>*</sup>		0,40 <sup>**</sup>	0,47 <sup>***</sup>	0,39 <sup>**</sup>	0,59 <sup>***</sup>	0,46 <sup>***</sup>	0,94 <sup>***</sup>	
Laseuil								-0,34 <sup>*</sup>	-0,79 <sup>***</sup>
HTeff		-0,33 <sup>*</sup>		0,42 <sup>**</sup>		0,42 <sup>**</sup>	0,33 <sup>*</sup>		

\* p<0,05

\*\* p<0,01

\*\*\* p<0,001

Figure I : Représentation graphique de l'AFD test

Figure I : Location of the centres of gravity of the 5 tests

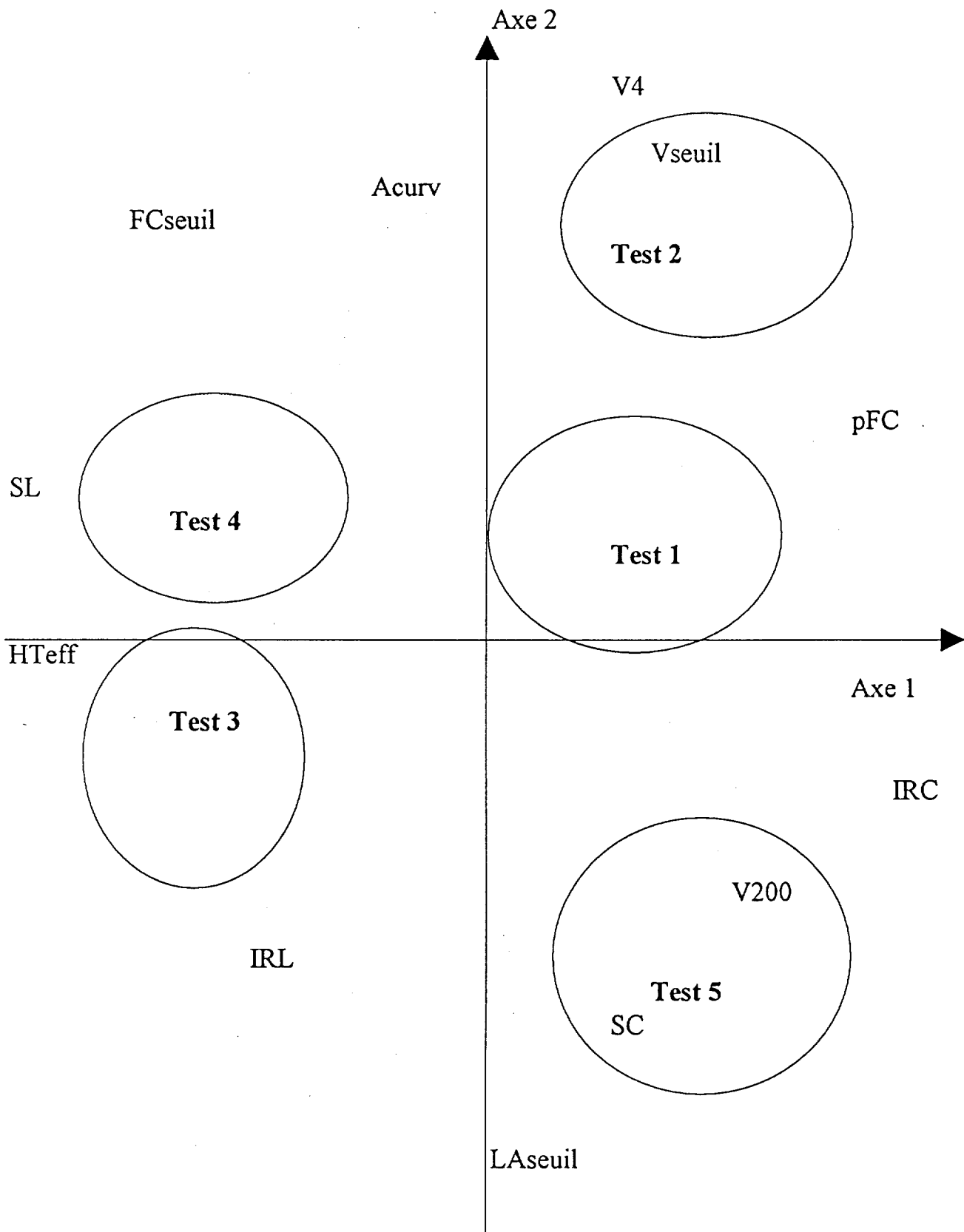
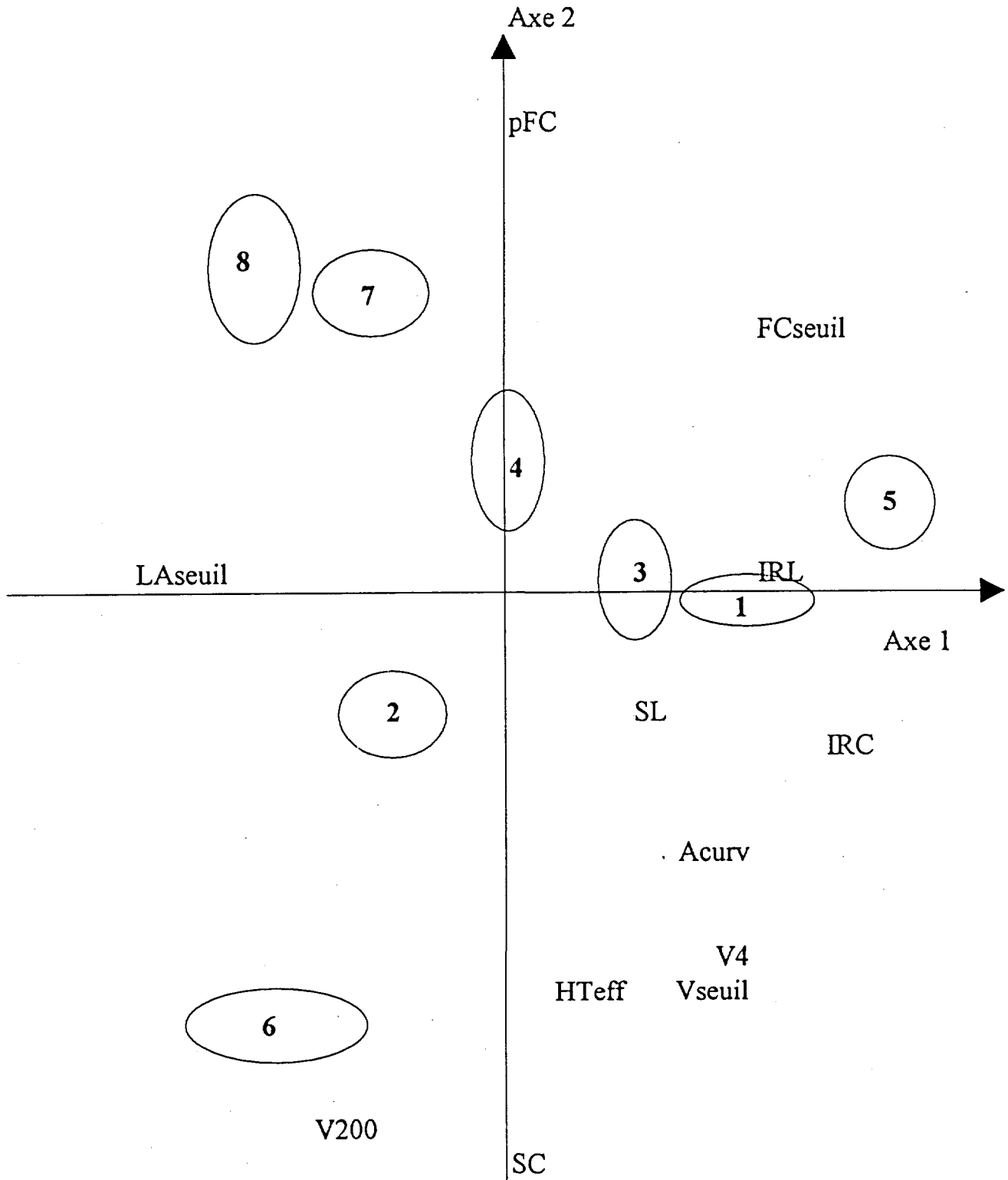


Figure II : Représentation graphique de l'AFD cheval  
 Figure II : Location of the centres of gravity of the 8 horses





Le pourcentage de profils de chevaux bien classés par rapport à leur groupe d'appartenance est de 95%, seul 2 sur 40 ne correspondent pas à la moyenne de leur groupe d'origine.

#### **AFD cheval**

Il en ressort essentiellement que les chevaux 1, 3, 4 et 5 ont des aptitudes sportives similaires, que le cheval 6 et, à un degré moindre le 2, présentent de meilleures aptitudes cardiaques (V200 et SC plus élevées, pFC plus basse) et que les chevaux 7 et 8 ont un manque de préparation foncière (V4 et Vseuil et HTeffplus bas) par rapport aux autres.

#### **CONCLUSION**

L'effectif réduit des galopeurs de notre étude, spécialisé en steeple-chase, a des indices traditionnels un peu supérieurs à ceux trouvés chez le trotteur dans des conditions de terrain similaires : 675 contre 610 pour V4 et 720 contre 640 pour V200 (Dubreucq et al., 1995). Ces différences peuvent être expliquées par le coût énergétique moindre du galop ; pour une même vitesse, la lactatémie est plus basse et la réserve cardiaque plus élevée. Le score d'efficacité est bien corrélé à V200, indicateur du potentiel anaérobie. SC et l'indice de récupération cardiaque sont faciles à mesurer pendant une séance d'entraînement quand la fréquence cardiaque est mesurée mais que des échantillons de sang ne sont pas toujours disponibles (Couroucé et Auvinet, 1993). Ils ne sont pas corrélés et apportent donc des informations complémentaires. Ils semblent être de bons indicateurs de la vitesse potentielle et de l'aptitude à supporter des efforts répétés quand ils sont mesurés à des vitesses induisant une FC supérieure à 200 batt/mn.

#### **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Couroucé A. and Auvinet B. (1993) Intérêt de la détermination du score cardiaque dans l'entraînement du cheval trotteur. *EquAthlon*, 5, 3-8.
- Demonceau T., Valette J.P., Wolter R., Barrey E., Galloux P. and Auvinet B. (1991) Modélisation de la relation lactate-vitesse chez le cheval de sport en fonction de la spécificité de l'entraînement. In : CR 17ème journée d'étude CEREOPA. pp 99-107.
- Demonceau T and Auvinet B. (1992) Test d'effort de terrain pour trotteurs à l'entraînement : réalisation pratique et premiers résultats. In : CR 18ème journée d'étude CEREOPA. pp 120-132.
- Dubreucq C., Chatard J.C., Couroucé A. and Auvinet B. (1995) Reproducibility of a standardized exercise test for Standardbred trotters under field conditions. *Equine Vet. J. Suppl.* 18,108-112.
- Galloux P. (1991) Contribution à l'élaboration de la planification de la préparation énergétique du cheval de concours complet. Thèse doctorale, Université de Poitiers, 469 pages.
- Ivers T., 1989. The joy of culling. *Equine Sportsmedicine News*, 8(7), 110-111.
- Lindner A and Von Wittke P. (1993) Standardization of exercise tests under field conditions to evaluate physiological adaptations to training. In : Proc Ass Equine Sports Med. Fallbrook, California. p 43.
- Valette J.P., Barrey E., Garbasi C. and Wolter R. (1989) Estimation du seuil anaérobie chez le poney. *Ann. Zootech.* 38, 229-236.
- Valette J.P., Barrey E. and Wolter R. (1991) Multivariate analysis of exercise parameters measured during an incremental treadmill test. In : *Equine Exercise Physiology 3*. Eds : S.G.B. Persson, A. Lindholm and L.B. Jeffcott. ICEEP publications, Davis, California. pp 337-342.
- Valette J.P., Barrey E., Auvinet B., Galloux P. and Wolter R. (1992) Comparison of track and treadmill tests in saddle horses : a preliminary report. *Ann. Zootech.* 41,129-135.
- Valette J.P. and Sablon D, 1992. Test de détection de l'aptitude physique chez le jeune pur-sang arabe de course. *EquAthlon*, 4, 7-9.