

**L'information pour interagir avec l'environnement
dans le cadre de l'approche écologique de la perception**

Nicolas BENGUIGUI

**Université Paris-Sud 11 – UFR STAPS Orsay
Laboratoire Complexité, Innovation, Activités Motrices et Sportives (CIAMS)
Equipe Contrôle Moteur et Perception (CMP)**

**Mercredi 9 Février 2010
SÉMINAIRE DU CENTRE D'ALEMBERT
"Le concept d'information aujourd'hui"**

**Illustrer une controverse entre deux approches de la perception
qui envisagent l'accès à l'information selon des modalités différentes**

l'approche cognitive vs. l'approche écologique

Approche cognitive ou computationnel de la perception et de l'action

Support théorique

- ↪ Théorie de la communication (Shannon & Weaver, 1949)
- ↪ Modèle cybernétique
- ↪ Traitement de l'information

Fonction de l'information

- ↪ Représentation de l'environnement

Accès à l'information

- ↪ Indirect
 - ↪ à partir d'indices perçus dans l'environnement
 - ↪ qui sont traités (i.e., identification, sélection, combinaison, enrichissement)
 - ↪ par l'intermédiaire d'opérateurs et de mémoires
 - ↪ Importance déterminante des connaissances

Production de l'action

- ↪ PMG
 - ↪ Schéma de rappel (Invariants et paramètres)
 - ↪ Schéma de reconnaissance

Apprentissages

- ↪ Bases de connaissances (schémas perceptifs et moteurs)
- ↪ Modularisation et réduction de la variabilité

Critique principale

- ↪ Coût fonctionnel du système proposé

Pour devenir de véritables informations les indices doivent être...	enrichis par des mémoires	Ex : Perception d'une œuvre d'art Ex : du hand-ball
	combinés avec d'autres	Ex : accès au temps de pré-contact TC = D / V



Approche cognitive ou computationnel de la perception et de l'action

Support théorique

- ↪ Théorie de la communication (Shannon & Weaver, 1949)
- ↪ Modèle cybernétique
- ↪ Traitement de l'information

Fonction de l'information

- ↪ Représentation de l'environnement

Accès à l'information

- ↪ Indirect
 - ↪ à partir d'indices perçus dans l'environnement
 - ↪ qui sont traités (i.e., identification, sélection, combinaison, enrichissement)
 - ↪ par l'intermédiaire d'opérateurs et de mémoires
 - ↪ Importance déterminante des connaissances

Production de l'action

- ↪ PMG
 - ↪ Schéma de rappel (Invariants et paramètres)
 - ↪ Schéma de reconnaissance

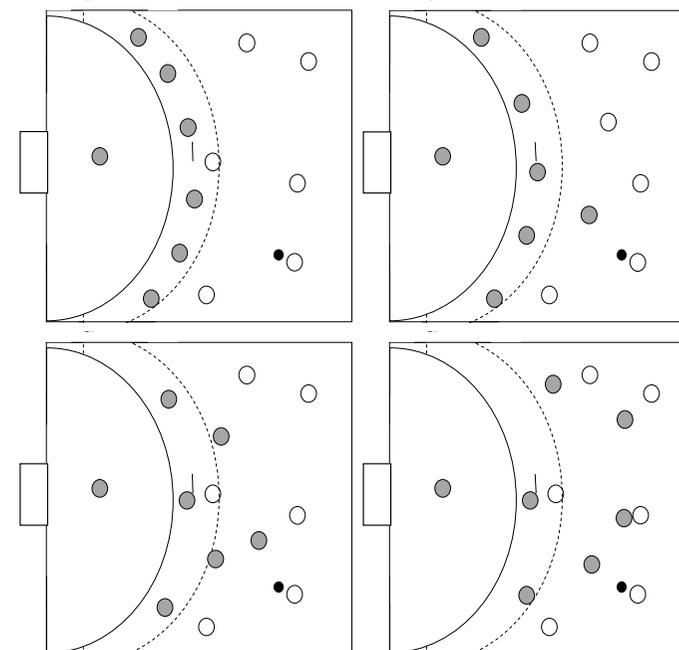
Apprentissages

- ↪ Bases de connaissances (schémas perceptifs et moteurs)
- ↪ Modularisation et réduction de la variabilité

Critique principale

- ↪ Coût fonctionnel du système proposé

Pour devenir de véritables informations les indices doivent être...	enrichis par des mémoires	Ex : Perception d'une œuvre d'art Ex : du hand-ball
	combinés avec d'autres	Ex : accès au temps de pré-contact TC = D / V



Approche cognitive ou computationnel de la perception et de l'action

Support théorique

- ↪ Théorie de la communication (Shannon & Weaver, 1949)
- ↪ Modèle cybernétique
- ↪ Traitement de l'information

Fonction de l'information

- ↪ Représentation de l'environnement

Accès à l'information

- ↪ Indirect
 - ↪ à partir d'indices perçus dans l'environnement
 - ↪ qui sont traités (i.e., identification, sélection, combinaison, enrichissement)
 - ↪ par l'intermédiaire d'opérateurs et de mémoires
 - ↪ Importance déterminante des connaissances

Production de l'action

- ↪ PMG
 - ↪ Schéma de rappel (Invariants et paramètres)
 - ↪ Schéma de reconnaissance

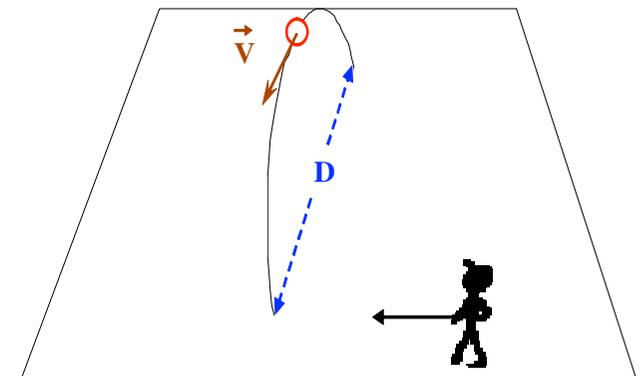
Apprentissages

- ↪ Bases de connaissances (schémas perceptifs et moteurs)
- ↪ Modularisation et réduction de la variabilité

Critique principale

- ↪ Coût fonctionnel du système proposé

Pour devenir de véritables informations les indices doivent être...	enrichis par des mémoires	Ex : Perception d'une œuvre d'art Ex : du hand
	combinés avec d'autres	Ex : accès au temps de pré-contact TC = D / V



Approche écologique de la perception et de l'action

Support théorique

- ↪ Théorie de la Gestalt
- ↪ Rejet des approches traditionnelles
- ↪ Travaux de Gibson

Fonction de l'information :

- ↪ Spécifier les propriétés du système acteur-environnement (SAE)

Accès à l'information

- ↪ Direct
- ↪ A partir d'invariants informationnels prélevés dans le flux perceptif au sein du SAE
- ↪ Pas de traitement, pas de stockage d'information

Production de l'action

- ↪ Auto-organisation
- ↪ Couplage perception-action
- ↪ Lois de contrôle
- ↪ Réduction du nombre de DDL
- ↪ Attracteurs

Apprentissages

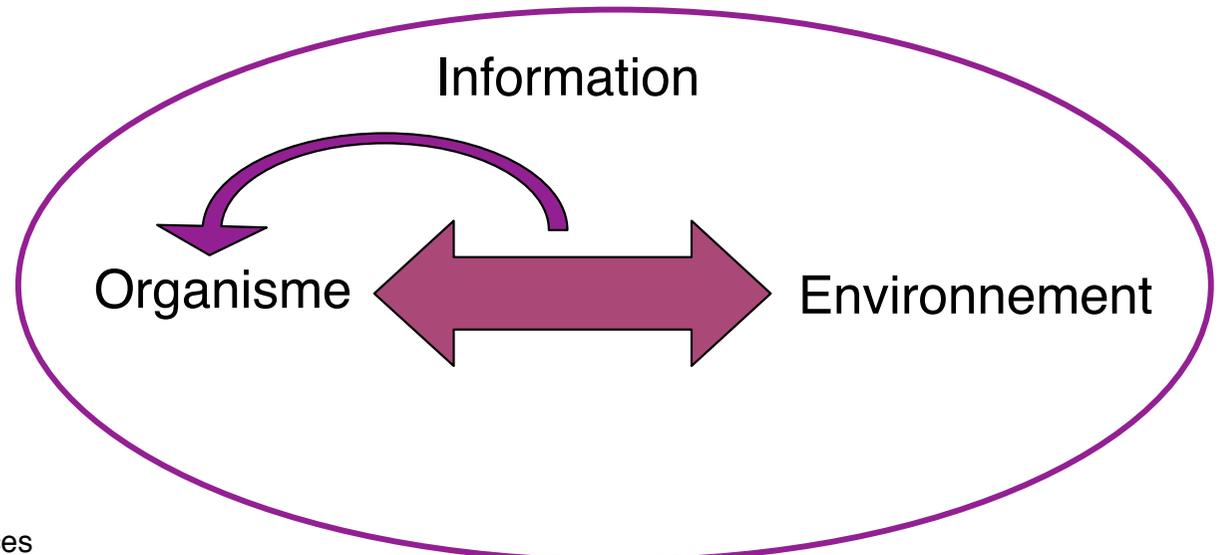
- ↪ Découvertes des affordances
- ↪ Découverte et affinement des lois de contrôle
- ↪ Réduction des DDL

Critiques principales

- ↪ Impossibilité pour expliquer l'influence de certains indices informationnels (vitesse, taille du mobile, mobilité des repères environnementaux, utilisation d'indices comportementaux)
- ↪ Rôle des connaissances et de la mémoire



James Gibson (1979)
« The Ecological Approach to Visual Perception. Boston: Houghton Mifflin. »



Approche écologique de la perception et de l'action

Support théorique

- ↪ Théorie de la Gestalt
- ↪ Rejet des approches traditionnelles
- ↪ Travaux de Gibson

Fonction de l'information :

- ↪ Spécifier les propriétés du système acteur-environnement (SAE)

Accès à l'information

- ↪ Direct
- ↪ A partir d'invariants informationnels prélevés dans le flux perceptif au sein du SAE
- ↪ Pas de traitement, pas de stockage d'information

Production de l'action

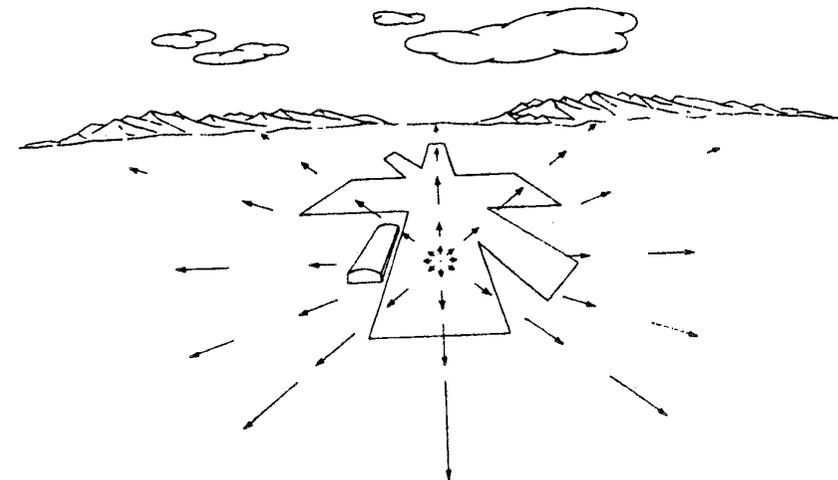
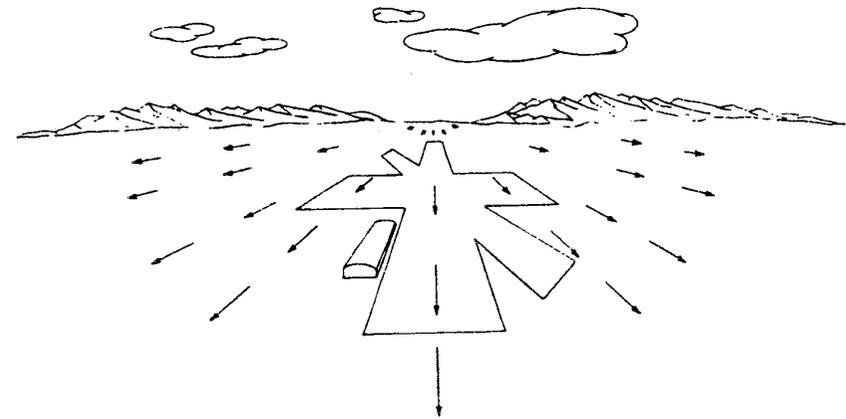
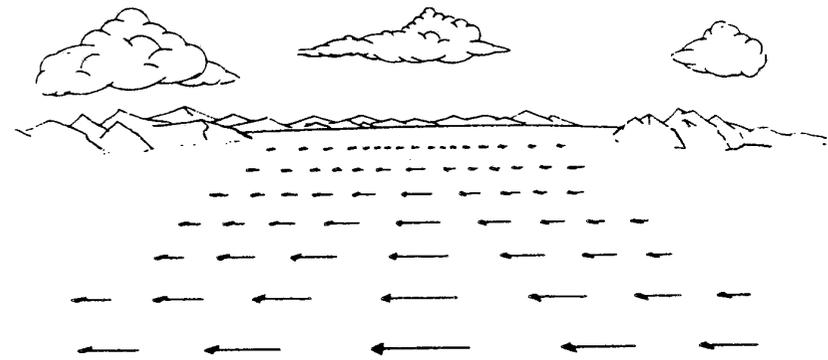
- ↪ Auto-organisation
- ↪ Couplage perception-action
- ↪ Lois de contrôle
- ↪ Réduction du nombre de DDL
- ↪ Attracteurs

Apprentissages

- ↪ Découvertes des affordances
- ↪ Découverte et affinement des lois de contrôle
- ↪ Réduction des DDL

Critiques principales

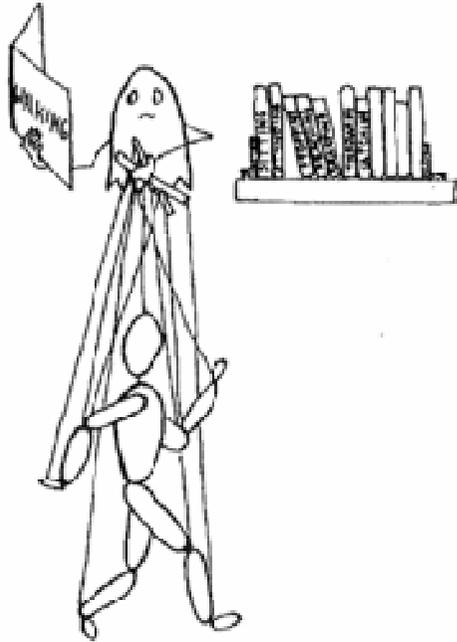
- ↪ Impossibilité pour expliquer l'influence de certains indices informationnels (vitesse, taille du mobile, mobilité des repères environnementaux, utilisation d'indices comportementaux)
- ↪ Rôle des connaissances et de la mémoire



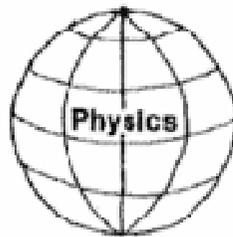
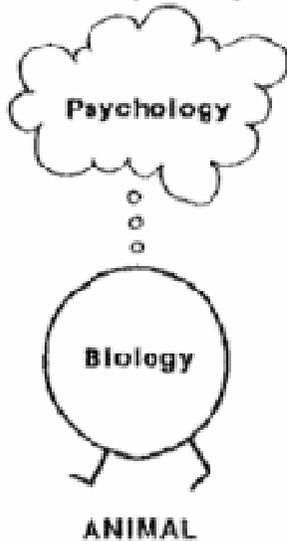
**Théorie
computationnelle
(D. Marr)
(R.A. Schmidt)**

En résumé

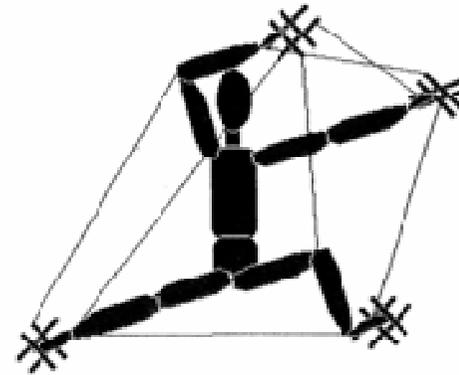
**Théorie
écologique
(J.J. Gibson)
(N. Bernstein)**



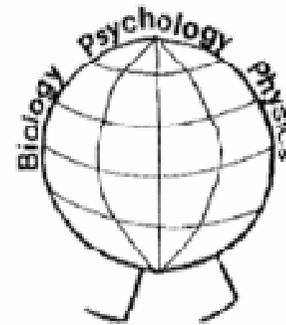
Théories prescriptives



ENVIRONMENT

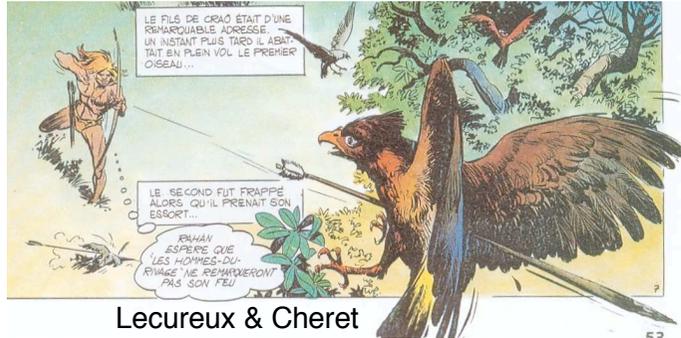


Théories dynamiques



ANIMAL-ENVIRONMENT
SYSTEM

Modèle cognitif (e.g., Marr, 1982)



Lecureux & Cheret



Le but de cette présentation est d'illustrer la controverse de l'accès à l'information dans le cadre de la gestion des contacts avec l'environnement :
Les actions d'interception et d'évitement

Essentielles à la survie des espèces et très spectaculaires

C'était le cas hier ...

C'est le cas encore aujourd'hui !

Modèle écologique (Gibson, 1979)

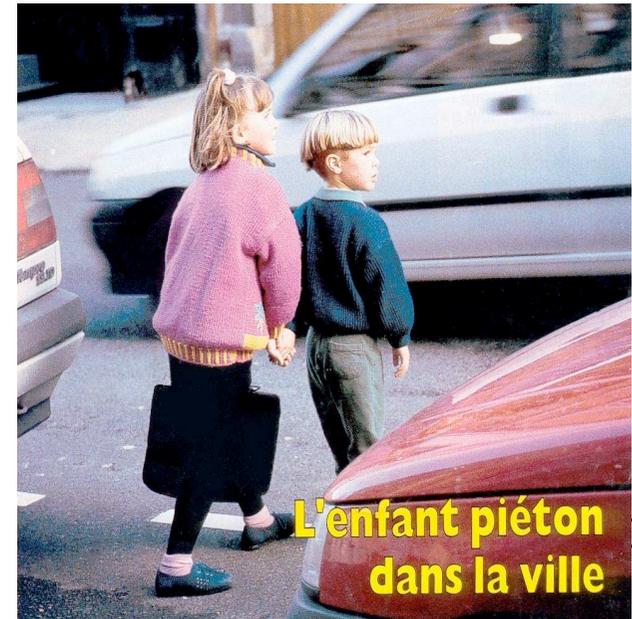


**Quelles sont les questions qui se posent
au plan scientifique à propos
des actions d'interception et d'esquive ?**

Quels processus impliqués ?

Quelles sources d'information utilisées ?

Quels mécanismes de régulation produits ?



Quelles sources d'information utilisées ?

La réponse cognitive : une conception prédictive

Anticipation des systèmes perceptifs

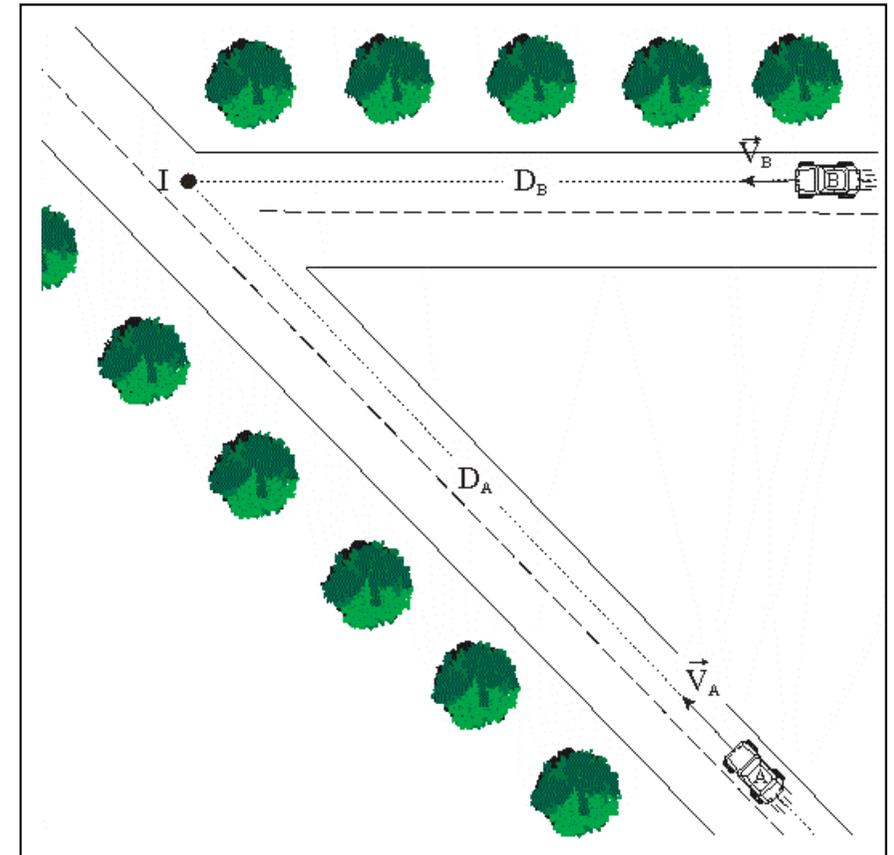
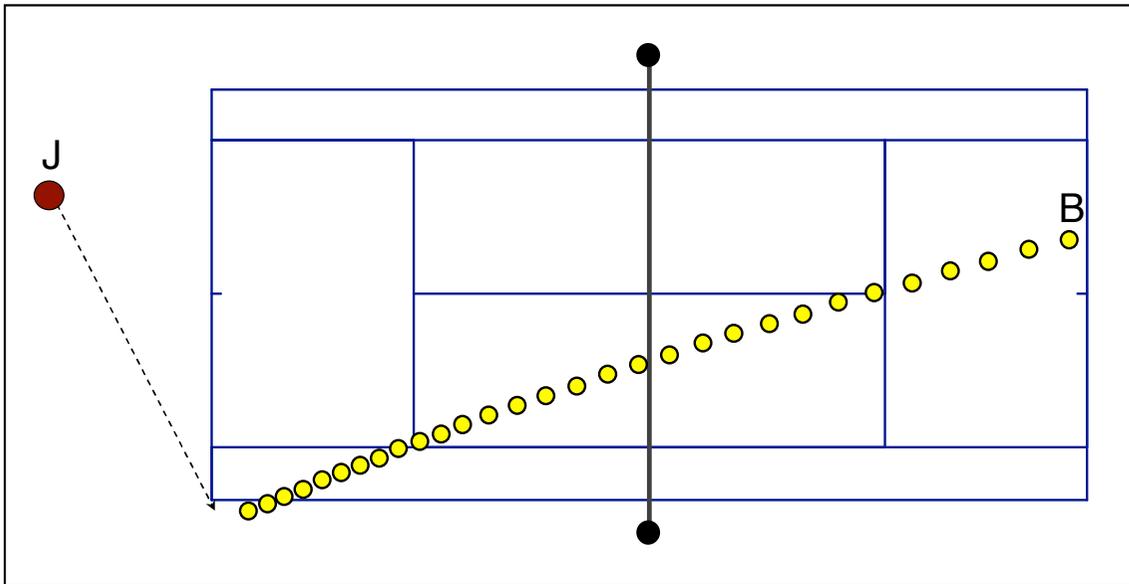
- utilisation d'indices relatifs à la cinématique du mobile (i.e., sa position, sa vitesse, son accélération, etc.)
 - pour reconstruire la trajectoire
 - pour anticiper et prédire le lieu et le moment du contact

La réponse écologique : une conception prospective

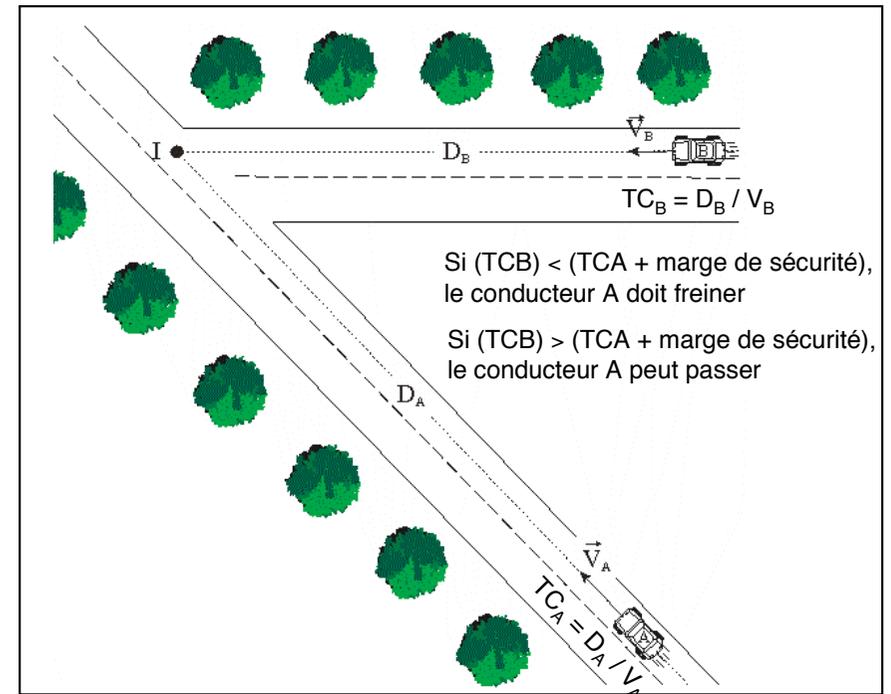
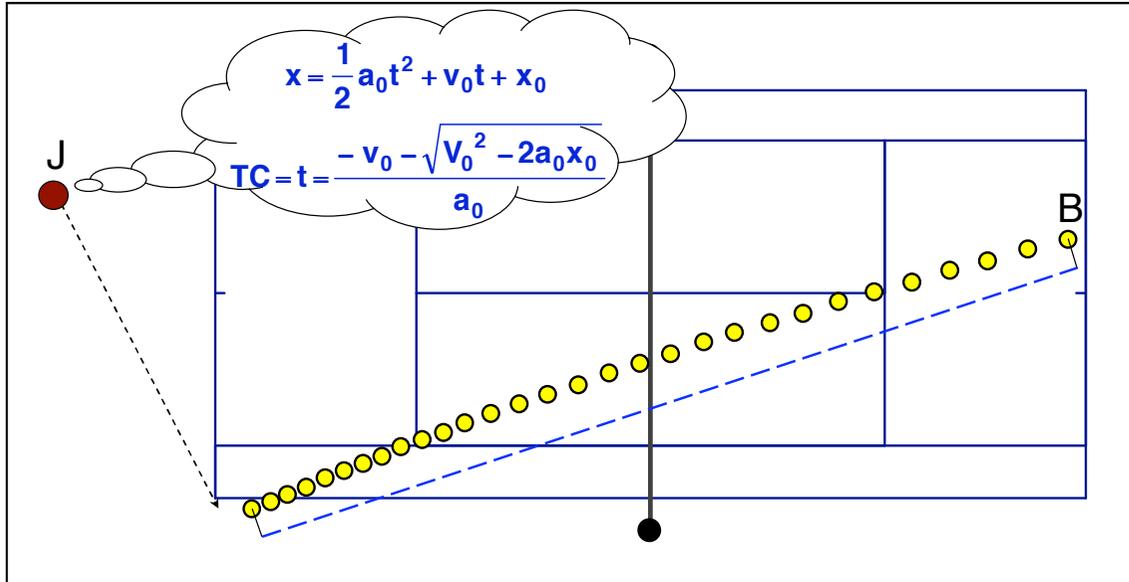
Exploration des systèmes perceptifs

- utilisation d'invariants qui rendent compte directement de la relation à l'environnement
 - pour coupler l'action à la perception ou l'information au mouvement sur la base de lois de contrôle

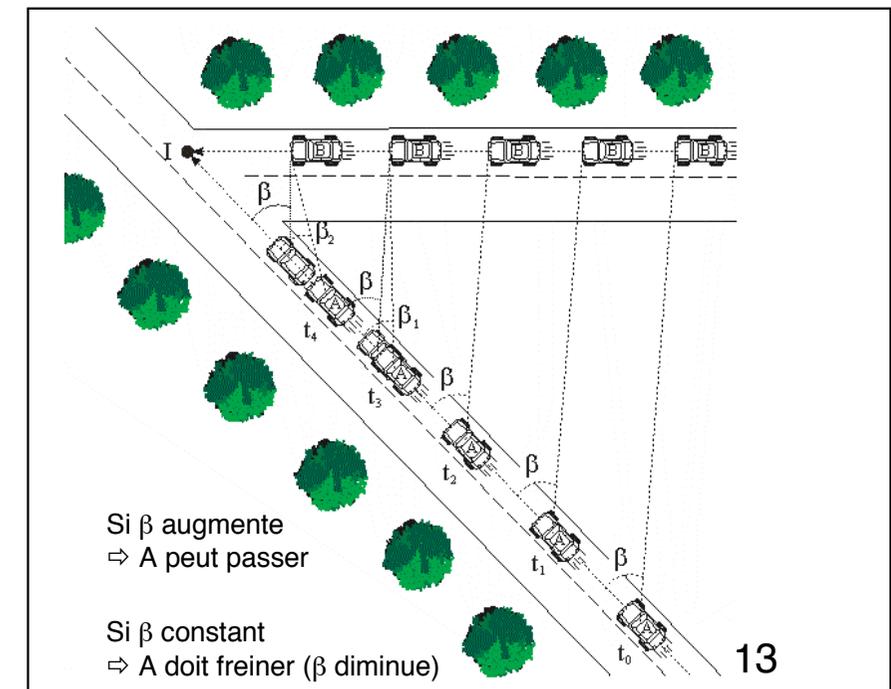
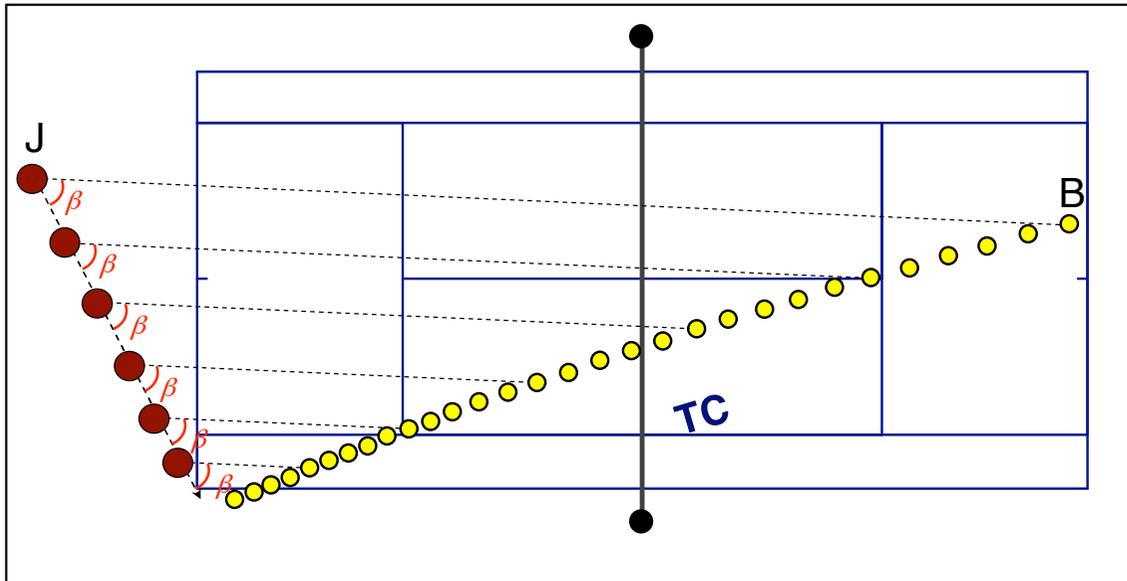
Deux exemples



La réponse cognitive



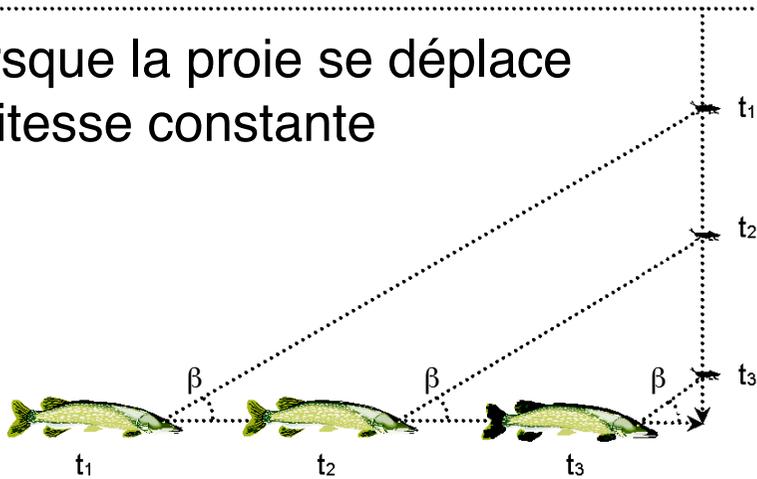
La réponse écologique



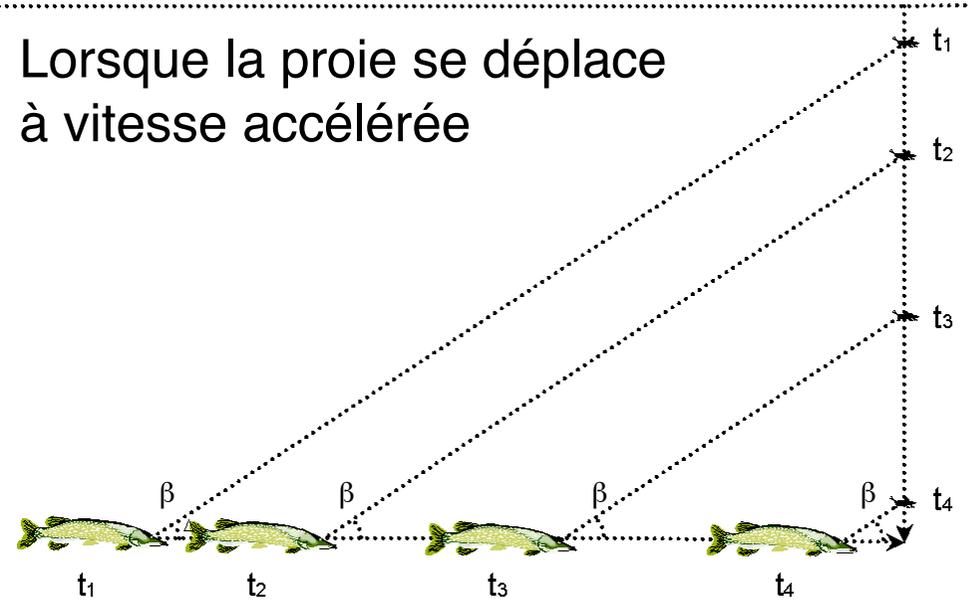
La stratégie de l'angle constant

La stratégie de l'angle constant (constant bearing angle) Un exemple d'utilisation d'un invariant et d'une loi de contrôle

Lorsque la proie se déplace
à vitesse constante

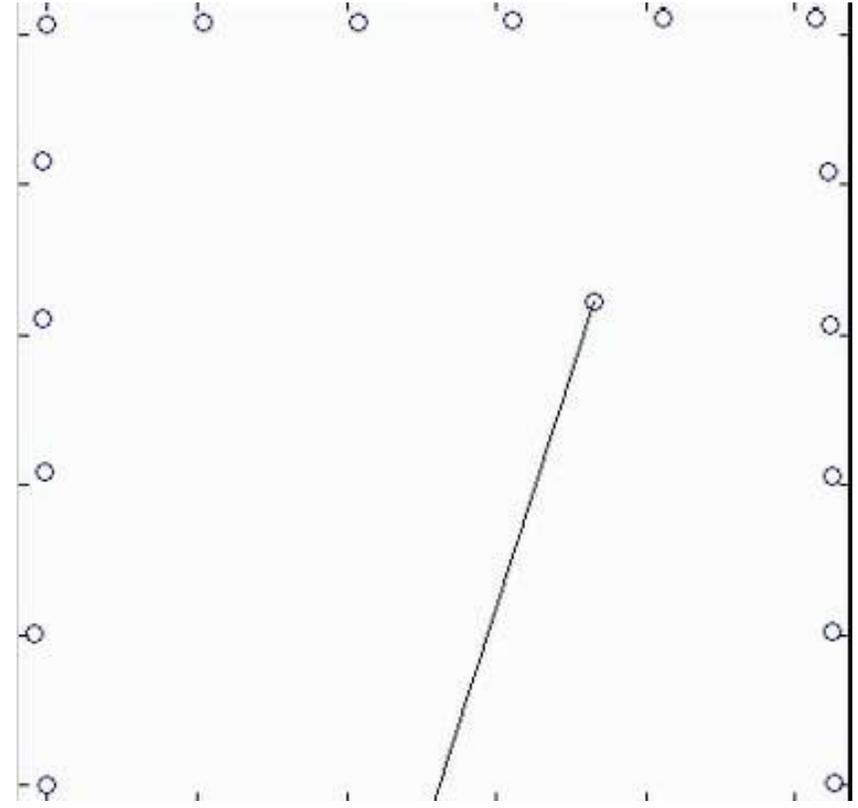
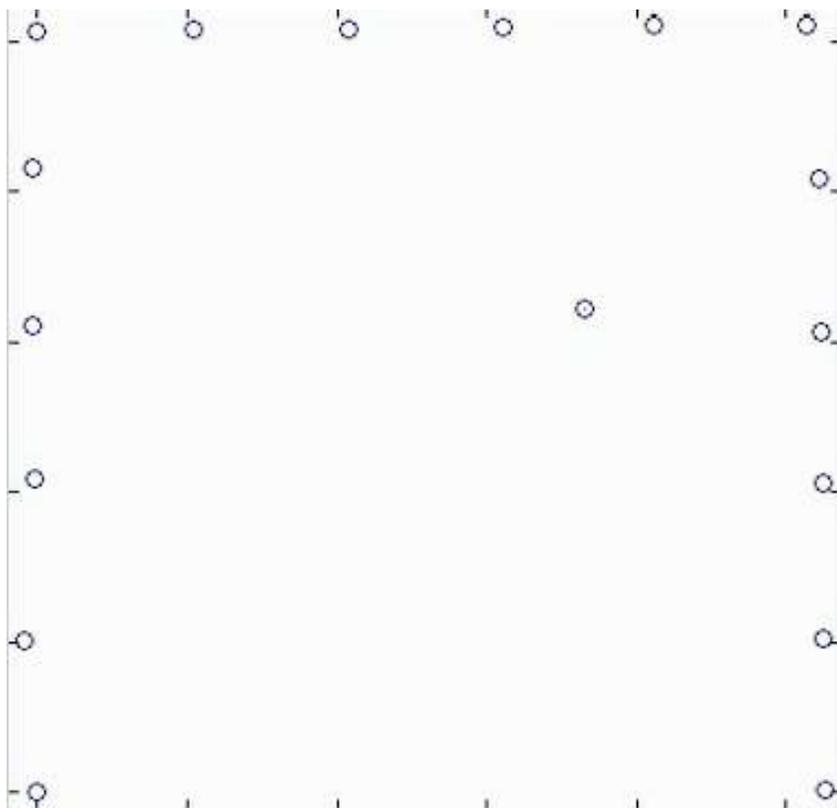
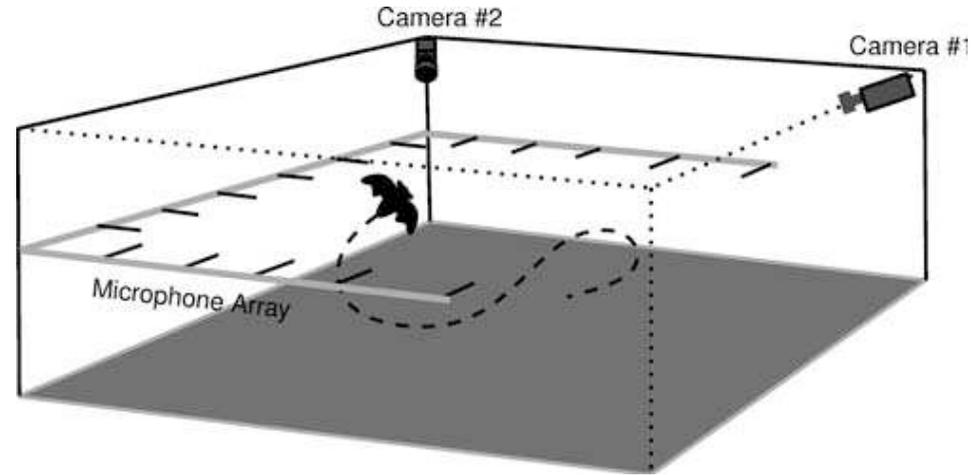
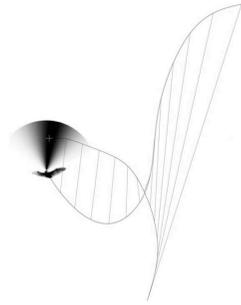


Lorsque la proie se déplace
à vitesse accélérée



Une loi de contrôle extrêmement simple : $M = k \cdot \Delta\beta$

Ghose et al. (2006). Echolocating Bats Use a Nearly Time-Optimal Strategy to Intercept Prey. *Plos Biology*, 5. 865-873.



Lenoir et al. (2002). Rate of change of angular bearing as the relevant property in a horizontal interception task during locomotion. *Journal of Motor Behavior*, 34, 385 – 401.

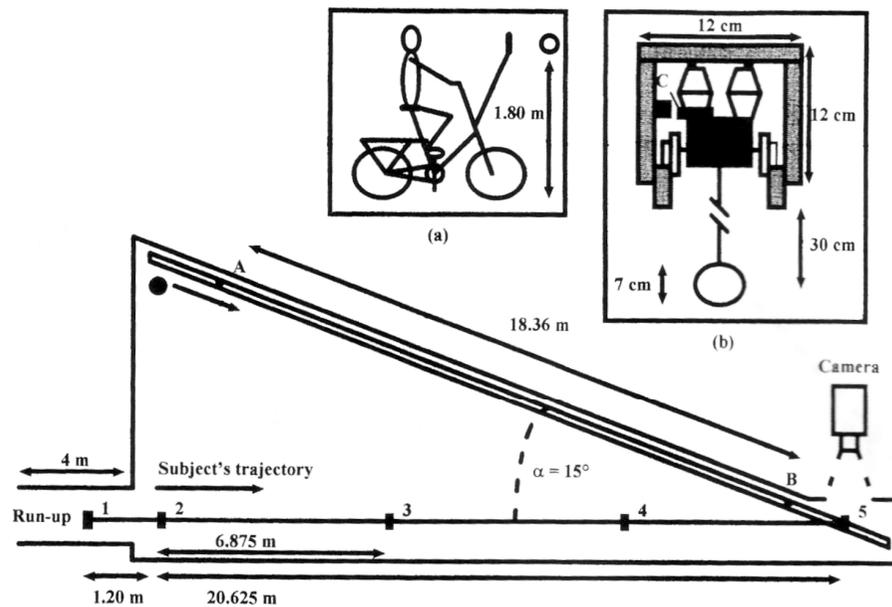


FIGURE 3. Top view of the experimental room (not drawn to scale). Both ball and observer move along straight trajectories that will cross each other in the interception point (5). Figures 1 to 5 represent the switches on the subject's trajectory. The subject started the car by riding over Switch 1 with the front wheel. Inset a provides a lateral view on the interception task. Inset b shows a transverse view of the car and the rail. Two switches in the chute (A and B) are pushed in by C at each passage of the car.

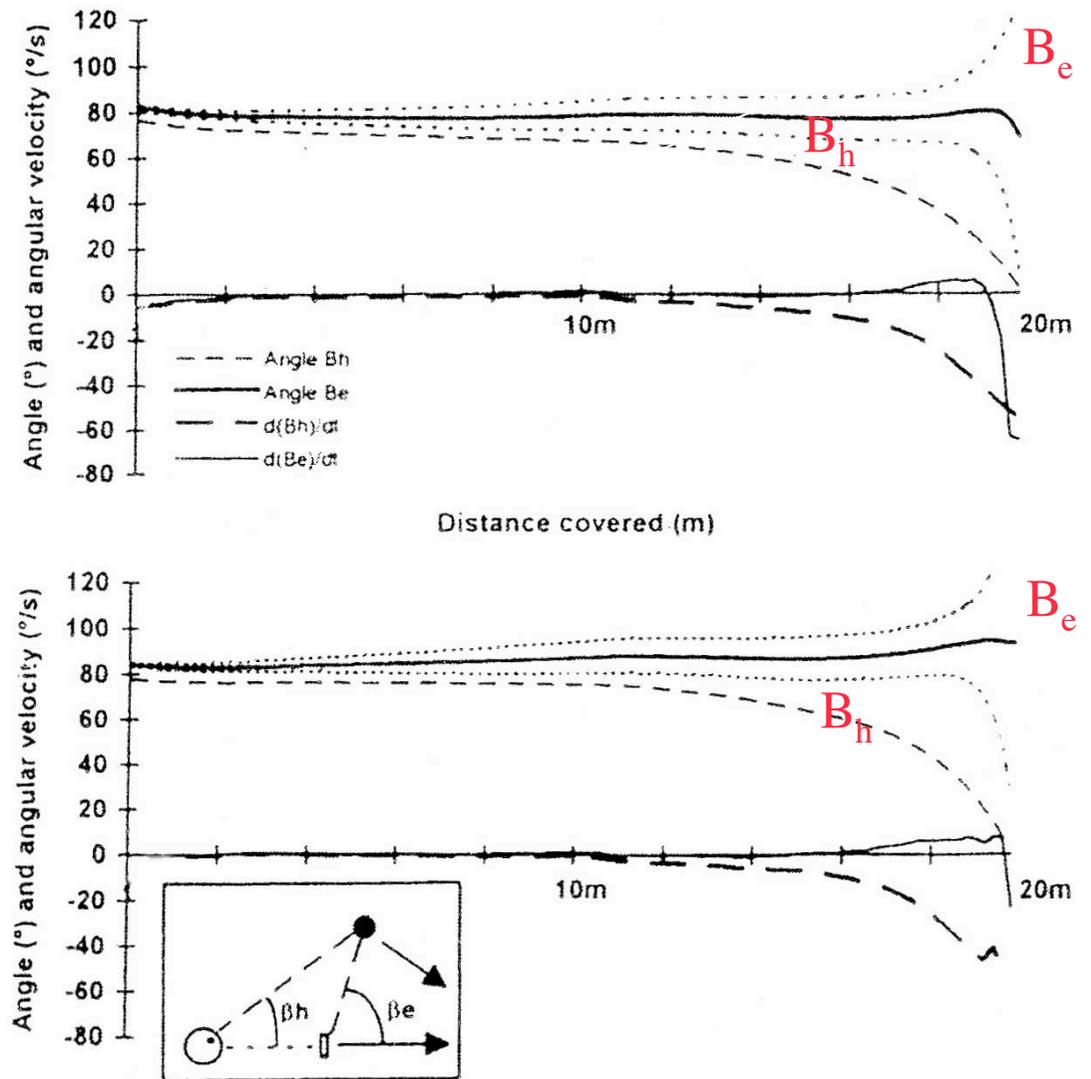
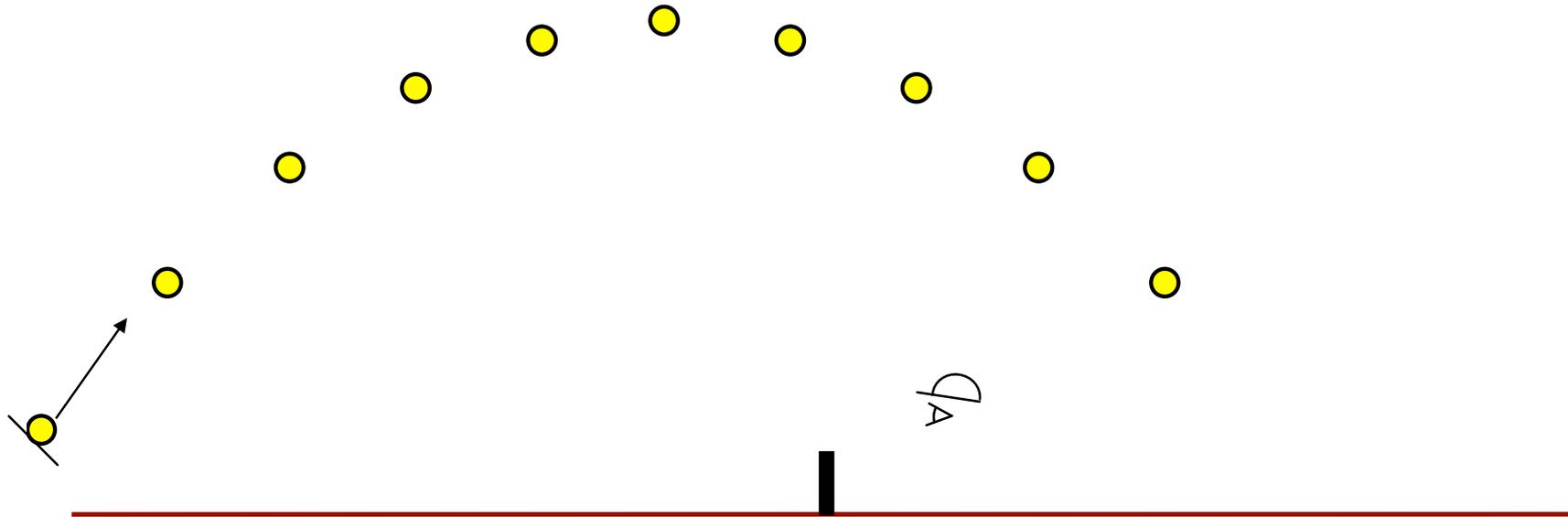


Figure 3.5. The angles β_e (\pm SD) and β_h with their first derivatives plotted against distance covered. β_h is the angle between the line head-ball and the subject's direction of locomotion. β_e represents the angle between the line plate-ball and the direction of locomotion. Curves are averaged over 10 trials for 26 subjects (top: fast trials; bottom: slow trials).

Qu'en est-il des trajectoires paraboliques ?



Qu'en est-il des trajectoires paraboliques ?

McLeod & Dienes (1996). Do fielders know where to go to catch the ball or only how to get there? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 531–543.

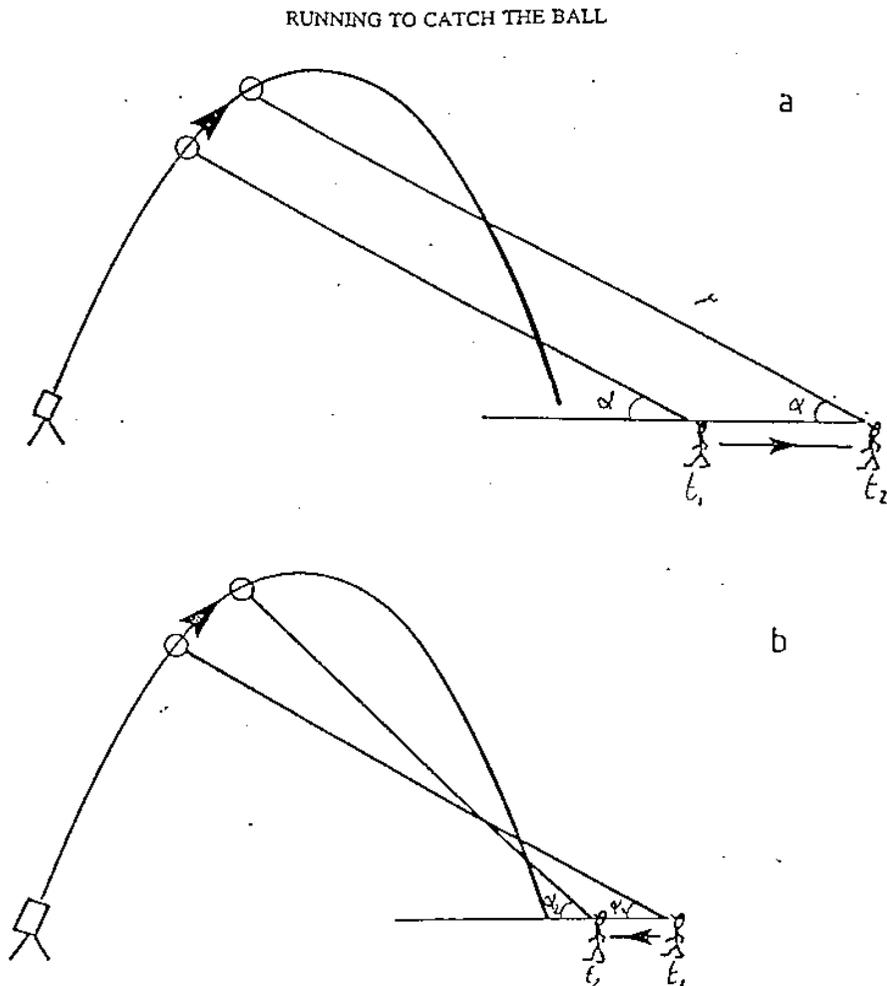


Figure 8. Two strategies for interception when the fielder should run forward. (a) Keeping the angle of elevation of gaze constant is a poor strategy because it can send the fielder in the wrong direction. (b) Allowing the angle of gaze to increase ensures that the fielder moves in the right direction.

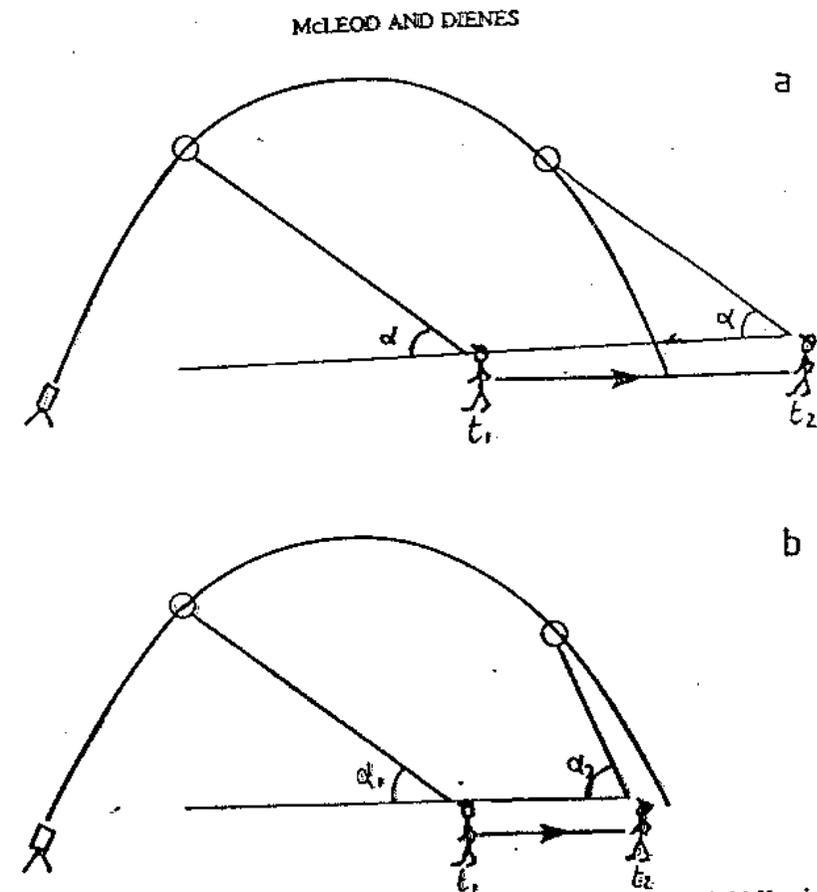


Figure 9. Two strategies for interception when the fielder is running backward. (a) Keeping the angle of elevation of gaze constant is an inefficient strategy because it will send the fielder past the point where the catch can be made. (b) Allowing the angle of gaze to increase avoids this problem.

Qu'en est-il des trajectoires paraboliques ?

Todd (1981) Visual information about moving objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7:795–810.

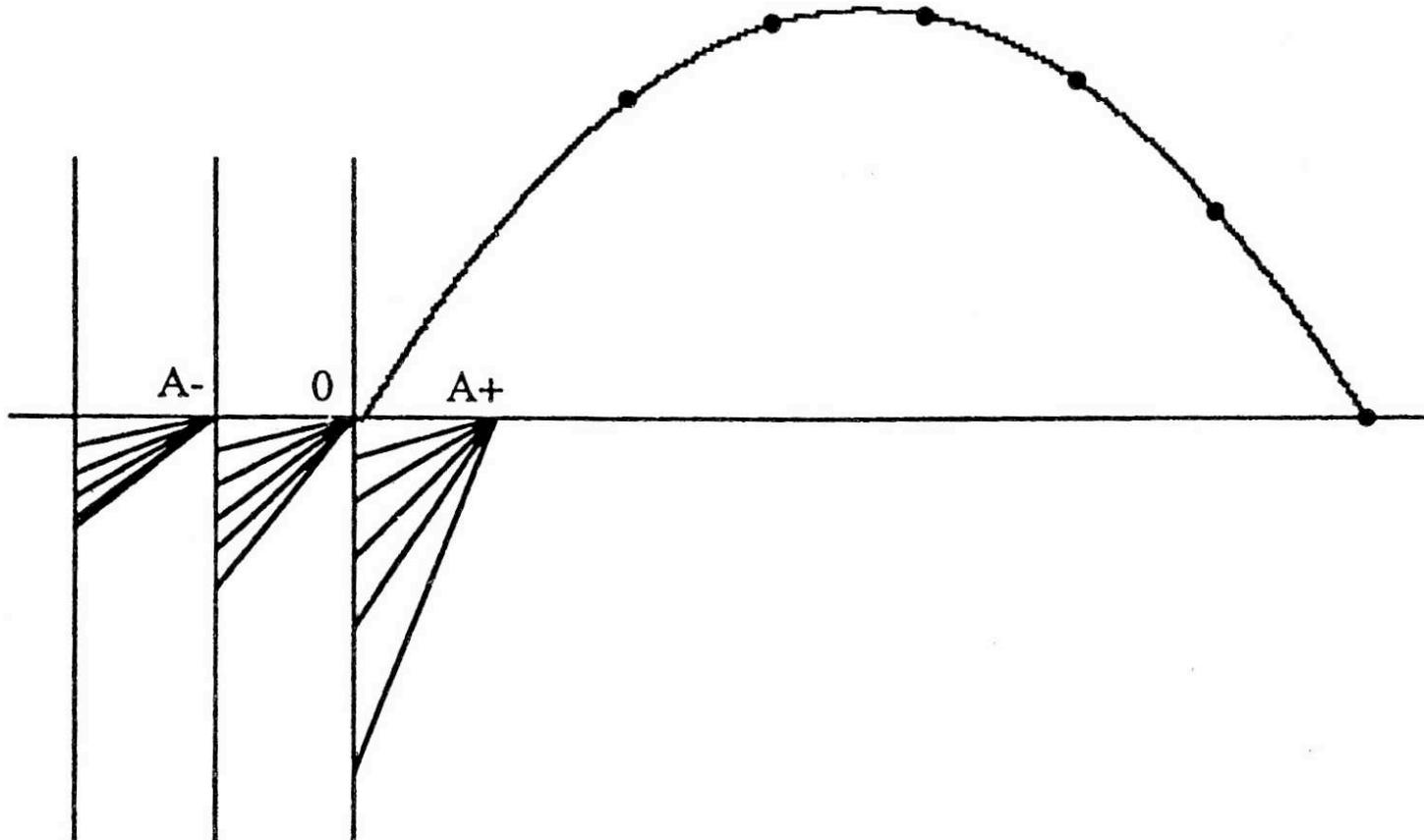
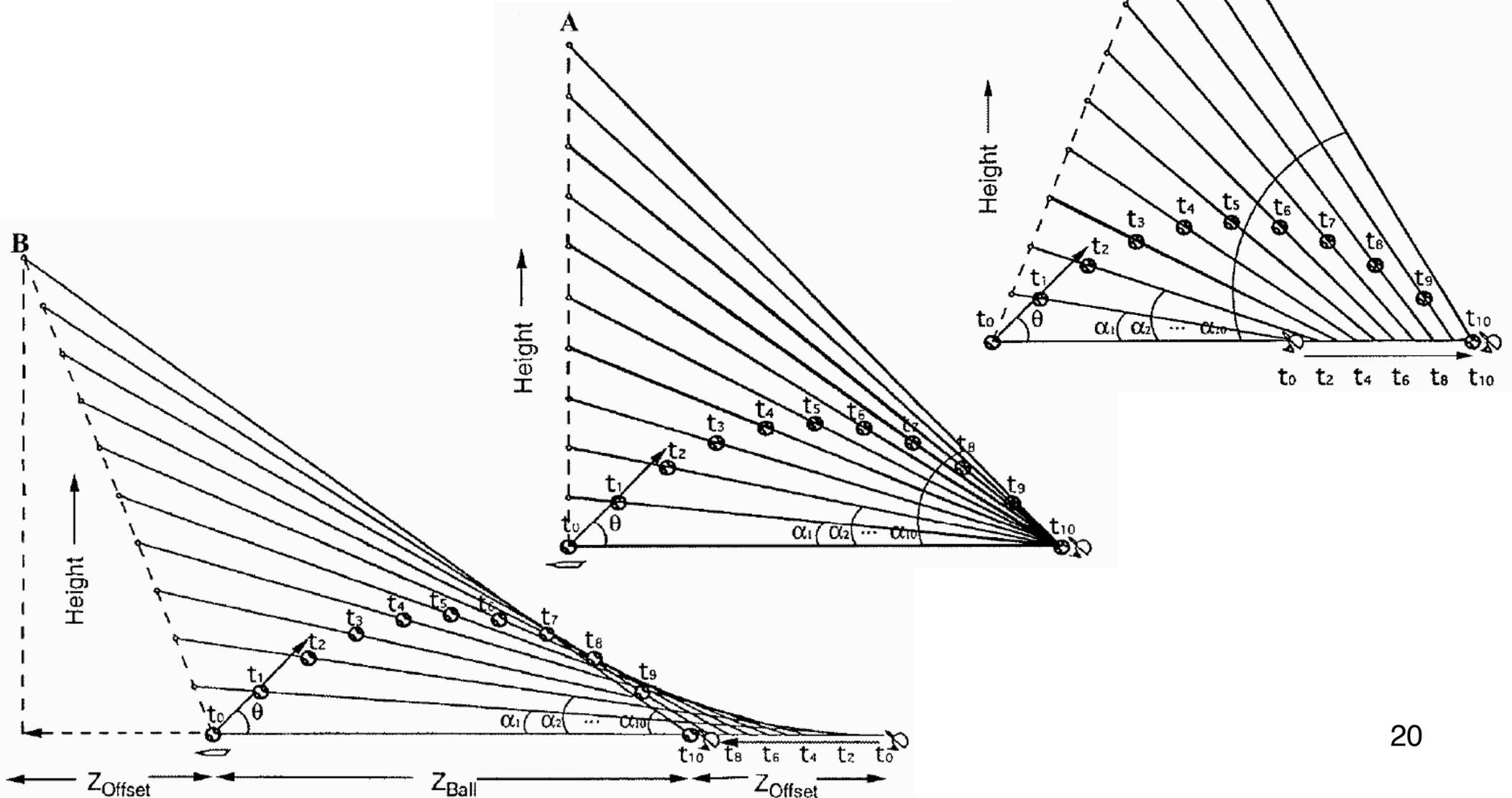


Figure 1: Patrons de déplacement optique observés lorsque l'acteur est placé en arrière du point de chute de la balle (A-: accélération optique négative) au niveau du point de chute (0: accélération optique nulle) et en avant du point de chute (A+: accélération optique positive). La résistance de l'air n'est pas prise en compte ici.

Shaffer & McBeath (2002). Baseball outfielders maintain a linear optical trajectory when tracking uncatchable fly balls. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 335–348.

Stratégie de l'annulation de l'accélération optique [Optical Acceleration Cancellation (OAC)]



McLeod & Dienes (1993). Running to catch the ball. *Nature* 362:23

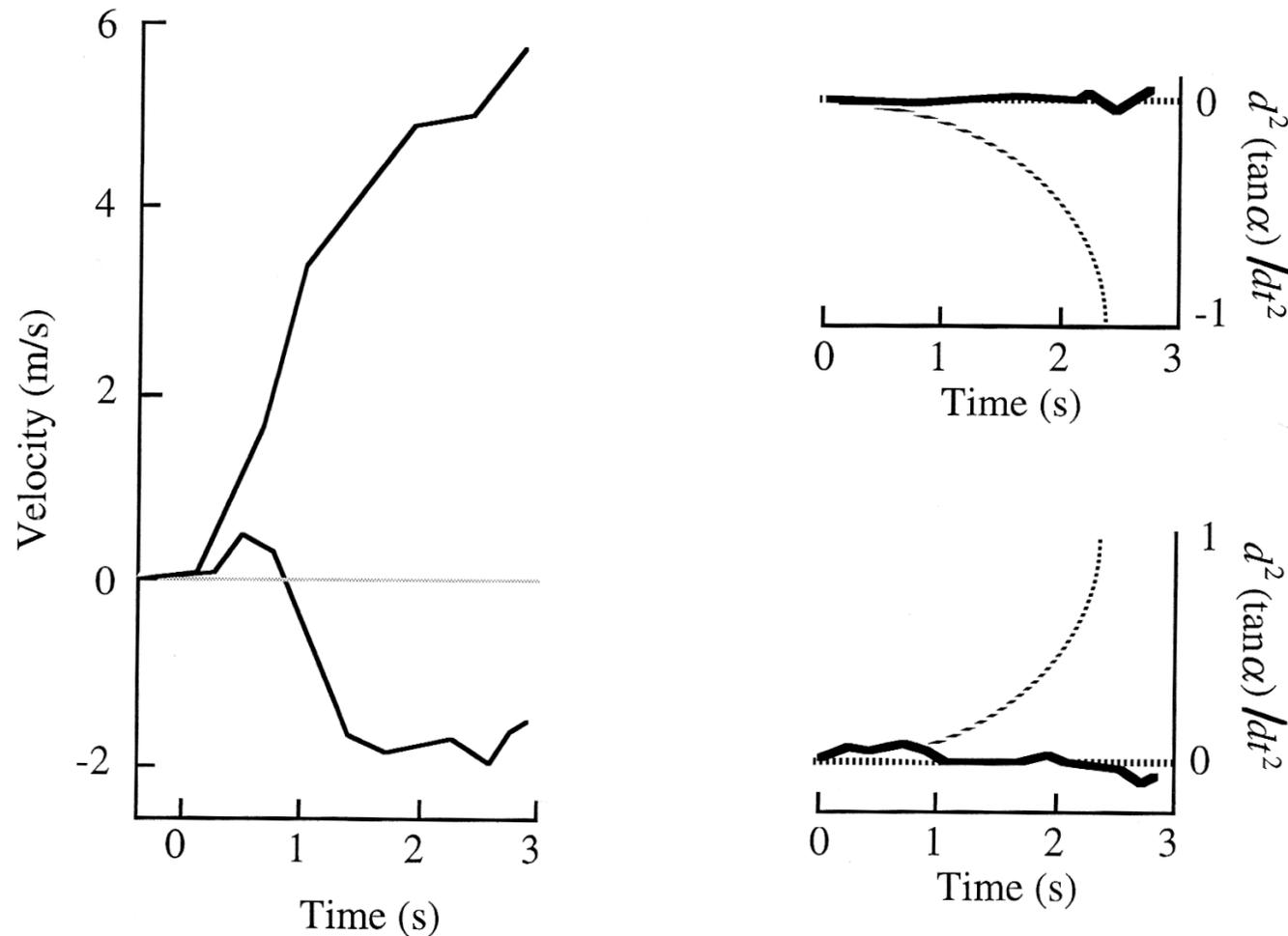
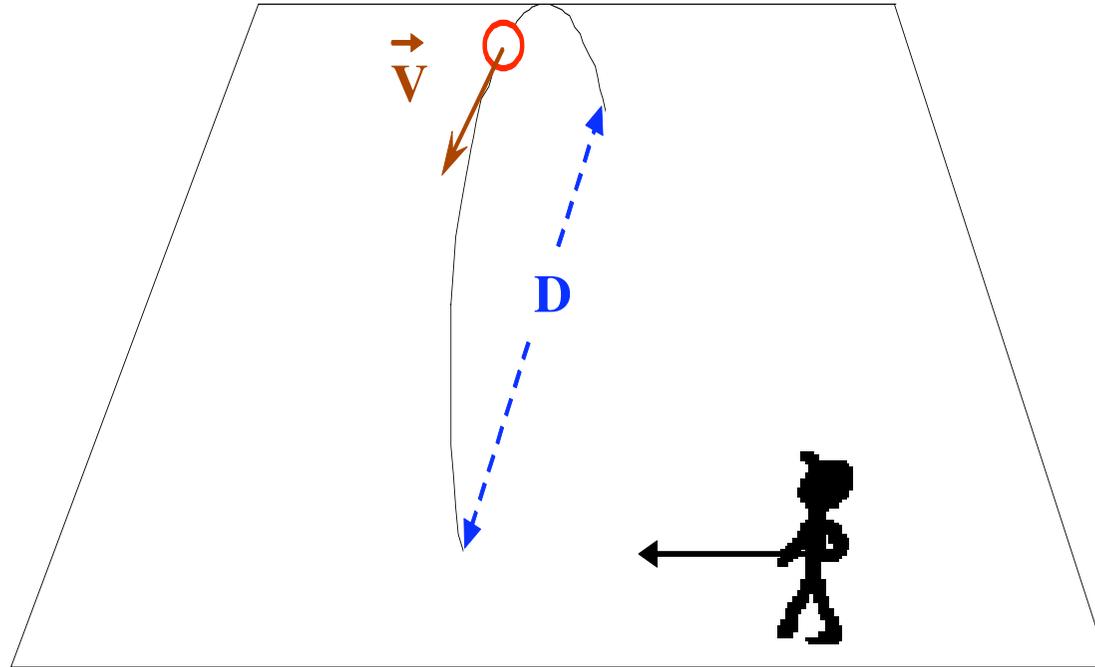


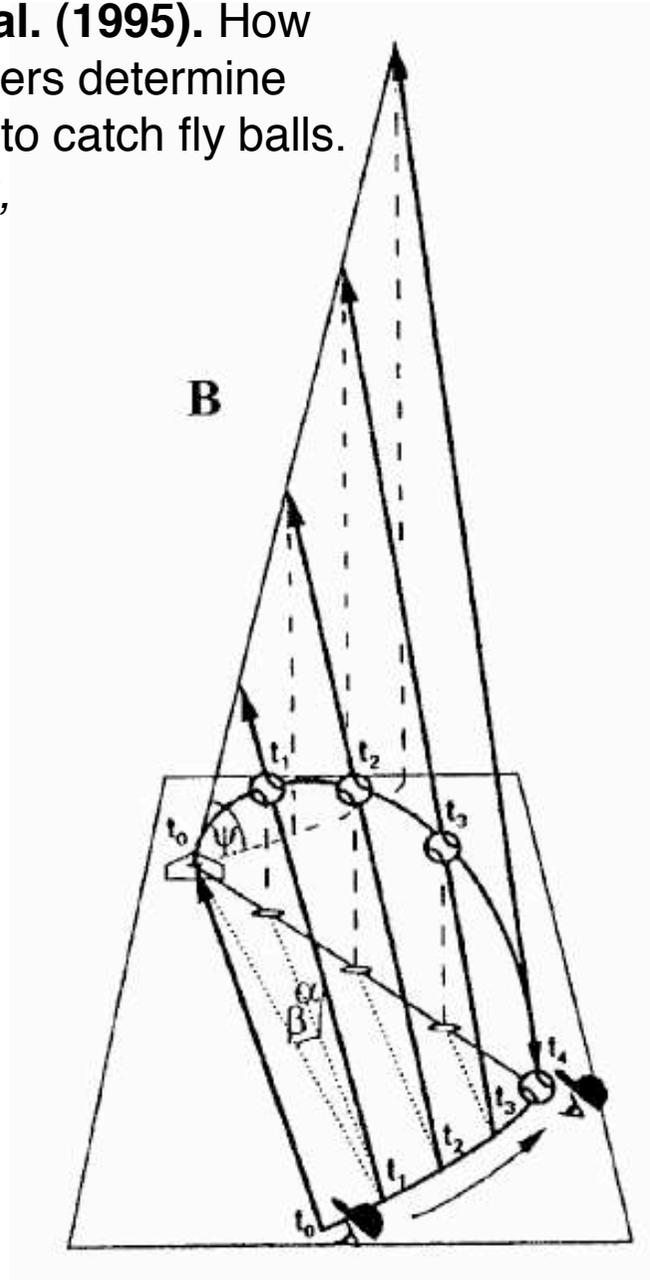
Figure 2: (A) Profils de vitesse caractérisant les déplacements d'un acteur engagé dans une tâche de capture lorsque la balle est projetée en avant (vitesse positive) et en arrière (vitesse négative) de l'acteur. (B) Evolution de l'accélération verticale optique telle qu'elle aurait été observée si l'acteur était resté immobile tout au long de l'essai (traits pointillés) et lorsque les déplacements de l'acteur sont pris en compte (traits pleins) (d'après McLeod et Dienes, 1993).

Qu'elle est la stratégie lorsque le joueur n'est pas dans le plan de la trajectoire ?

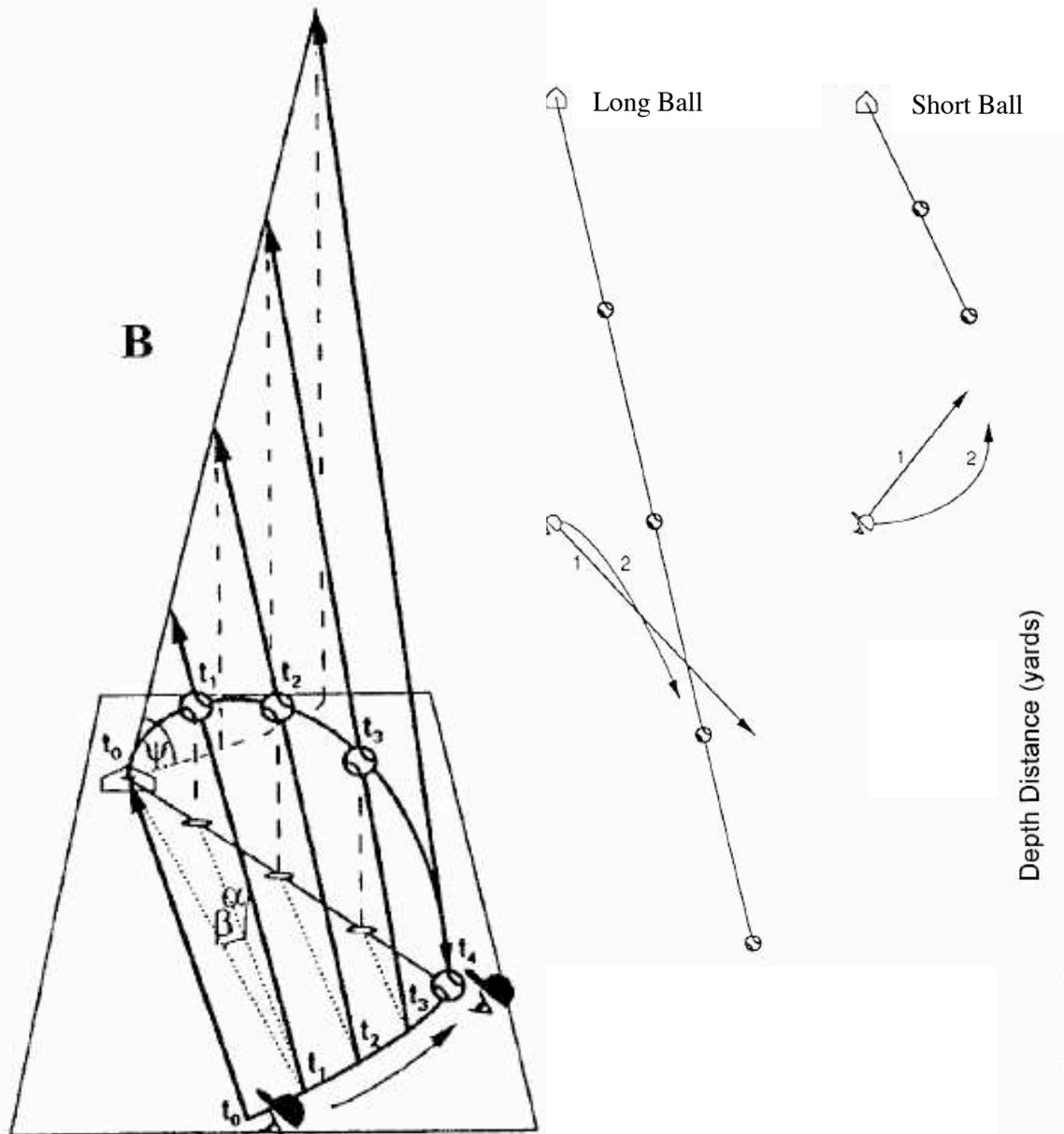


Stratégie de linéarisation optique de la trajectoire Linearisation of the Optical Trajectory (LOT)

McBeath et al. (1995). How
baseball fielders determine
where to run to catch fly balls.
Science, 268,
569–573.

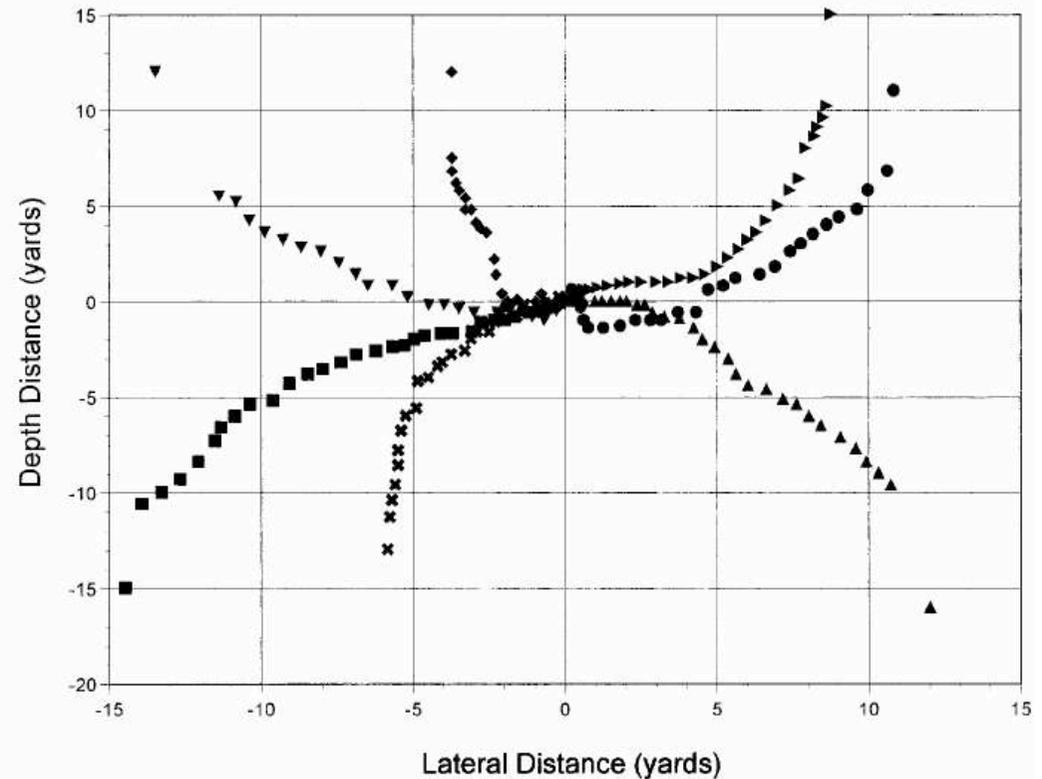


Stratégie de linéarisation optique de la trajectoire Linearisation of the Optical Trajectory (LOT)



Shaffer & McBeath (2002).

Baseball outfielders maintain a linear optical trajectory when tracking uncatchable fly balls. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 335–348.



Shaffer et al. (2004). How Dogs Navigate to Catch Frisbees. *Psychological Science*, 15: 437–441.



Fig. 2. Lilly the dog with the camera attached to her head and battery packs and transmitter located in a “doggie backpack” on her back. This picture was taken during a training trial in which Lilly was getting accustomed to the equipment.

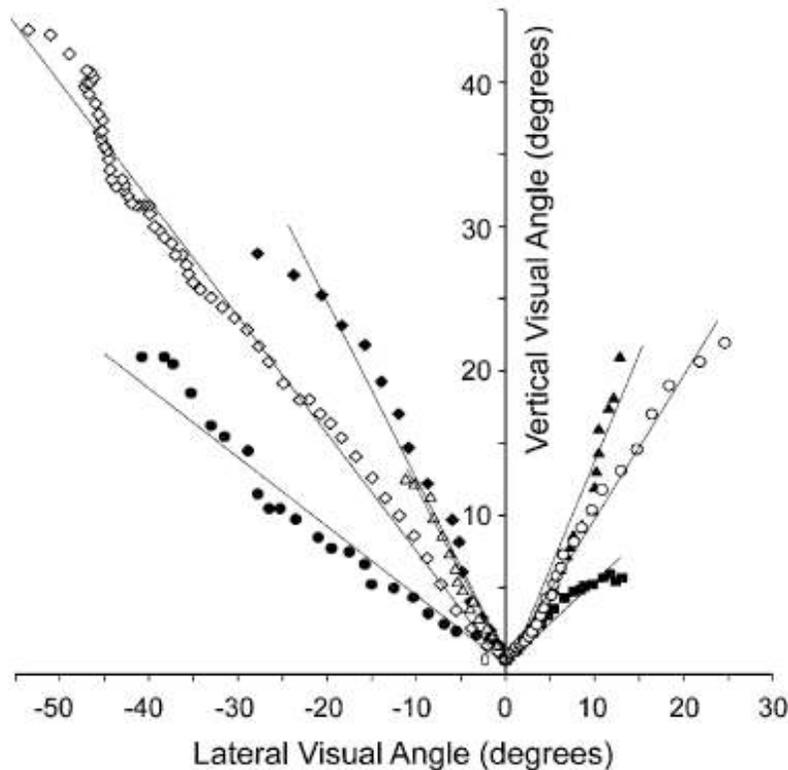


Fig. 3. The optical trajectories of Frisbees on seven representative trials. Frisbee position is plotted as the lateral visual angle, β (in degrees), by the vertical visual angle, α (in degrees), at each 1/30-s video frame. The line over each of the trajectories is the estimate of the best-fit line used to compute the R^2 value. Open symbols are optical trajectories for Lilly, and filled symbols are optical trajectories for Romeo.

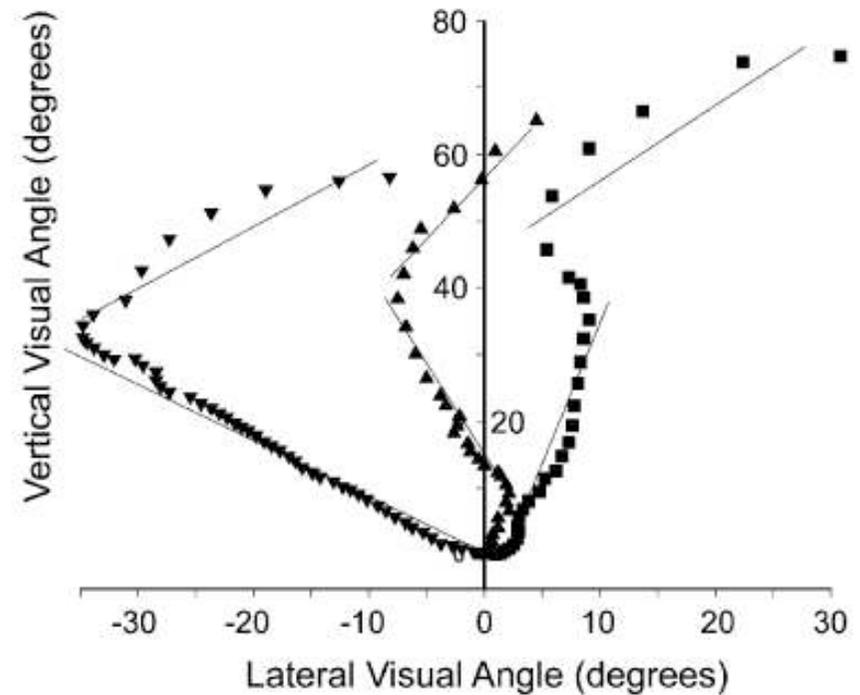
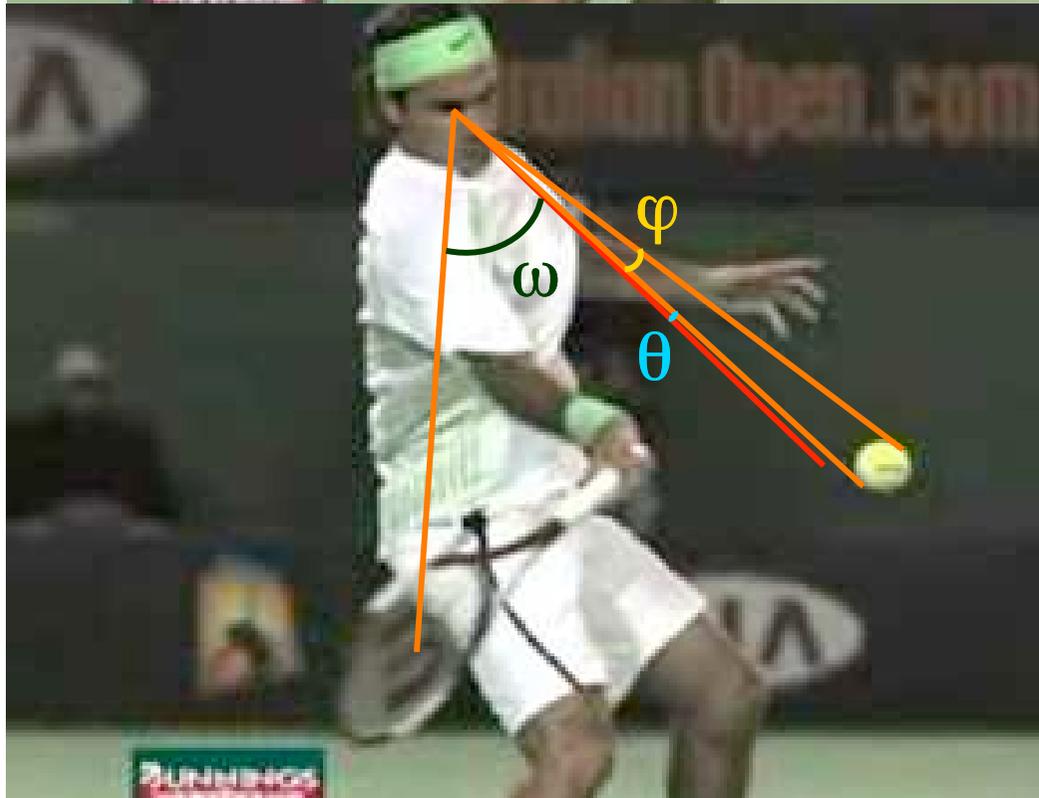
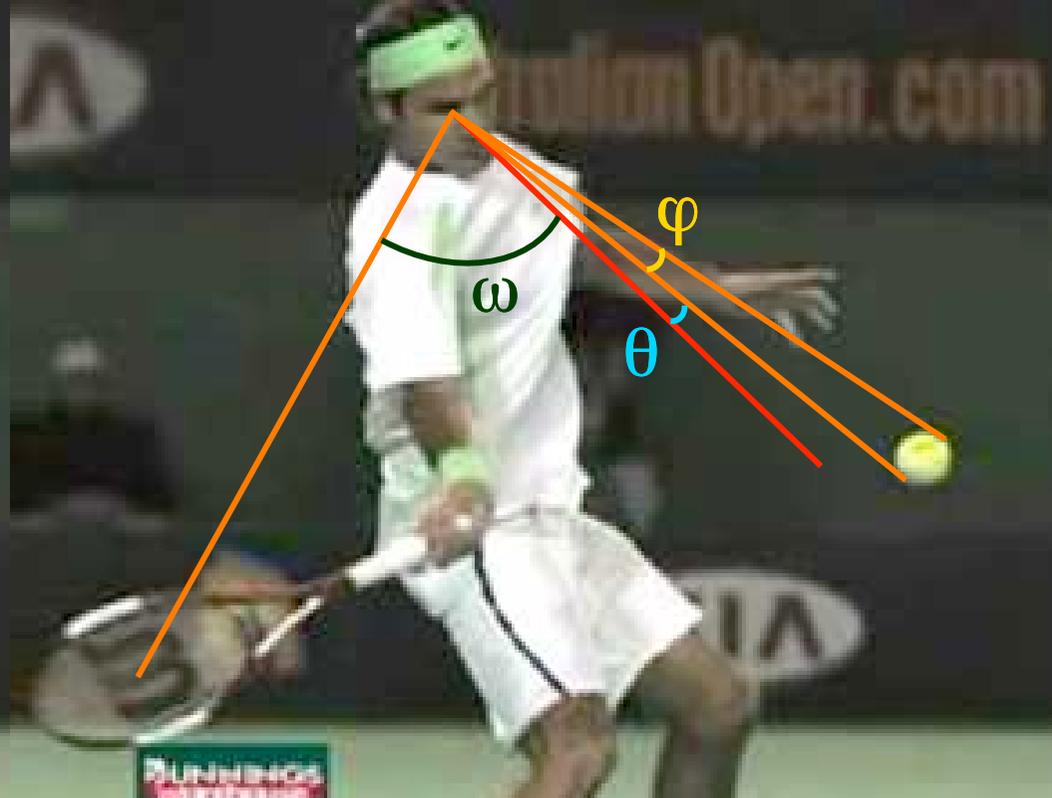
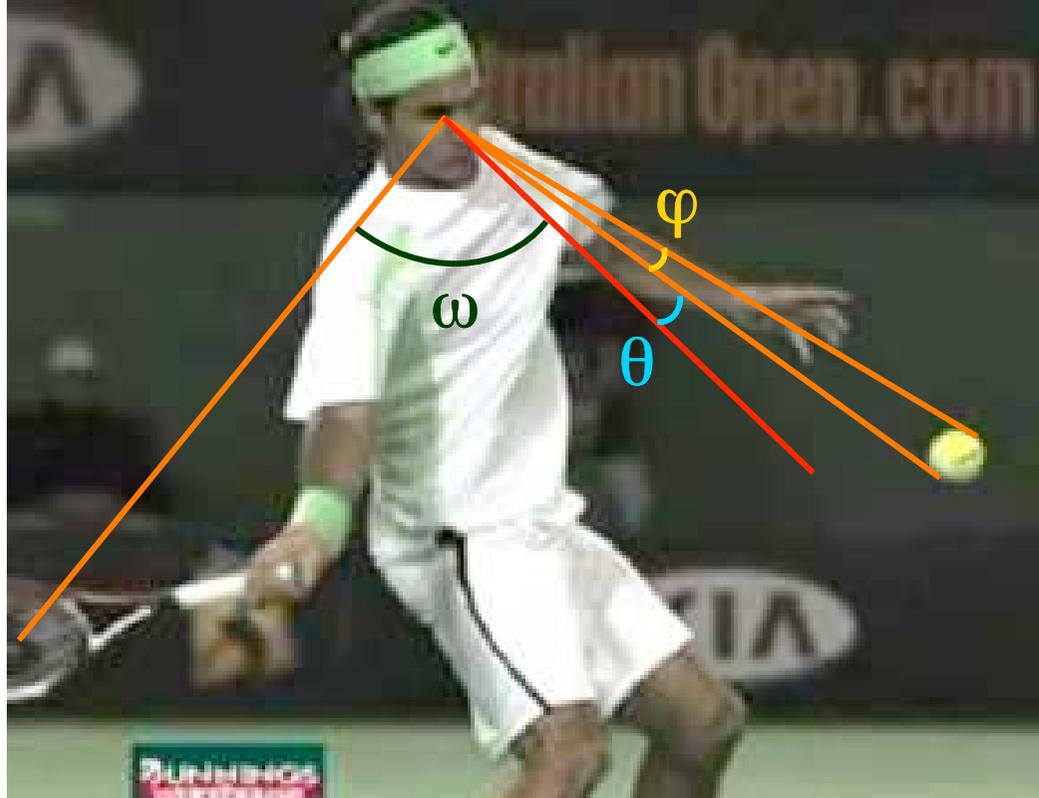


Fig. 4. The optical trajectories of Frisbees on three representative trials in which the Frisbee was deliberately thrown to make a large perturbation in its trajectory. Frisbee position is plotted as the lateral visual angle, β (in degrees), by the vertical visual angle, α (in degrees), at each 1/30-s frame. The line over each of the trajectories is the estimate of the best-fit line used to compute the R^2 value.

Le timing de l'effecteur





Une loi de contrôle pour le timing de l'effecteur

Le modèle de la vitesse requise (Peper et al., 1994)

$$\ddot{X}_{M_{req.}} = \alpha \dot{X}_{M_{req.}} - \beta \dot{X}_{M_{cour.}}$$

$\ddot{X}_{M_{req.}}$ Accélération requise de la main

$\dot{X}_{M_{cour.}}$ Vitesse courante de la main

α β Constantes de calibration

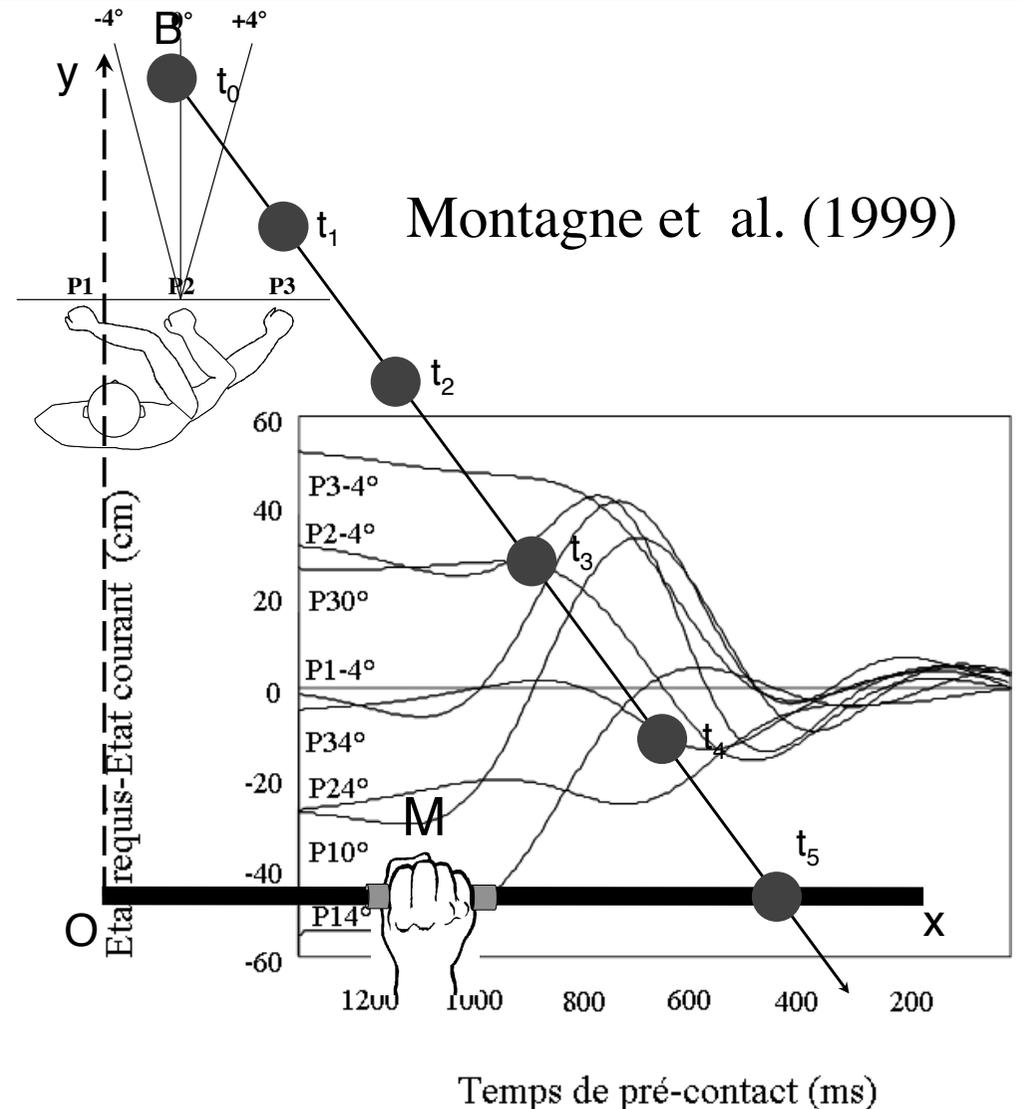
$$\dot{X}_{M_{req.}} = \frac{X_B - X_{M_{cour.}}}{TC_B}$$

$X_{M_{cour.}}$ Position courante de la main

TC_B Temps de pré-contact de la balle

X_B Position courante de la balle

Pour résumer le principe : Le mvt est produit sur la base du différentiel qui existe entre le mvt produit et le mvt requis.



La question de l'information

$$\dot{X}_{M_{req.}} = \frac{X_B - X_{M_{cour.}}}{TC_B}$$

$X_{M_{cour.}}$ Informations visuelles et/ou proprioceptives

$$TC_B = \frac{1}{TC1} = \frac{1}{\tau(\varphi, \theta)} = \frac{\dot{\varphi}}{\sin\varphi} - \frac{\dot{\theta}}{\sin\theta}$$

X_B correspondant à :

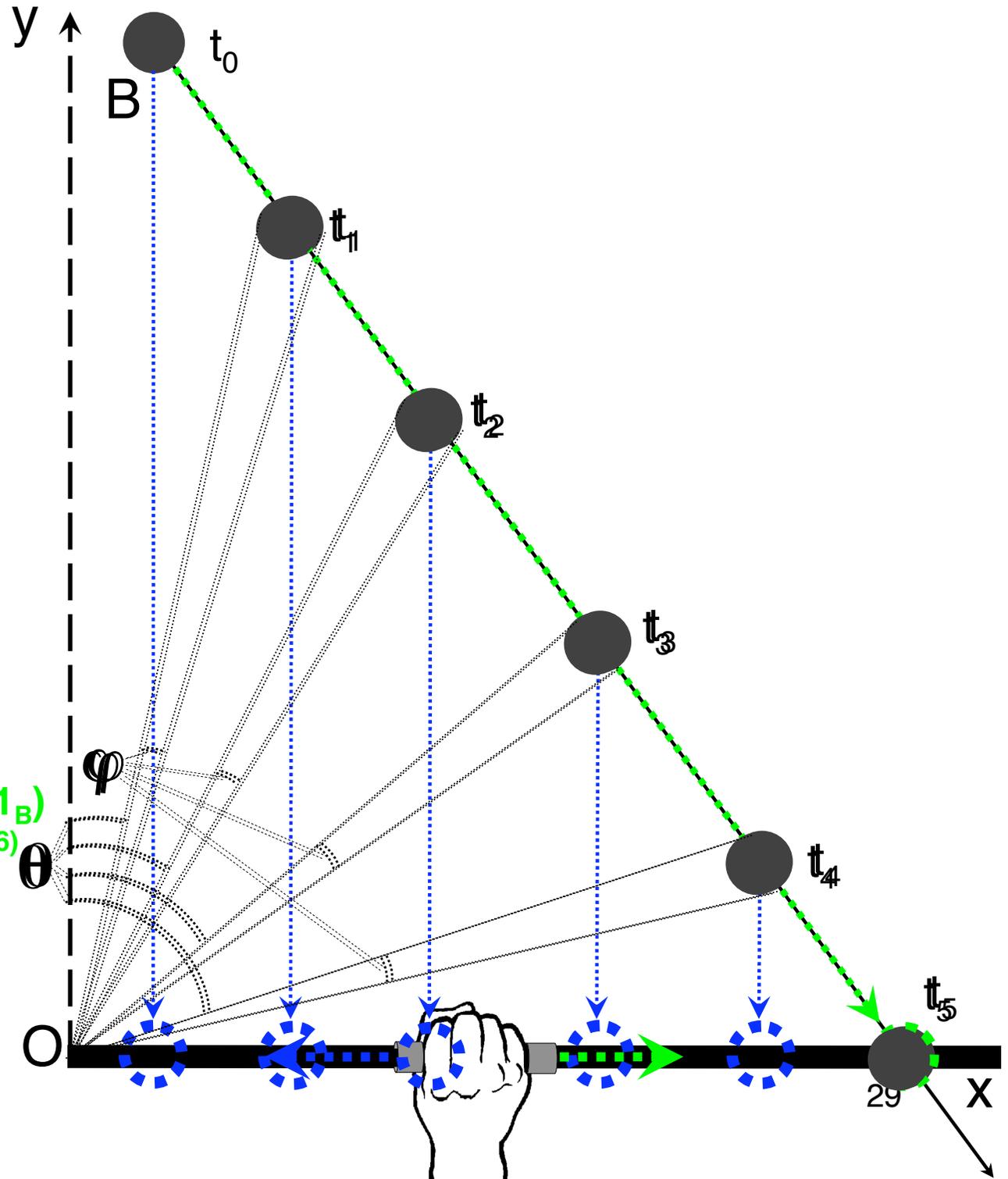
la position latérale sur X ($X0_B$)
(Peper et al., 1994 ; Montagne et al., 1999)

la position et la vitesse latérale ($X1_B$)
(Jacobs & Michaels, 2006 ; Arzamarski et al., 2006)

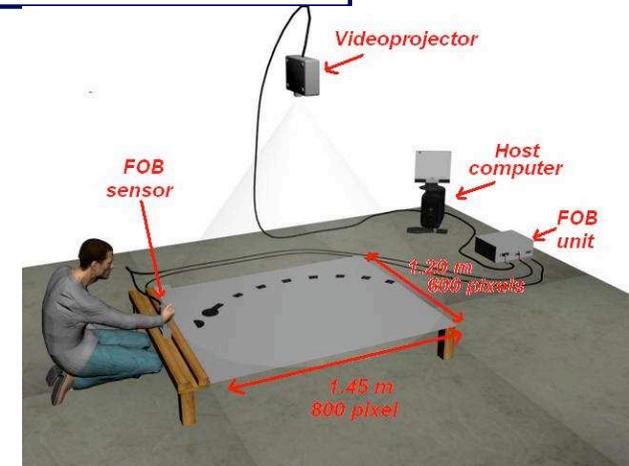
L'accès à l'information :

$X0_B \approx \theta / \varphi$
en unités de balle

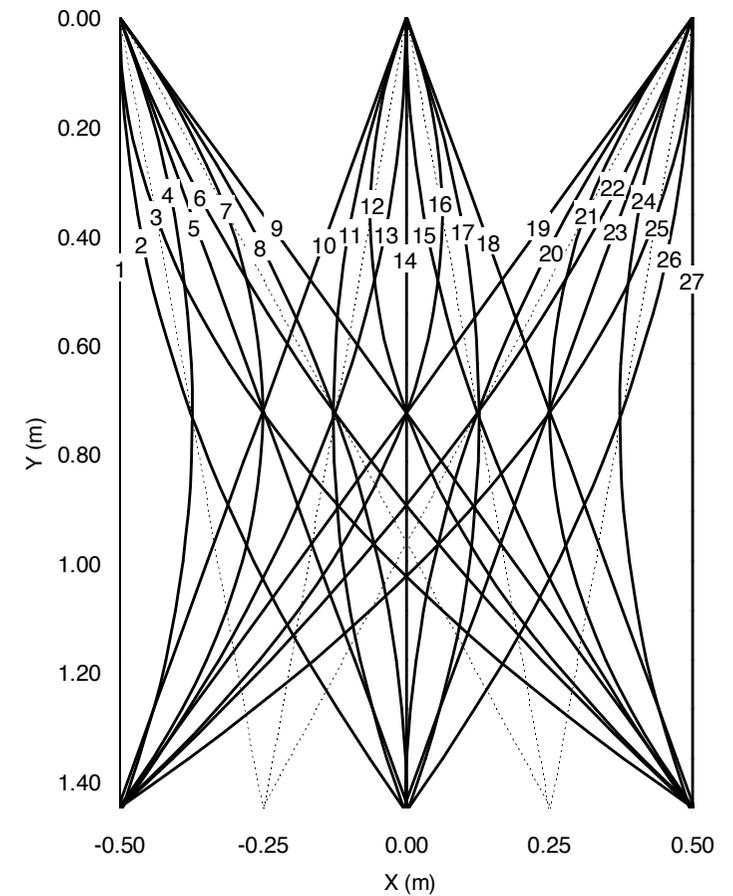
$X1_B \approx \dot{\theta} / \dot{\varphi}$



Les mouvements de rebroussement : une preuve incontestable d'un contrôle prospectif



Benguigui, Morice, Baurès, Couthino, Montagne et Bootsma

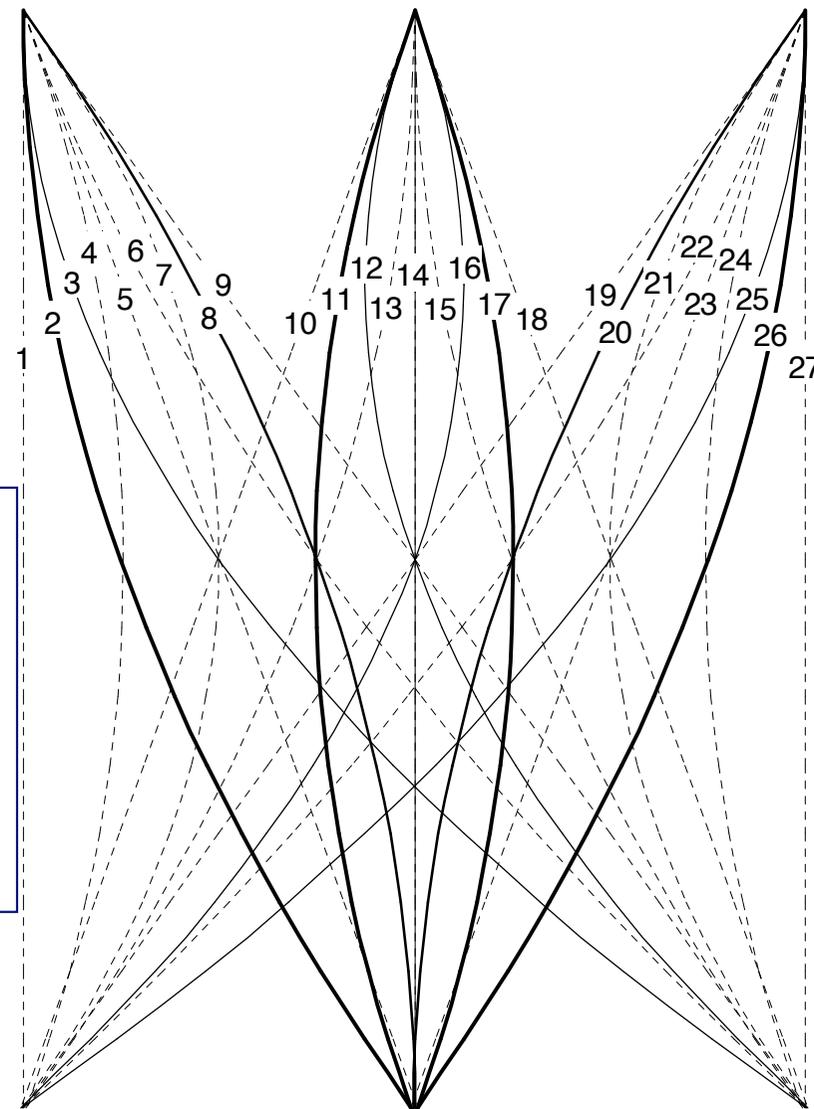


Mouvements de
rebroussement ?

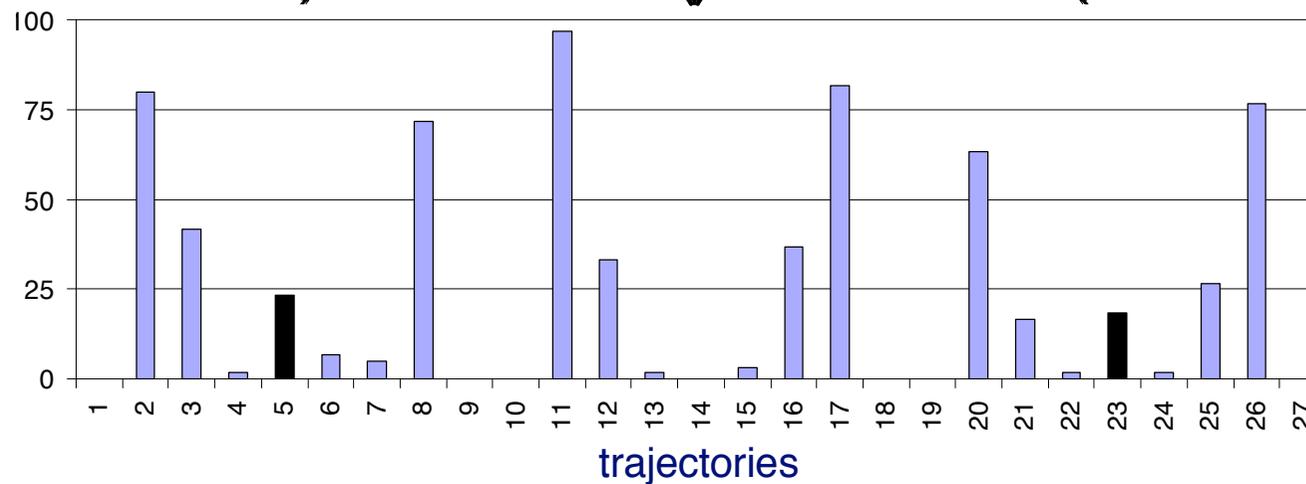


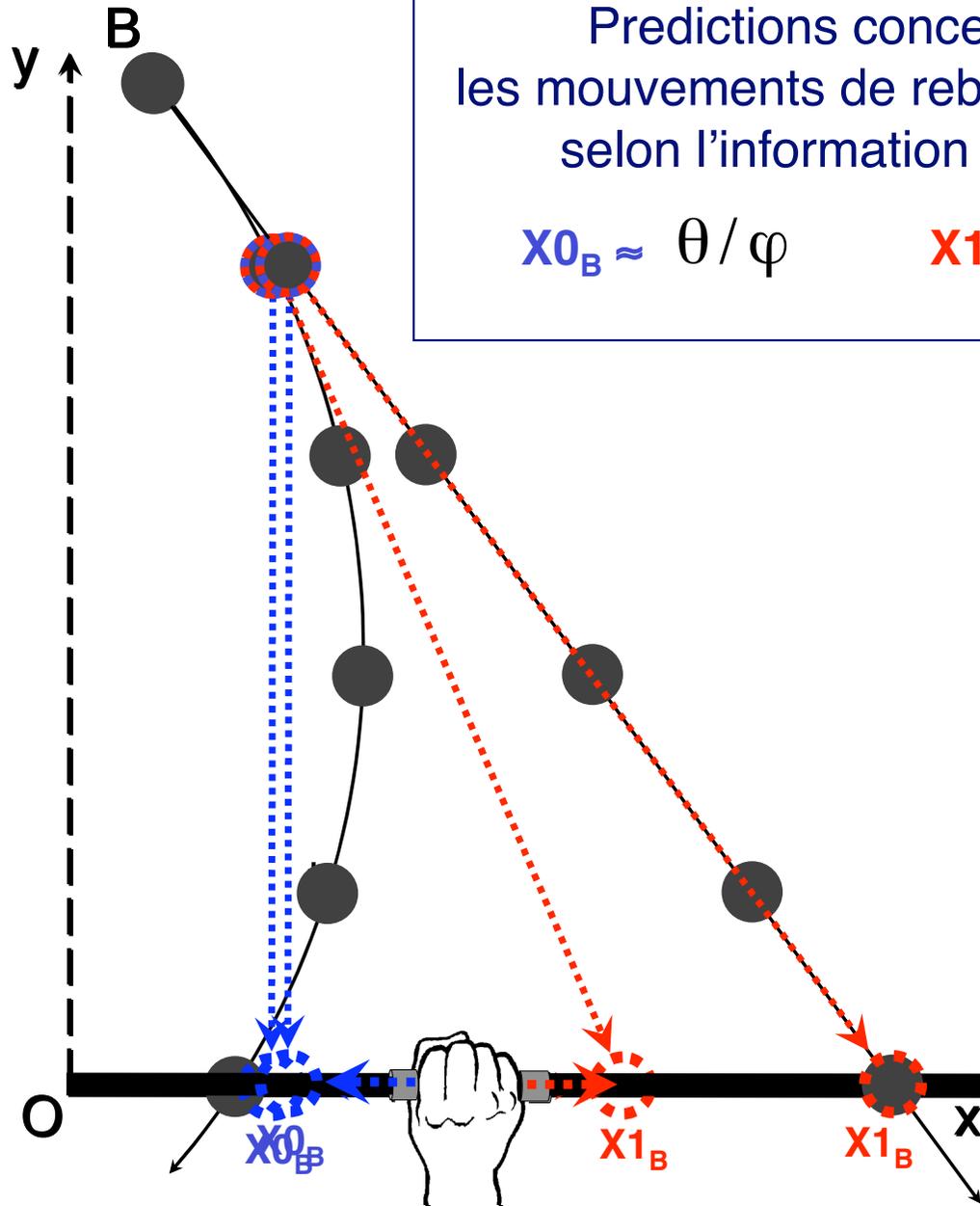
Mouvements de rebroussement?

Un nombre important de mouvements de rebroussement pour les trajectoires courbes. Avec comme exception les trajectoires 5 and 23.



Pourcentage de mouvements de rebroussement





Predictions concernant
les mouvements de rebroussement
selon l'information utilisée

$$X0_B \approx \theta / \varphi \quad X1_B \approx \dot{\theta} / \dot{\varphi}$$

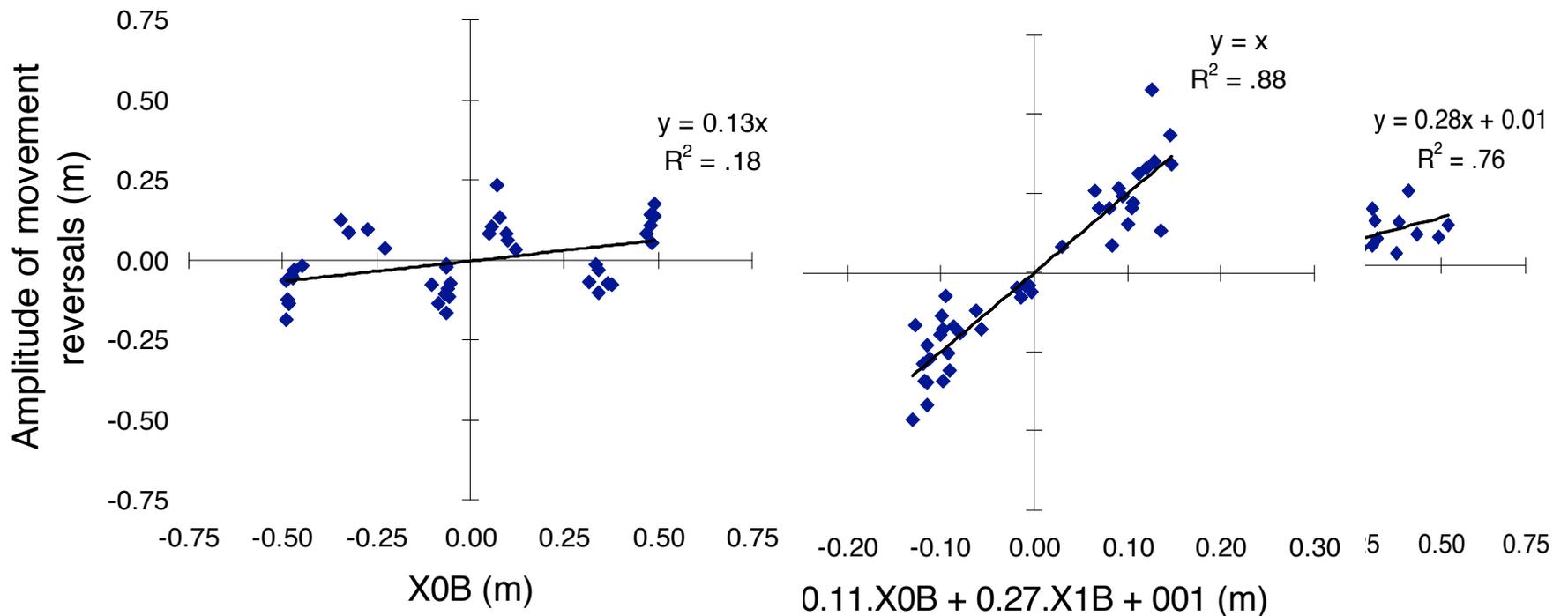
Pour tester l'utilisation potentielle
des informations, nous avons
calculé $X0_B$ et $X1_B$ 200 ms avant
le début du mouvement comme
prédicteur de l'amplitude des
mouvements de rebroussement

Mouvement Reversal
if $X0_B$ used

Movement reversal
if $X1_B$ used

$X0_B$ et $X1_B$ comme prédicteurs de l'amplitude des mouvements de rebroussement

	$X0_B$ as predictor	$X1_B$ as predictor	Combination 1 $X0_B \times X1_B$ Craig et al. (2009)	Combination 2 $0.15.X0_B + 0.20.X1_B$
	R^2	R^2	R^2	R^2
P1	.24	.80	.07	.95
P2	.02	.70	.04	.76
P3	.34	.61	.10	.92
P4	.17	.76	.03	.90
P5	.05	.82	.09	.87
P6	.19	.59	.04	.84
P7	.18	.76	.09	.88
P8	.07	.67	.05	.72
P9	.16	.64	.09	.89
P10	.41	.74	.16	.86
M	.18	.71	.08	.86



En conclusion,

L'approche écologique permet d'identifier des solutions simples pour résoudre des problèmes apparemment complexes

L'information est conçue en termes d'invariants directement perceptible dans l'environnement

C'est dans la recherche de l'information que l'acteur effectue l'action requise (couplage information-mouvement)

On parle de contrôle prospectif de l'action qui permet par exemple d'être au bon endroit au bon moment, sans connaître à l'avance ni cet endroit, ni ce moment

Une des questions qui se posent est bien entendu l'interaction des bases de connaissance avec les lois de contrôle formalisée par l'approche écologique