

M3.2
AJ.
130
HOF
DOCUMENTATION
GÉNÉRALISTE

M. Laurent et P. Therme (Eds.)
Recherches en A.P.S. 2, 1987

QUELLES INFORMATIONS VISUELLES SONT UTILISÉES PAR LE CAVALIER A L'ABORD DE L'OBSTACLE EN ÉQUITATION ?

Michel Laurent*, Rémi Dinh Phung* et Hubert Ripoll**

* Centre de Recherche de l'UEREPS de Marseille
Case 910, 13288 Marseille Cédex 9

** Laboratoire de Neurosciences du Sport, I.N.S.E.P.
11 avenue du Tremblay, 75012 Paris

Abstract: *The aim of the present study was to assess the use of visual information by horse-riders approaching an obstacle to be jumped. Two experiments are described: the first involved decreasing peripheral visual information during the obstacle approach phase, and the second consisted of analysing the visual exploratory strategies observed in subjects performing this part of the jumping sequence, in which vision plays a leading role. It was attempted to elucidate two main questions: does a horseman's assessment of his distance from an obstacle depend on his visual perception of the speed? And what visual exploratory strategies - and more generally, what oculo-cephalic co-ordination - did the subjects use and did these strategies vary depending on the characteristics of the obstacle? The results show that the visual modality plays only a negligible part in a rider's control of his horse's locomotion; whereas temporal factors such as the horse's gait and the time-to-contact (TC) with the obstacle were found to play an important, and possibly decisive role in this kind of activity involving severe spatio-temporal constraints. The visual exploratory strategies used were not found to differ significantly with changes in the obstacle characteristics. The riders focused their gaze centrally towards the top of the obstacle and kept their heads in a fixed position. These patterns are compatible with the possibility that the rider's visual information processing may have been based on the retinal expansion rate of the obstacle, from which they may have deduced the TC.*

Mots clés : information visuelle, régulation de la foulée, équitation.

Key words: visual information, stride regulation, jumping.

4765
56811

INTRODUCTION

Le but de cette étude est d'évaluer le rôle des informations visuelles chez le cavalier lors de la phase d'abord de l'obstacle en équitation. Deux expériences sont présentées : la première s'appuie sur une restriction des informations visuelles périphériques dans la phase d'abord de l'obstacle, la seconde est une analyse des stratégies d'exploration visuelle pendant cette partie de l'action où la vision joue un rôle privilégié. Les résultats sont mis en relation pour mieux identifier les processus sous-jacents au contrôle de la distance dans l'espace de déplacement.

Le rôle de la vision dans les activités sportives est prépondérant. Il a été souligné dans de nombreuses études comme celles relatives à la capture d'une balle (Whiting, 1969 ; Williams et McFairlane, 1975 ; Fishman et Schneider, 1985 ; Ripoll et al., 1987a) ou bien celles concernant les stratégies d'exploration visuelle (Bard et Fleury, 1981 ; Ripoll, 1987b). Contrairement à ces situations où le sujet est relativement immobile, les tâches qui nécessitent un déplacement du corps propre et engendrent une stimulation visuelle dynamique, ou flux radial (voir la notion "d'optic flow field" de Gibson, 1966, 1979), ont été peu étudiées. On trouve toutefois dans l'Approche Ecologique de la perception visuelle (Gibson, 1966, 1979), des auteurs comme Lee (1976, 1980) qui se sont intéressés à ce problème. Dans toutes les tâches requérant un haut niveau de coordination spatio-temporelle, l'information cruciale pour le sujet résiderait dans l'estimation du temps de pré-contact (TC) à l'objet-cible (Lee et al., 1982). TC peut être défini comme le temps nécessaire à un observateur pour atteindre une position spatiale donnée ou à un mobile pour atteindre l'observateur si sa vitesse reste constante à partir du point où est calculé TC. En fait, TC ne serait pas obtenu de façon calculatoire, mais directement, à partir du flux radial présent sur la rétine. Le rapport tau (τ) ou variable optique τ qui est l'inverse de l'expansion rétinienne de deux points quelconques de l'objet-cible spécifierait TC pour un déplacement à vitesse constante (Lee, 1976). Divers travaux relevant de l'Approche Ecologique ont montré que dans des tâches comme la régulation de la foulée en saut en longueur (Lee et al., 1982), la coordination intersegmentaire pour frapper une balle (Lee et al., 1983), et dans diverses activités nécessitant un "timing" précis de l'action (Carello et al., 1984 ; Lee et Young, 1985), les résultats étaient compatibles avec l'utilisation de la variable optique τ . Cette méthode d'obtention de TC n'est pas unique et, en théorie, TC peut être obtenue à partir du rapport distance/vitesse. McLeod et Ross (1983) intitulent respectivement "optic flow method" et "cognitive method" ces deux méthodes d'obtention de TC. Pour tester cette hypothèse alternative, nous nous proposons de limiter les indices visuels de perception de la vitesse par les cavaliers en restreignant le champ visuel des sujets pendant l'action. On sait à partir de données psychophysiques (voir par exemple, Paillard, 1982 ; Paillard et Amblard, 1985) sur le contrôle du geste et de la posture l'importance des zones périphériques de la rétine pour la vision cinétique qui détecte le mouvement continu d'un stimulus (codage vitesse et direction) ; ce système fonctionne de façon

complémentaire à une vision statique qui relève des zones fovéales et para-fovéales et qui est impliquée dans l'évaluation des caractéristiques spatiales stables (localisation et forme). Les données sur la vection (voir par exemple, Berthoz et al., 1975) renforcent ce rôle privilégié du champ périphérique dans l'estimation du mouvement ou de la vitesse du corps propre, de même que les données relevant directement de l'estimation visuelle de la vitesse en situation de conduite automobile (Denton, 1980).

Dans le domaine des activités sportives, on dispose de peu de données relatives à ce problème. Graybiel et al. (1955) signalent toutefois qu'une restriction du champ visuel périphérique entraînait des perturbations dans le contrôle du geste pour diverses activités (lancer de javelot, patinage, slalom en ski). La perte de ces informations affecte plus la performance qu'une occlusion du champ visuel central.

La situation sportive de saut d'obstacles en équitation a fait l'objet de notre investigation. Son choix se justifie à plusieurs niveaux. Tout d'abord par les réels problèmes rencontrés par le cavalier à l'approche de l'obstacle : le réglage de la foulée du cheval pour positionner les postérieurs du cheval à un endroit précis (battue de départ) est une difficulté, même pour le cavalier expert. L'emplacement de la battue, qui n'est pas matérialisé comme en saut en longueur par une planche d'appel, est néanmoins déterminé par la hauteur et le profil de l'obstacle. A chaque obstacle correspond un "encadrement" idéal qui assure un saut économique et sûr. Ces contraintes imposent des régulations de la foulée. Celles-ci ont déjà pu être mises en évidence chez des cavaliers de niveaux d'habileté différents (Laurent et Pailhous, 1982). Une deuxième caractéristique de cette situation, où le sujet est "transporté", réside dans l'importance accrue des informations visuelles de nature "exproprioceptive" (Lee et al., 1982). En effet, contrairement au sauteur en longueur qui est directement responsable de l'énergie de propulsion, le cavalier reçoit simplement des informations extéroceptives (pressions exercées sur le cheval, par exemple) et exproprioceptives sur les propriétés de son déplacement (la vitesse en particulier). Ainsi, on peut penser que la manipulation expérimentale des informations visuelles devrait avoir des effets importants.

Enfin, le dernier point qui nous intéresse dans cette situation concerne l'interaction cavalier-cheval. En équitation sportive, le cavalier de haut niveau utilise le cheval comme un instrument qu'il "pilote". Il module ainsi les différentes composantes du programme locomoteur de sa monture en fonction de l'effet recherché. En dressage, le "piaffer" (équivalent à un trot sur place) illustre fort bien cette idée. On est ainsi assuré que les modifications de la foulée du cheval sont bien le fait du cavalier.

EXPERIENCE 1

But

Cette première expérience vise à évaluer le rôle des informations visuelles de vitesse, dans le contrôle par le cavalier de la locomotion du cheval

dans la zone d'abord de l'obstacle. L'hypothèse est que si les informations de vitesse sont utilisées par le cavalier, la régulation de la foulée sera affectée par cette restriction. Plus précisément, cela pourrait suggérer qu'une méthode basée sur le rapport distance/vitesse pour obtenir TC est utilisée par le cavalier. Dans le cas contraire, un traitement plus "direct" s'appuyant sur la variable optique τ sera envisagé.

Méthode

1. Sujets :

Cinq sujets masculins ont participé à l'expérience. Ils étaient âgés de 23 à 35 ans, et possédaient une expérience variant entre 10 et 16 ans de pratique. Ces cavaliers sont de niveau national. Cinq chevaux ont servi à l'expérience. Quatre étaient âgés de 9 ans et un de 13 ans. Ils étaient tous dressés et avaient participé à des compétitions de classe A.

2. Dispositif expérimental :

L'expérience s'est déroulée dans un manège couvert de l'Ecole Nationale d'Equitation de Saumur (France). La tâche consistait pour chaque cavalier à sauter plusieurs fois un obstacle droit de hauteur variable, après une approche au galop sur une trajectoire rectiligne précédée par une phase préparatoire sur une trajectoire courbe (transition d'allure pas-galop). La phase rectiligne était marquée par le passage d'une porte (5 m. de largeur) située à 25 m. de l'obstacle (figure 1). L'enregistrement des résultats a porté sur les paramètres spatiaux et temporels de la foulée du cheval. Pour les paramètres spatiaux, la longueur de la foulée a été déduite des empreintes laissées sur la piste. Nous avons mesuré l'intervalle séparant le posé de deux antérieurs gauches successifs ; les chevaux galopant à gauche à tous les essais, chaque foulée a pu être mesurée. Après chaque essai, la piste était hersée et roulée afin que tous les sauts aient lieu dans les mêmes conditions, et surtout que chaque empreinte soit parfaitement visible sur le sol. La précision de cette mesure était de + ou - 3 cm. Les composantes temporelles ont été déduites de l'analyse image par image d'une bande vidéo sur laquelle nous avons incrusté un chronomètre au 1/100e de seconde. La caméra était placée perpendiculairement à la piste. La précision est de l'ordre de + ou - 4/100e de sec.

3. Procédure :

Chaque sujet était testé au cours d'une même séance. Les cavaliers n'étaient pas mis au courant de la finalité de l'expérience. Après une période d'échauffement, on procédait à l'ajustement individualisé des lunettes limitant le champ visuel. La consigne précisait que les cavaliers devaient franchir l'obstacle comme s'il s'agissait d'un obstacle de parcours. Ils devaient donc effectuer un saut économique et sûr. Le train devait être celui utilisé en situation de compétition (350m/mn.).

4. Variables indépendantes :

- Hauteur de l'obstacle. Les 3 conditions étaient les suivantes : H1 = 1.30 m ; H2 = 1.40 m ; H3 = 1.50 m. La variation de la hauteur de l'obstacle avait un double objectif. Premièrement, éviter une trop grande standardisation de la tâche, deuxièmement, évaluer les modifications de la vitesse d'approche en fonction de ce paramètre. Une hauteur de 1.50 m pour un obstacle droit est celle la plus couramment utilisée au cours de compétitions de niveau national, voire international. Les sujets étaient informés avant chaque essai de la hauteur de l'obstacle.

- Vision : Les sauts étaient effectués soit en vision normale (VN), soit en vision limitée (VL). Dans ce cas, le champ visuel était limité par le port de lunettes opaques (type lunettes de nage) au centre desquelles un orifice central de 2 mm. de diamètre permettait la vision d'un champ d'environ 15° d'angle. Cet angle de vision permettait de voir l'ensemble de l'obstacle lorsque le cavalier était situé à 23 m de celui-ci. Les lunettes étaient ajustées individuellement.

On obtient 6 conditions de saut. Chaque sujet effectuait 3 essais dans chaque condition, soit au total 18 essais. Lors de l'expérience, ces 18 essais ont été présentés à chaque sujet selon un ordre tiré au hasard.

5. Variables étudiées :

Les paramètres spatio-temporels que nous avons analysés sont les suivants :

- Durée de la foulée : c'est l'intervalle de temps séparant deux posés consécutifs de l'antérieur gauche.
- Longueur de la foulée : c'est la distance séparant deux posés consécutifs de l'antérieur gauche.
- Date : elle correspond au cumul des durées à partir de T0 qui est le moment du posé de l'antérieur gauche lors de la dernière foulée.
- Distance : elle correspond au cumul des longueurs de chaque foulée à partir de la position de la battue de départ.
- Temps de pré-contact (TC) : il est défini comme le temps nécessaire au couple cavalier-cheval pour atteindre l'obstacle à partir d'une foulée x, si la vitesse est maintenue constante. La vitesse prise en compte est celle de la foulée prise comme référence.

Résultats

1. Caractéristiques générales de la locomotion du cheval dans la zone d'abord de l'obstacle :

La foulée (F-1) désigne la dernière foulée avant le saut. Nous avons étudié les caractéristiques de l'élan entre F-1 et F-7. Pour l'ensemble des sujets, toutes conditions confondues, la distance moyenne pour les 7 dernières

foulées cumulées est de 22.05 m (écart-type (e.t.) = 1.12 m) pour une durée de 3.72 sec. (e.t. = 0.25 sec). La distance moyenne entre le dernier posé de l'antérieur gauche et la verticale des barres, appelée distance de battue, est de 2.10 m (e.t. = 0.14 m). La longueur moyenne de la foulée des chevaux est de 3.12 m et sa durée moyenne 55/100e sec. La vitesse moyenne de déplacement est de 5.50 m/s, soit une vitesse correspondant à un "train" normal en compétition. Dans toutes les conditions (hauteur x vision), les franchissements ont été réussis. L'effet des conditions expérimentales sera donc recherché dans l'évolution des différents paramètres spatio-temporels en fonction du rang de la foulée dans la séquence. La question est de savoir à quel moment dans la séquence des modifications apparaissent dans les patterns spatio-temporels et, plus précisément, si ces modifications sont attribuables à des régulations d'origine visuelle.

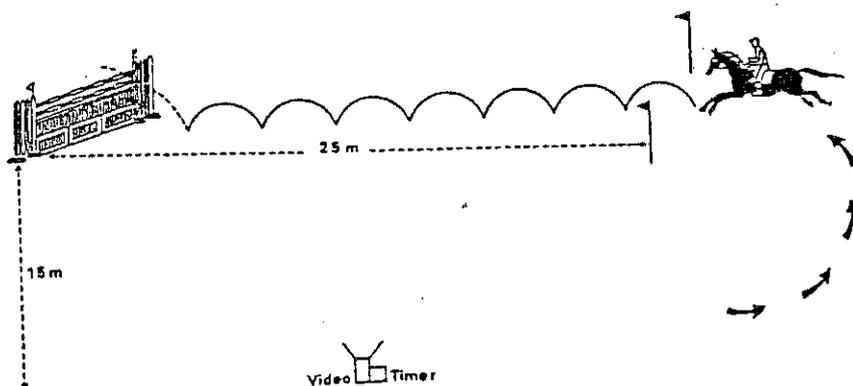


Figure 1. Schéma du dispositif expérimental.

2. Durée et longueur des foulées :

Une première analyse de variance (ANOVA 3R2) a porté sur les variations absolues des durées et longueurs de F-7 à F-1. Pour le paramètre durée de la foulée, seul le facteur rang de la foulée dans la séquence a un effet significatif ($F(6,28) = 6.01, p < .001$). Le facteur hauteur de l'obstacle et vision, ainsi que les différentes interactions, ne sont pas significatifs. Pour le paramètre longueur de la foulée, des résultats similaires sont obtenus, puisque seul le facteur rang a un effet significatif ($F(6,28) = 6.85, p < .001$).

Dans les analyses suivantes, nous avons donc supprimé du traitement le facteur hauteur de l'obstacle, ainsi que F-1 qui est une foulée de préparation au saut (voir figures 2A et 3A).

a) Durée de la foulée : Le rang de la foulée n'a pas d'effet significatif sur la durée, ni en condition VN ($F(5,24) = 8.08$), ni en condition VL ($F(5,24) = .990$). On n'obtient pas non plus d'effet significatif pour les variations intra-individuelles (moyenne des écart-types) en VN ($F(5,24) = 2.54$) et en VL ($F(5,24) = 5.99$) (voir figure 2).

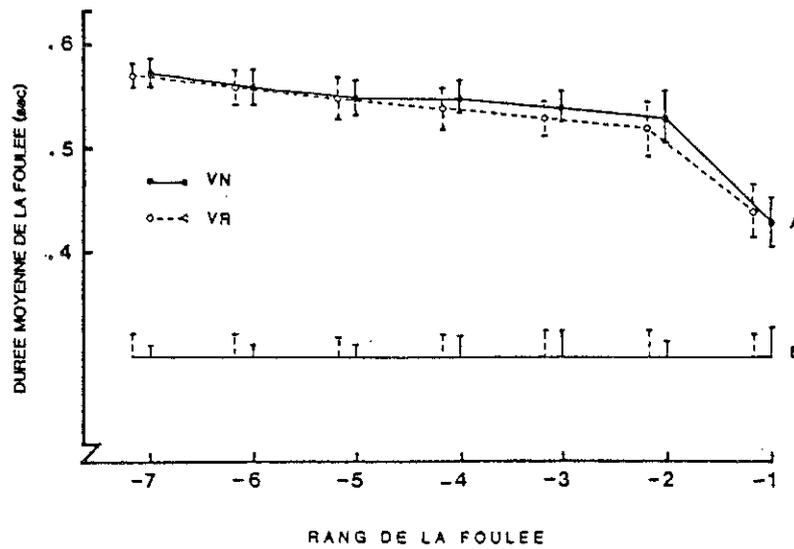


Figure 2. Durées moyennes de la foulée (A) en fonction du rang dans la séquence et leurs variations intra-individuelles (B). La foulée (-1) est la dernière avant le saut.

b) Longueur de la foulée : Le rang de la foulée a un effet significatif sur les longueurs. On obtient en VN ($F(5,24) = 5.24, p < .001$) et en VL ($F(5,24) = 6.24, p < .001$). Au niveau des variations intra-individuelles, le rang a aussi un effet significatif en VN ($F(5,24) = 7.19, p < .001$) et en VL ($F(5,24) = 2.95, p < .05$) (figure 3). La comparaison des foulées deux à deux ($F-7/F-6$; $F-6/F-5$, etc...) avec le Paired-t test, donne une différence significative en condition VN à partir de $F-4$. Pour la comparaison $F-4/F-3$, on obtient : $t = 4.91, p < .01$.

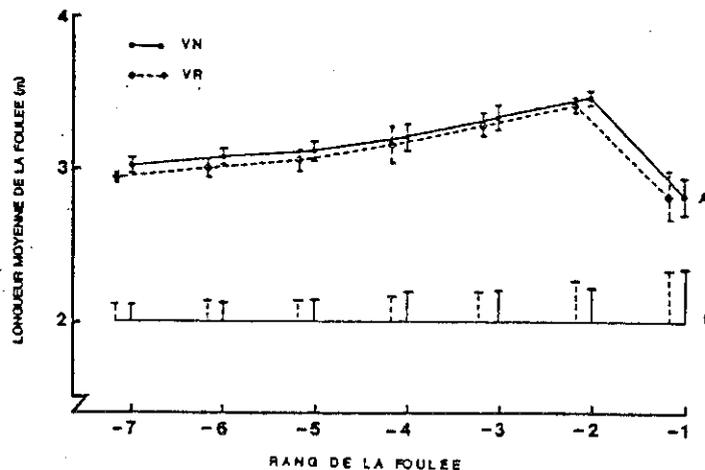


Figure 3. Longueurs moyennes de la foulée (A) et leurs variations intra-individuelles (B).

Ces résultats montrent des modifications du programme locomoteur à l'approche de l'obstacle. Ces effets sont différenciés : alors que les durées restent assez stables, les longueurs de la foulée augmentent progressivement jusqu'à F-1 qui prépare au saut. Par ailleurs, on observe que l'augmentation des variations inter-essais ne sont significatives que pour le paramètre longueur. Cette augmentation des variations de la longueur des foulées à l'approche de l'obstacle peut être attribuée soit à des difficultés relatives à la préparation au saut, soit, et de façon non exclusive, à un effet de régulation visuelle par rapport à la distance de l'obstacle. Pour trancher cette question, nous avons analysé les variations des dates et des distances à chaque foulée.

3. Dates et distances :

Nous n'avons pas étudié les variations absolues de ces deux paramètres car elles ont peu de sens : leur effet est systématique. Par contre, la dispersion moyenne de ce paramètre à chaque foulée indique comment le sujet se déplace en référence à l'obstacle au cours de plusieurs essais. L'analyse de variance montre un effet important du rang de la foulée sur la dispersion des distances à chaque appui, tant en condition VN ($F(5,24) = 6.55, p < .001$) qu'en condition VL ($F(5,24) = 3.39, p < .025$). Pour les dates, l'effet du rang n'est pas significatif, ni en VN ($F(5,24) = .608$), ni en VL ($F(5,24) = .599$). La figure 4 montre l'évolution de ces deux paramètres en fonction du rang de la foulée. On note la diminution de la dispersion des distances à partir de F-4. La diminution des dates au même rang de la foulée n'est pas significative.

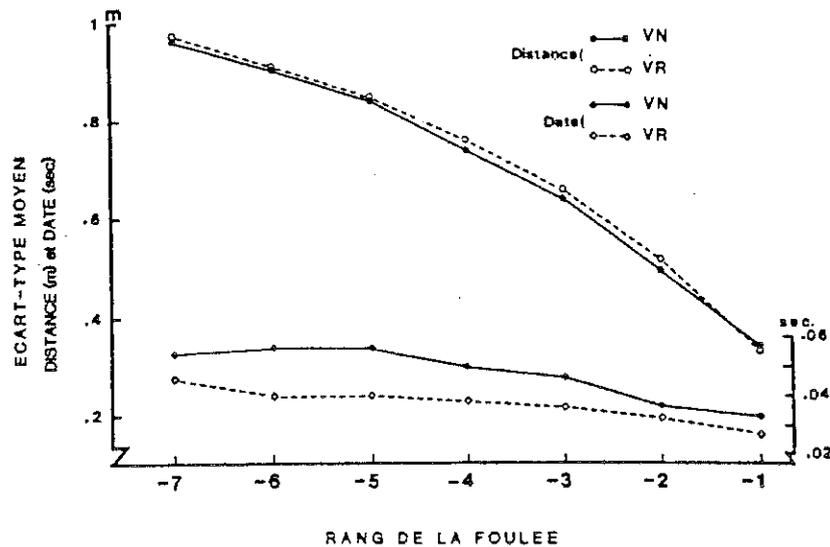


Figure 4. Ecart-types moyens des paramètres distance et date à chaque foulée (voir commentaires dans le texte).

En équitation, le cavalier arrive dans la phase d'abord de l'obstacle en quelque sorte "au hasard". Il n'étalonne pas sa course d'élan comme le fait le sauteur en longueur. Cette caractéristique de l'équitation nous permet d'interpréter la diminution de la dispersion des distances comme un effet de la régulation de la longueur de la foulée du cheval par le cavalier. Il paraît aussi évident que cette régulation est de nature visuelle et est référée à l'obstacle.

4. Le temps de pré-contact à l'obstacle (TC) :

Comme pour les dates et distances, l'étude des valeurs absolues de TC a peu de sens. Par contre, si l'on considère les dispersions de TC à chaque foulée, on observe (figure 5) que celles-ci sont relativement stables de F-7 à F-4, puis diminuent de façon significative à F-3 ($F(1,4) = 260, p < .001$).

Les deux conditions de vision n'ont pas d'effet significatif sur ces variations. Cette diminution de la dispersion de TC en fonction du rang indique que plus le sujet est proche de l'obstacle, plus la durée qui l'en sépare est stable d'un essai à l'autre. Nous noterons une fois de plus que l'effet de régulation commence à trois foulées de l'obstacle.

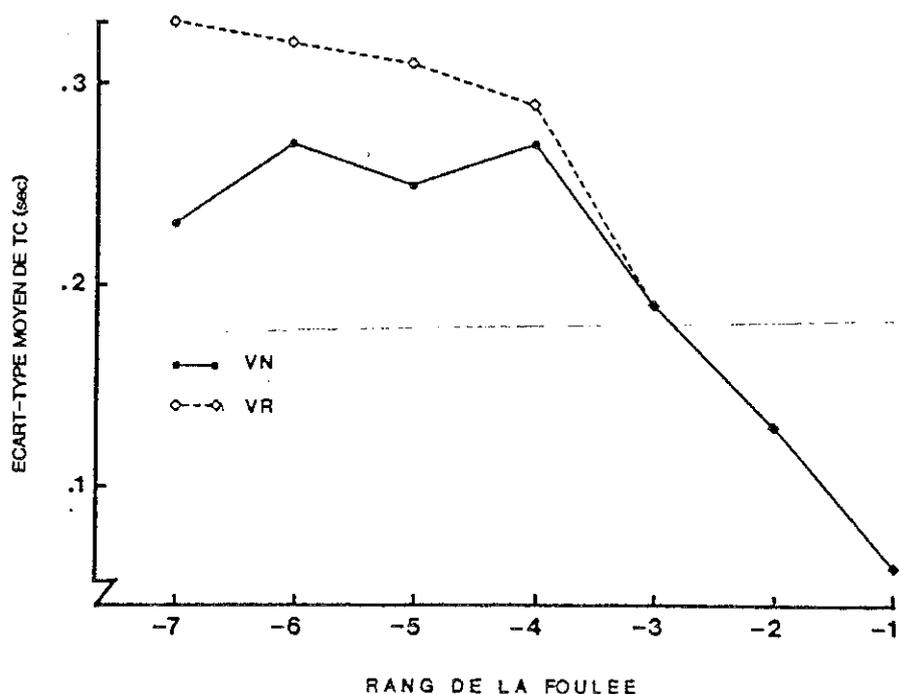


Figure 5. Écart-types moyens du temps de pré-contact à l'obstacle à chaque foulée.

Discussion

Le premier résultat important qui ressort de cette analyse est l'absence d'effet significatif de la condition VL sur les régulations de la foulée du cheval à l'approche de l'obstacle. On aurait pu s'attendre à ce que la privation de la majeure partie des informations visuelles périphériques perturbe de façon sérieuse les paramètres spatio-temporels de la foulée. Dans la situation étudiée ici, on pouvait s'attendre à deux types de perturbation : dans la phase stabilisée de l'abord de l'obstacle (où le contrôle du "train" est très important) et dans celle de préparation au saut avec les exigences d'un contrôle en distance pour positionner les postérieurs du cheval à une distance de battue correcte. Or il n'en est rien. Comment l'expliquer ?

La phase stabilisée est caractérisée, en condition VN, par l'adoption d'une cadence très stable. On remarque que l'absence, ou tout au moins une diminution importante des informations visuelles de mouvement, en VL, ne modifie pas ce paramètre qui reste très stable (voir figure 2).

L'hypothèse suivante peut être avancée : une structure rythmique propre à l'animal générerait le contrôle de la cadence indépendamment des conditions environnementales. La stabilité de ce paramètre serait fonction du niveau de dressage du cheval. L'adaptation du cavalier à cette cadence évoluerait avec son expertise ; l'utilisation des informations prises sur le cheval (contacts, pressions ...) jouerait ici un rôle essentiel. Cette adaptation conditionnerait la qualité des interventions du cavalier sur la longueur de la foulée du cheval.

Pour la phase de régulation et par rapport à notre hypothèse, ces résultats excluent l'idée que les informations visuelles de mouvement sont indispensables à l'estimation de la vitesse et au codage de la distance. On peut donc rejeter une méthode de calcul basée sur le rapport distance/vitesse. Les résultats obtenus sont en fait compatibles avec une méthode basée sur l'obtention de TC à partir de la variable optique τ . On sait que ce processus ne nécessite pas, a priori, l'ensemble des informations visuelles. Dans notre cas, la diminution des variations de TC dans les trois dernières foulées renforce l'idée selon laquelle la distance à l'obstacle ait pu être contrôlée à partir de TC. Notons enfin que cet effet est obtenu en jouant principalement sur la longueur de la foulée.

EXPERIENCE 2

But

La seconde expérience est destinée à identifier les stratégies d'exploration visuelle et plus largement les coordinations oculocéphaliques observables lors du saut d'obstacle. Cette étude revêt un caractère exploratoire dans la mesure où aucune étude de ces processus chez un sujet en déplacement actif

n'est disponible dans la littérature. Les travaux actuels concernent principalement des sujets actifs mais immobiles ou bien des sujets transportés dans un véhicule.

Cette analyse a deux objectifs principaux : le premier est l'évaluation des stratégies d'exploration visuelle en fonction du profil de l'obstacle : les entraîneurs conseillent par exemple de "fixer du regard" la partie supérieure du dispositif pour un obstacle droit alors que, pour un obstacle de volée comme le SPA, ils préconisent plutôt de regarder le pied de l'obstacle. Cette consigne est donnée dans le but d'éloigner ou de rapprocher la battue de départ du pied de l'obstacle, afin que la trajectoire du saut soit la plus économique possible. Ces indications sont-elles pertinentes chez des cavaliers experts ? Le deuxième objectif est la mise en relation des patterns d'exploration visuelle avec les résultats de l'expérimentation précédente pour voir si une cohérence se dégage de l'ensemble.

Nous avons utilisé un dispositif vidéo-oculographique adapté pour la circonstance ; il permet une autonomie complète du couple cavalier-cheval.

Méthode

1. Sujets :

Deux cavaliers parmi les cinq ayant effectué l'expérience précédente ont été sélectionnés pour leurs résultats en compétition. Ils sont donc de niveau national (Classe A) et les meilleurs du groupe.

2. La tâche :

L'expérience s'est déroulée dans le même environnement que dans l'expérience précédente. Le cavalier, muni de l'oculomètre, devait franchir trois obstacles de profil différent : DROIT, OXER et SPA. Trois sauts ont été réalisés sur chaque profil.

3. Enregistrement des données :

La technique d'analyse de l'activité oculo-motrice s'appuie sur l'enregistrement du reflet cornéen superposé à l'image du champ visuel. L'appareil porté par le cavalier était un oculomètre du type Eye Mark Recorder décrit par Ripoll (1987). Ce système d'analyse nous a permis de recueillir sur bande vidéo, et de manière simultanée, l'image du champ visuel en même temps qu'un signal lumineux en forme de V, matérialisant la position de l'œil du sujet dans le champ visuel. Une caméra extérieure enregistrait le déplacement du cavalier. Les données enregistrées par l'oculomètre ont été traitées image par image. Le recueil des différents paramètres a été effectué à partir d'un repérage sur un support transparent fixé sur l'écran vidéo. Ceux-ci concernaient :

- la direction de l'oeil par rapport à la barre,
- l'orientation de la tête par rapport à l'environnement,
- l'orientation de la tête par rapport à la barre,
- la coordination oculo-céphalique.

L'orientation du regard est repérée en localisant le reflet cornéen par rapport à l'obstacle (figure 6A). L'orientation de la tête est repérée en localisant le déplacement du centre de l'image, dont les déplacements dépendent de ceux de la tête, par rapport à un repère fixe de l'environnement. Deux saisies des données ont été effectuées en prenant pour repère soit un point de l'environnement situé au loin (figure 6B), soit l'obstacle lui-même (figure 6C). L'orientation du regard par rapport à la tête est mesuré en repérant le déplacement du reflet cornéen par rapport au centre de l'image (figure 6D). Chaque repérage était effectué image par image. L'analyse de la vue externe permettait de situer le recueil de ces paramètres aux événements caractéristiques du déplacement (battue d'appel, franchissement).

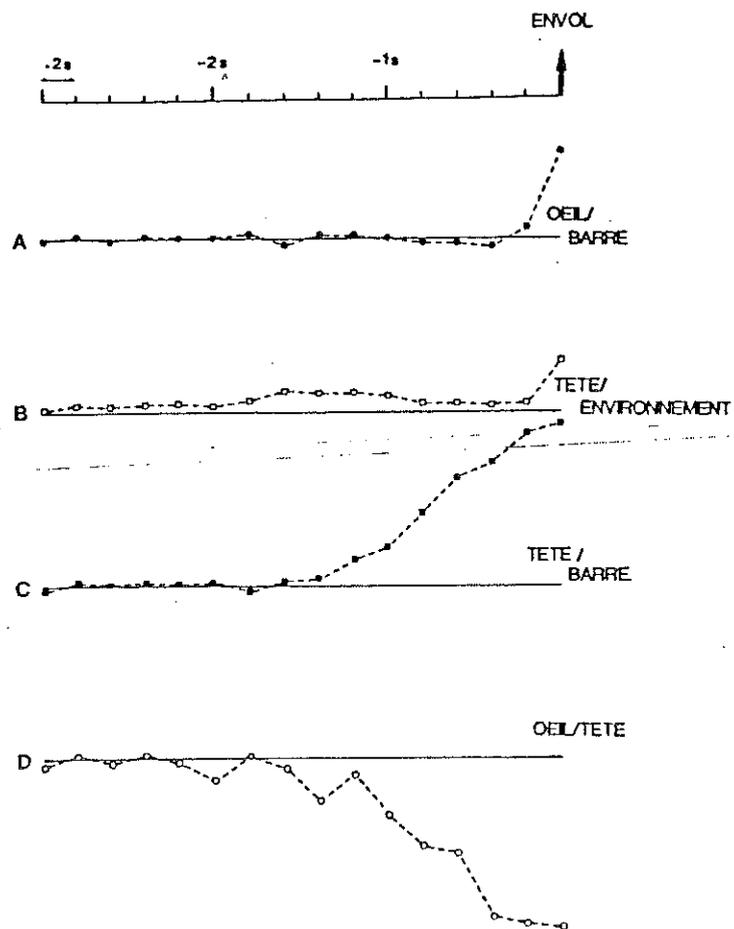


Figure 6. Pattern des coordinations oculocéphaliques : direction de l'oeil (A), orientation de la tête par rapport à l'environnement (B), orientation de la tête par rapport à la barre (C), coordination oculocéphalique (D) (voir commentaires dans le texte).

Résultats

Pour les deux cavaliers testés et pour leurs 18 essais, on ne relève pas de modification du pattern d'exploration de l'obstacle et ce, quel que soit son profil (droit ou de volée). La figure 6 montre un exemple de pattern d'exploration obtenu sur obstacle droit.

Il ressort de l'analyse que :

- le regard est fixé précisément sur la barre supérieure pendant toute la phase d'abord de l'obstacle (figure 6A),
- la tête est stabilisée par rapport au corps du cavalier (en position anatomique "droit devant") et par rapport à l'environnement (figure 6B),
- ce positionnement stabilisé de la tête se traduit par un défilement relatif de la barre dans la partie basse du champ visuel du cavalier (figure 6C),
- la direction de l'oeil est progressivement excentrée vers le bas. La conséquence est qu'une image rétinienne stable de l'obstacle est maintenue (figure 6D).

Discussion

Contrairement à ce qui peut être avancé à partir de réflexions empiriques, les cavaliers présentent les mêmes stratégies d'exploration visuelle à l'abord des obstacles quel que soit leur profil. On remarque donc une très grande stabilité de la tête et un ancrage du regard sur la barre supérieure. Ce résultat nous conduit à faire deux remarques. Ce résultat est cohérent avec ceux obtenus dans notre première expérience. En effet, la condition VL rendait impossible l'exécution de saccades visuelles d'amplitude supérieure à 15°. Si de telles saccades avaient été indispensables, celles-ci n'auraient pu avoir lieu qu'en déplaçant la tête dans l'axe de visée. Cette manoeuvre difficilement envisageable, compte tenu de l'inertie de la masse céphalique, aurait de plus contribué à déséquilibrer le cavalier, ce qui n'a pas été le cas.

La seconde remarque concerne les processus d'extraction de l'information sur la distance à l'obstacle. Nous avons évoqué le rôle de la variable optique τ qui serait à l'origine de l'estimation de TC. Ce processus est tout à fait compatible avec une stratégie d'ancrage visuel au centre de l'objet-cible vers lequel le sujet se dirige (ici l'obstacle à franchir). On peut par exemple penser que des saccades oculaires au moment où le prélèvement de l'information est crucial (vers F-4 en particulier) perturberaient de façon importante le prélèvement des informations nécessaires à la régulation de la foulée. On remarque aussi que le mouvement de l'oeil par rapport à la tête qui reste fixe commence aux environs de F-4, c'est-à-dire au début de la régulation. Cela correspond à un TC d'environ 1.5 sec. Cette fixation visuelle sur l'obstacle a pour effet d'entraîner une décentration du regard par rapport à la tête qui reste solidaire du tronc et orientée en position droit devant. Cette décentration est d'autant plus importante que le cavalier approche de l'obstacle. Il est difficile de dire si ce mouvement de l'oeil est simplement une conséquence de l'immobilisation de la tête et de la centration du regard, ou bien si la coordi-

nation oculo-céphalique mise en place par les cavaliers experts a une signification fonctionnelle par rapport aux processus d'extraction de l'information. Dans ce cas, ce type d'indice visuel de nature extra-rétinienne serait amené à jouer un rôle dans le codage de la distance à l'obstacle. D'autres investigations sont nécessaires ici pour évaluer la part de ce type d'indice par rapport aux autres.

CONCLUSION

1) L'analyse des caractéristiques spatio-temporelles de la locomotion du cheval dans la zone d'abord de l'obstacle nous a permis d'identifier une *phase dite stabilisée* dans laquelle la cadence imposée par le cavalier est très stable tant au plan intra- qu'inter-essais. Un contrôle de la vitesse de déplacement semble être recherché. A F-4, des variations importantes des paramètres de la locomotion sont enregistrées. L'évolution de la dispersion de certains d'entre eux (dates, distances et TC à l'obstacle) nous permet d'attribuer ces effets à des ajustements d'origine visuelle en référence à l'obstacle. Cette *phase de régulation* de la foulée exige un contrôle précis du paramètre *distance* à l'obstacle. Dans cette phase, des variations importantes de la vitesse tendent à montrer que la distance est contrôlée à partir de l'information temps de pré-contact à l'obstacle. A trois foulées de l'obstacle, les variations de TC diminuent de façon significative. TC s'avère donc le facteur *effectivement contrôlé* par le cavalier pour ajuster la distance à laquelle il va placer le cheval pour son impulsion.

2) La restriction à 15° d'angle des informations visuelles de ces cavaliers experts ne perturbe pas de façon significative le contrôle de la locomotion dans la zone d'abord de l'obstacle. L'absence d'information de mouvement n'est pas préjudiciable à la conservation de la cadence du déplacement. Celle-ci pourrait être organisée sur la base d'une structure rythmique, résultat de l'expérience, et servant de référence interne. La locomotion pourrait être contrôlée indépendamment des conditions environnementales. Ces contrôles nécessiteraient l'intervention de boucles proprioceptives très fines. Nous attribuons cet effet au rôle accru des informations de type kinesthésique chez ces sujets, en particulier dans la phase de stabilisation. Dans la phase de régulation, il semble que la seule perception de l'obstacle suffise à assurer l'extraction de cet invariant "*high-order*" que représente la variable optique τ (McLeod et Ross, 1982) dont peut être directement déduit TC.

Ce travail sur l'équitation renforce l'importance du rôle joué par les facteurs temporels (rythme mais aussi TC) dans les actions à forte contrainte spatio-temporelle. Ces facteurs seraient ceux sur lesquels porteraient réellement le contrôle. Les stratégies d'exploration visuelle pendant l'abord de l'obstacle ne montrent pas d'effets distincts en fonction de leur profil. Les patterns sont caractérisés par une centration du regard sur la partie haute de l'obstacle, associée à une stabilité de la position de la tête ; ils sont compatibles avec les processus évoqués ci-dessus relatifs à la prise en compte de l'expansion rétinienne de la taille de l'obstacle dont serait extrait TC.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Directeur de l'Ecole Nationale d'Equitation (Colonel Durand) à Saumur, les cavaliers et le personnel qui ont contribué très activement et avec beaucoup de gentillesse à la réalisation de ces expériences.

RESUME

Cette étude vise à évaluer le rôle des informations visuelles chez le cavalier dans la phase d'abord de l'obstacle en équitation. Deux expériences sont présentées : la première s'appuie sur une restriction des informations visuelles périphériques dans la phase d'abord de l'obstacle, la seconde est une analyse des stratégies d'exploration visuelle pendant cette partie de l'action où la vision joue un rôle privilégié. Deux questions sont ainsi abordées : la perception visuelle de la vitesse est-elle déterminante dans l'estimation par le cavalier de la distance à l'obstacle ? Quelles sont les stratégies d'exploration visuelle et plus largement les coordinations oculo-céphaliques observables en fonction du profil de l'obstacle ? Les résultats indiquent que la modalité de vision a des effets négligeables sur le contrôle visuel de la locomotion du cheval par le cavalier. Ils mettent en évidence l'importance des facteurs temporels comme la cadence mais aussi le temps de pré-contact (TC) à l'obstacle qui pourraient jouer un rôle décisif dans ces actions à forte contrainte spatio-temporelle. Les stratégies d'exploration visuelle ne montrent pas d'effet différencié en fonction du profil de l'obstacle. Les cavaliers centrent leur regard sur la partie haute de l'obstacle et maintiennent leur tête en position stabilisée. Ces patterns sont compatibles avec un processus de traitement des informations visuelles basé sur l'expansion rétinienne de la taille de l'obstacle dont serait extrait TC.

BIBLIOGRAPHIE

- Bard, C., & Fleury, M. (1981). Considering eye movement as a predictor of attainment. In M. Cockerill & W.W. Mac Gillivray (Eds.), *Vision and sport* (pp. 28-41). Cheltenham, England: Stanley Thomes.
- Berthoz, A., Pavard, B., & Young, L.R. (1975). Perception of linear horizontal self motion induced by peripheral vision (linearvection). *Experimental Brain Research*, 43, 471-489.
- Denton, G.G. (1980). The influence of visual pattern on perceived speed. *Perception*, 9, 393-402.
- Fishman, M.G., & Schneider, T. (1985). Skill level, vision, and proprioception in simple one-hand catching. *Journal of Motor Behavior*, 17 (2), 219-229.
- Gibson, J.J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin Company.

- Graybiel, A., Jokl, E., & Trapp, C. (1955). Russian studies of vision in relation to physical activity. *Research Quarterly*, 26, 480-485.
- Laurent, M. (1981). Problèmes posés par l'étude du pointage locomoteur d'une cible visuelle. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 1 (2), 173-197.
- Laurent, M., & Pailhous, J. (1982). Contribution à l'étude du pointage locomoteur : application au saut en longueur et au saut d'obstacle en équitation. *Staps*, 5, 1-13.
- Lee, D.N. (1976). A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. *Perception*, 5, 473-459.
- Lee, D.N. (1980). Visuo-motor coordination in space-time. In G.E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior* (pp. 281-295). North Holland Publishing Company.
- Lee, D.N., Lishman, J., & Thomson, J.A. (1982). Regulation of gait in long jumping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 448-459.
- Lee, D.N., & Young, D.S. (1985). Visual timing of interceptive action. In D.J. Ingle, M. Jeannerod & D.N. Lee (Eds.), *Brain mechanisms and spatial vision*. Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Lee, D.N., Young, D.S., Reddish, P.E., Lough, S., & Clayton, T.M.H. (1983). Visual timing in hitting an accelerating ball. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 333-340.
- MacLeod, R.W., & Ross, H.E. (1983). Optic-flow and cognitive factors in time-to-collision estimates. *Perception*, 12, 417-423.
- Paillard, J. (1982). The contribution of peripheral and central vision to visually guided reaching. In D.J. Ingle, M.A. Goodale & R. Mansfield (Eds.), *Advances in the analysis of visual behavior*. Cambridge, Ma: The MIT Press.
- Paillard, J., & Amblard, B. (1985). Static versus kinetic visual cues for the processing of spatial relationships. In D.J. Ingle, M. Jeannerod & D.N. Lee (Eds.), *Brain mechanisms and spatial vision* (series D: N° 21). Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers.
- Ripoll, H. (1987). Méthodologie d'analyse de la fonction visuelle en sport. Article soumis.
- Ripoll, H. (in press). Stratégies de prise d'informations visuelles dans les tâches de résolution de problèmes tactiques en sport. In H. Ripoll et G. Azémar (Eds.), *Traitement des informations visuelles, prises de décision et réalisation de l'action en sport*. Paris: Editions de l'INSEP.
- Ripoll, H., Fleurance, P., & Cazeneuve, D. (soumis). Analysis of the visual strategies in the execution of forearm and backhand strokes in table tennis.
- Whiting, H.T.A., & Hutt, J.W.R. (1972). The effects of personality and ability on speed of decisions regarding the directional aspects of ball flight. *Journal of Motor Behavior*, 4, 89-97.
- Whiting, H.T.A., & Sharp, R.H. (1974). Visual occlusion factors in a discrete ball-catching task. *Journal of Motor Behavior*, 6, 11-16.