

**LPPA**



# Stratégies d'anticipation et rôle du contexte dans les tâches visuo-motrices

Pascal Prévost

Sous la direction : M. Alain Berthoz  
En collaboration avec : M. Joe McIntyre

# Plan

- Introduction
- Anticipation et navigation
- Anticipation et capture d'objet
- Conclusion

# Introduction

Quelles sont les solutions adoptées par le système nerveux central pour faire face à des situations que l'on peut rencontrer dans la vie de tous les jours ?

# Au commencement...

« *La sensation que possède notre esprit du but à atteindre est le critère avec lequel on évalue.* »

(Alexander Bain, *The Senses and the Intellect*, 1855)

## But à atteindre

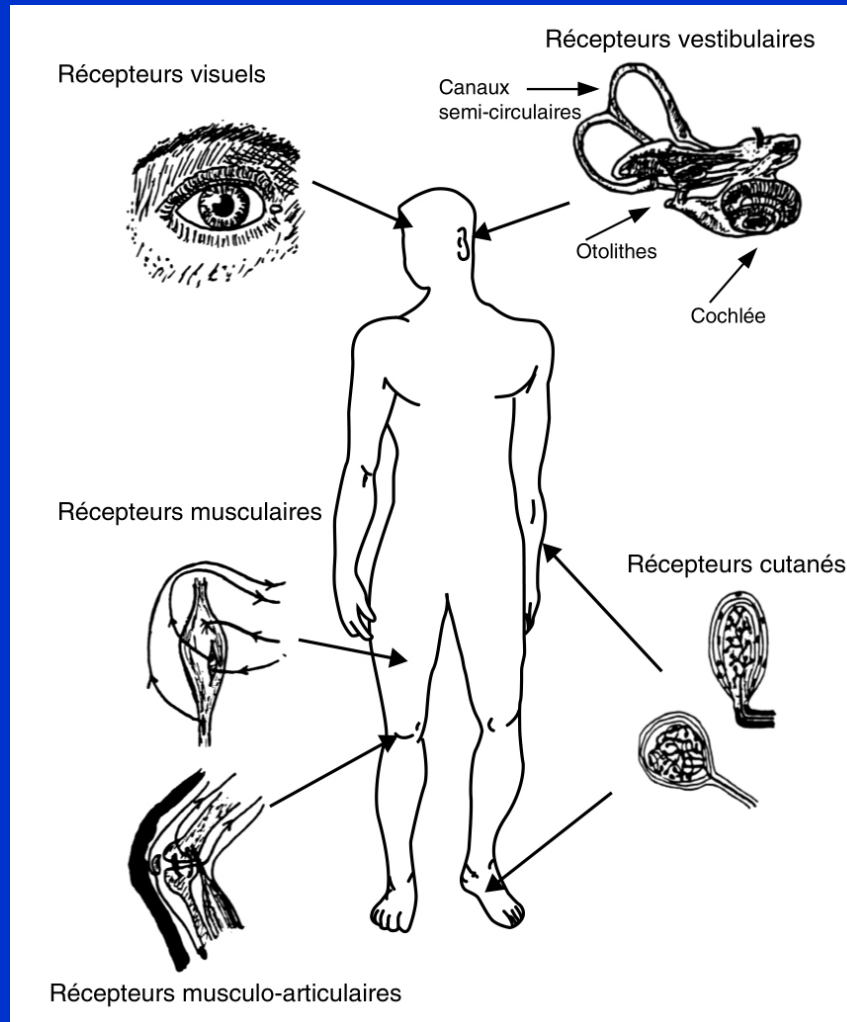
- choix de la solution la plus appropriée
- planification et programmation motrices

→ STRATEGIE

## Contexte

- circonstances et éléments présents
- contraintes influençant le choix de la stratégie

# Informations sur « ce qui est »



Berthoz (1998, p. 33)

# Plan

- Introduction
- ➔ **Anticipation et navigation**
- Anticipation et capture d'objet
- Conclusion

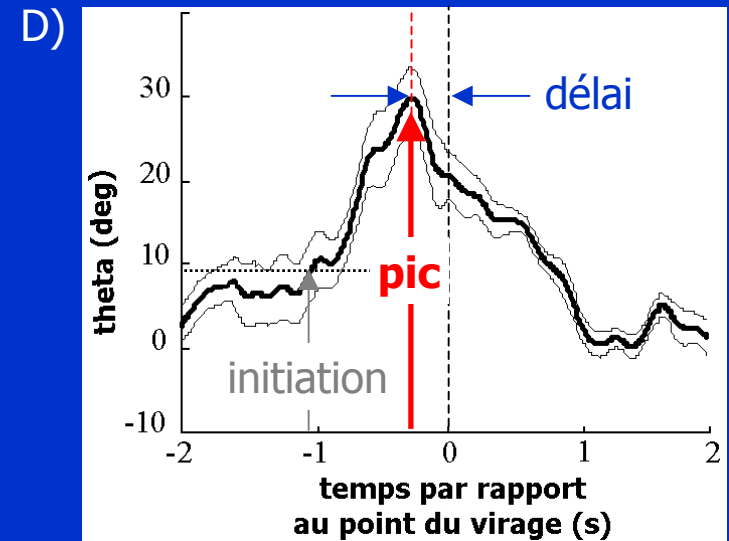
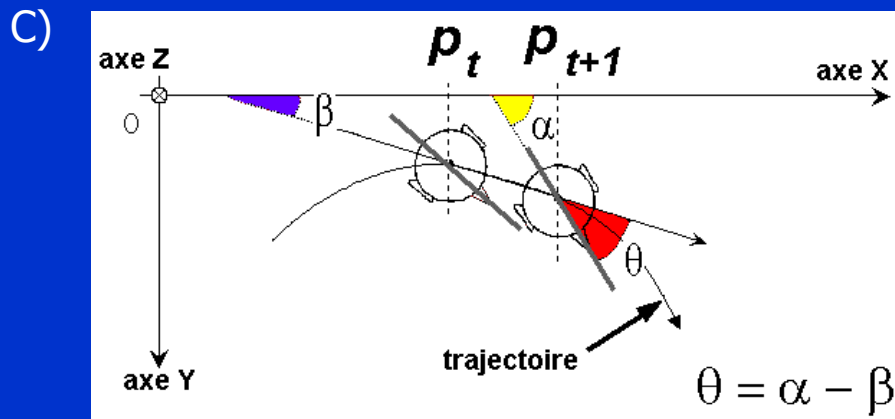
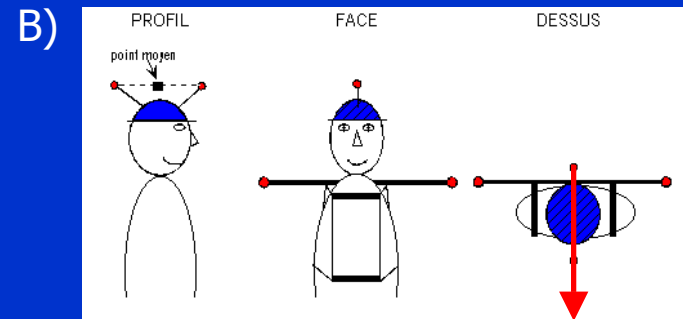
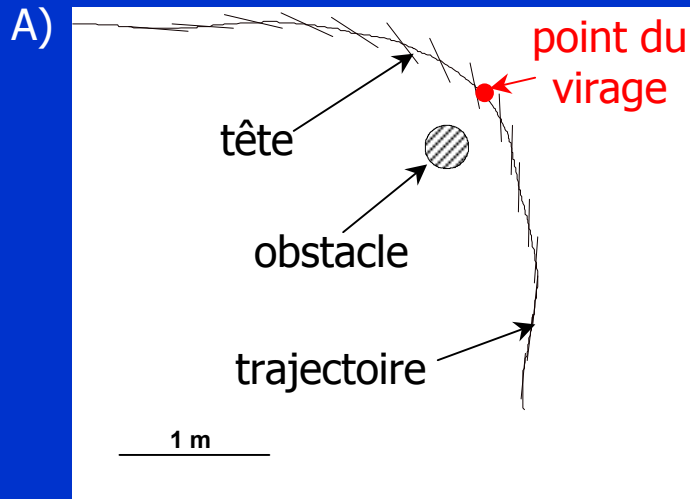
# Introduction

**La tête anticipe les changements de direction  
durant les trajets triangulaires et circulaires**

→(Glasauer et coll., 1994 1995, 1996 ; Grasso et coll., 1996)

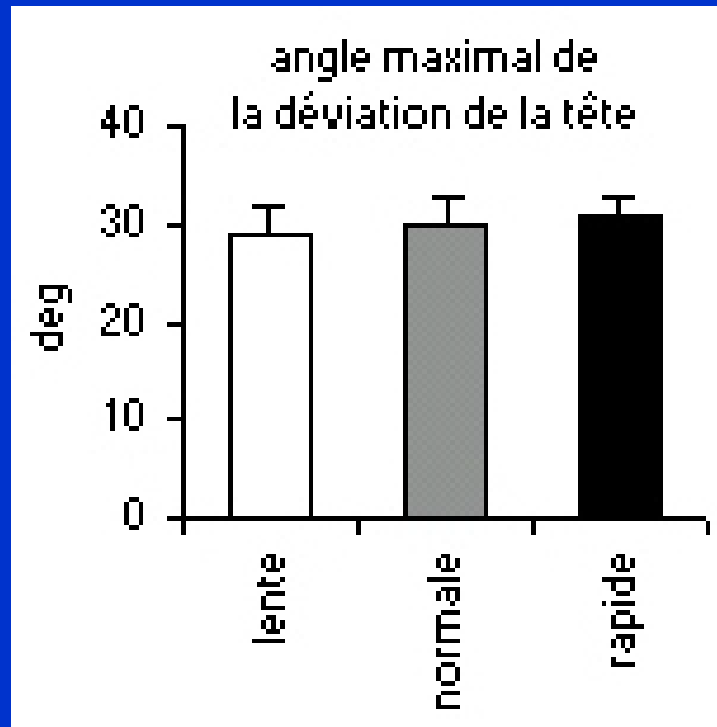
- Est-ce que ce mouvement de la tête est influencé par les conditions dans lesquelles se déroule la navigation ?
- Quel est le rôle du regard dans cette anticipation ?
- Pourquoi le SNC utilise-t-il cette stratégie ?
- La maturation a-t-elle un effet sur cette anticipation ?

# Expérience 1: Méthodologie



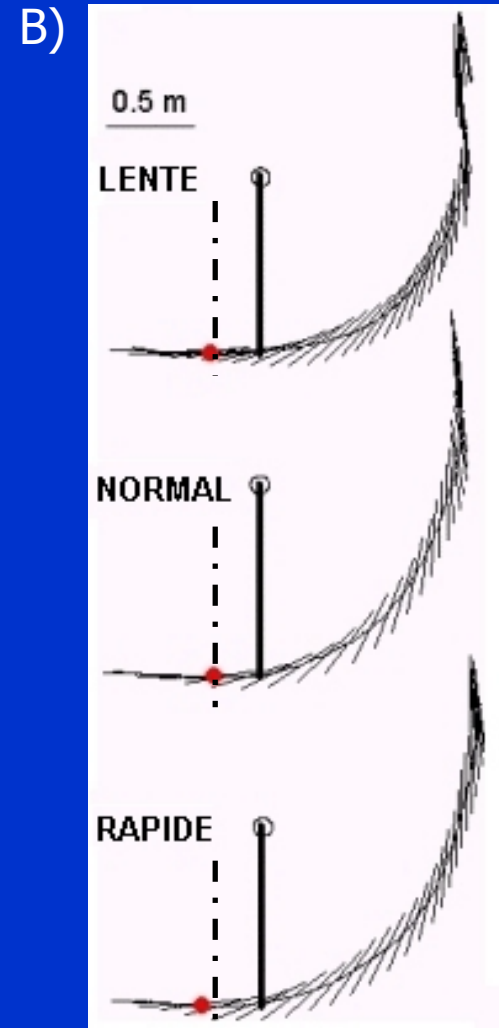
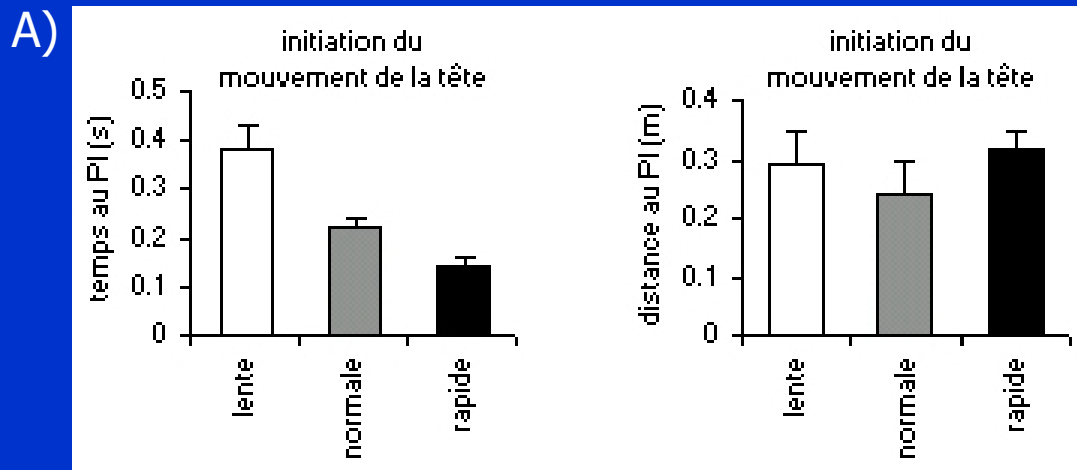


# Effet de la vitesse



Pas d'effet significatif de la vitesse  
sur le maximum de  $\theta$

# Spécificité de l'effet de la vitesse

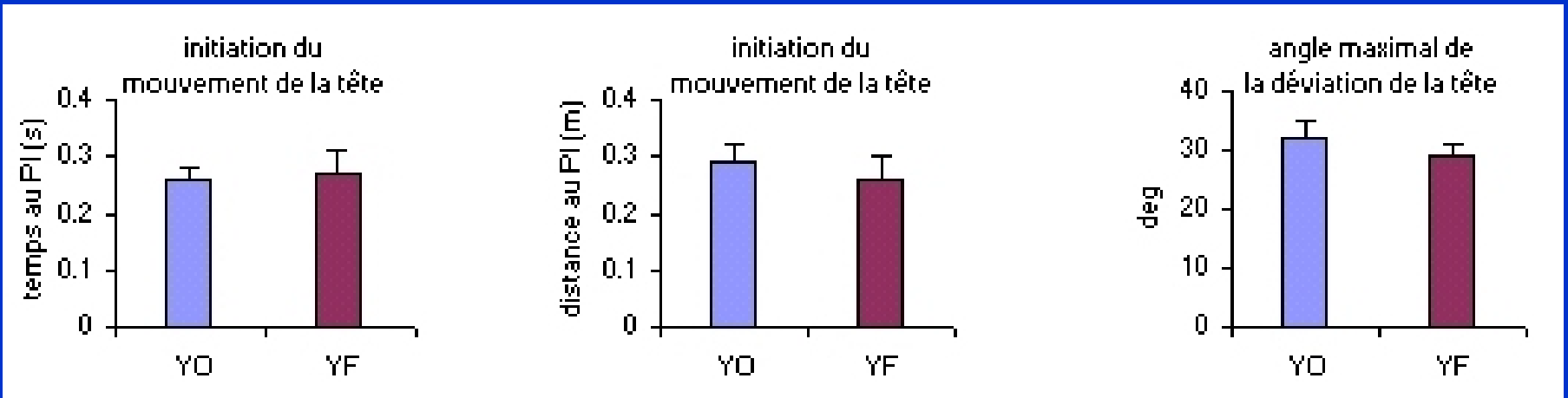


Effet de la vitesse sur l'initiation du mouvement de la tête :

A) initiation d'autant plus précoce que la vitesse est lente

B) initiation à une distance fixe

# Effet de la vision



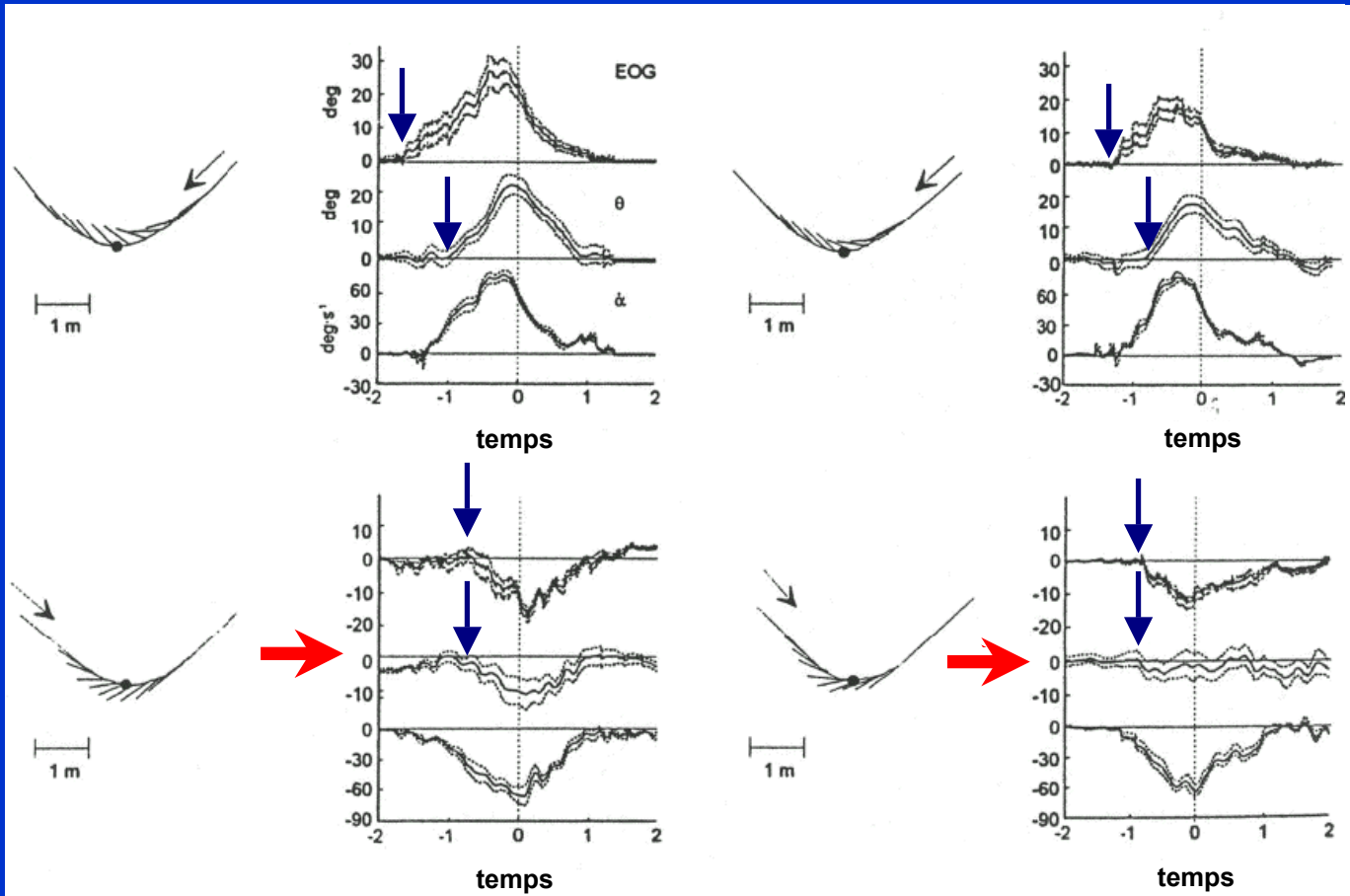
Pas d'effet significatif de la vision  
sur les paramètres de  $\theta$

# Effet sur la direction du regard

Yeux ouverts

Yeux fermés

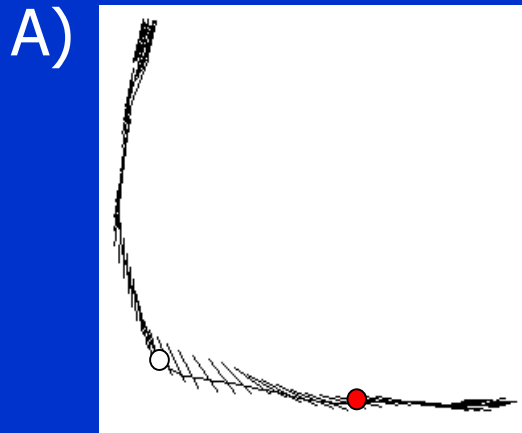
marche en  
avant



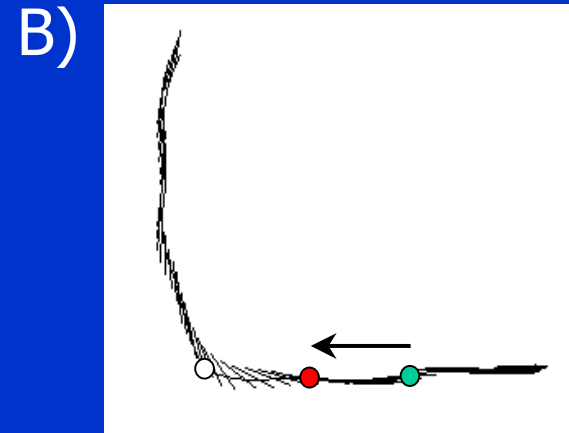
marche en  
arrière

# Influence de l'objectif de la tâche et des contraintes biomécaniques sur le mouvement anticipé de la tête

## Objectif de la tâche



Focalisation sur la position finale

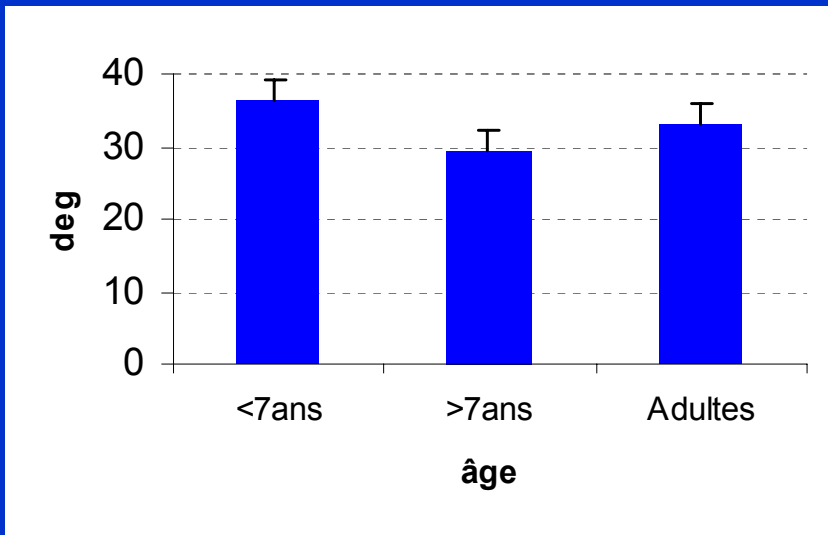


Focalisation sur la trajectoire

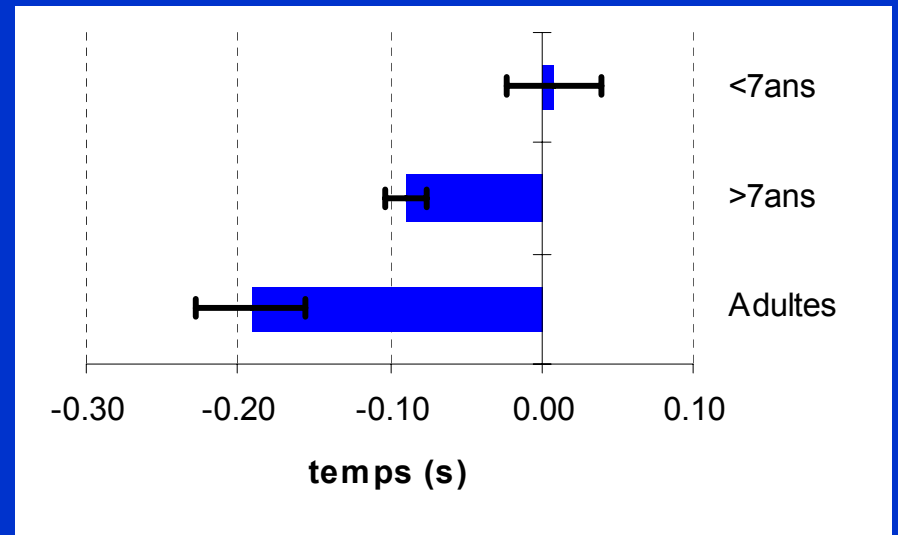
## Immobilisation de la tête

rotation plus précoce du tronc pour compenser l'absence du mouvement anticipé de la tête (Hollands et coll., 2001)

# Maturation et anticipation

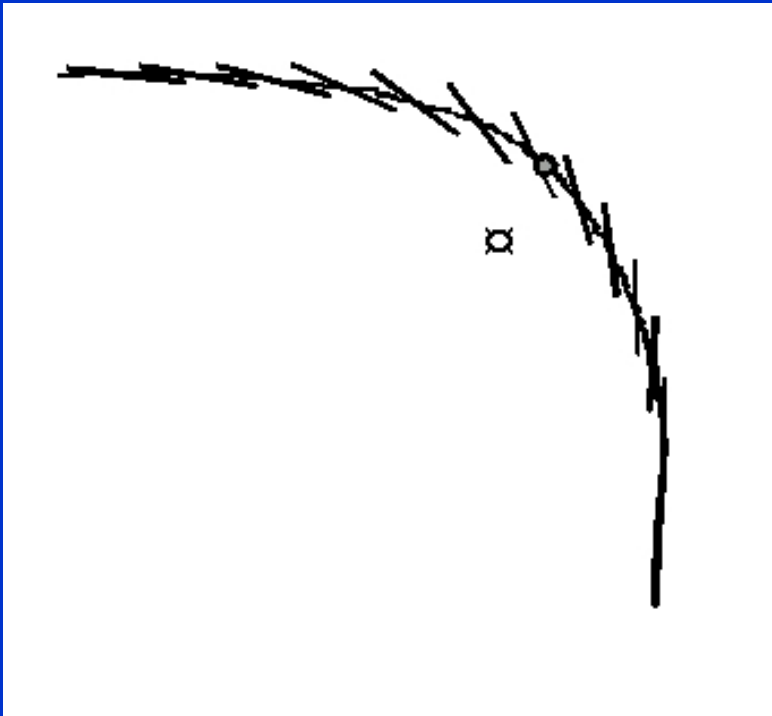


amplitude de  $\theta$

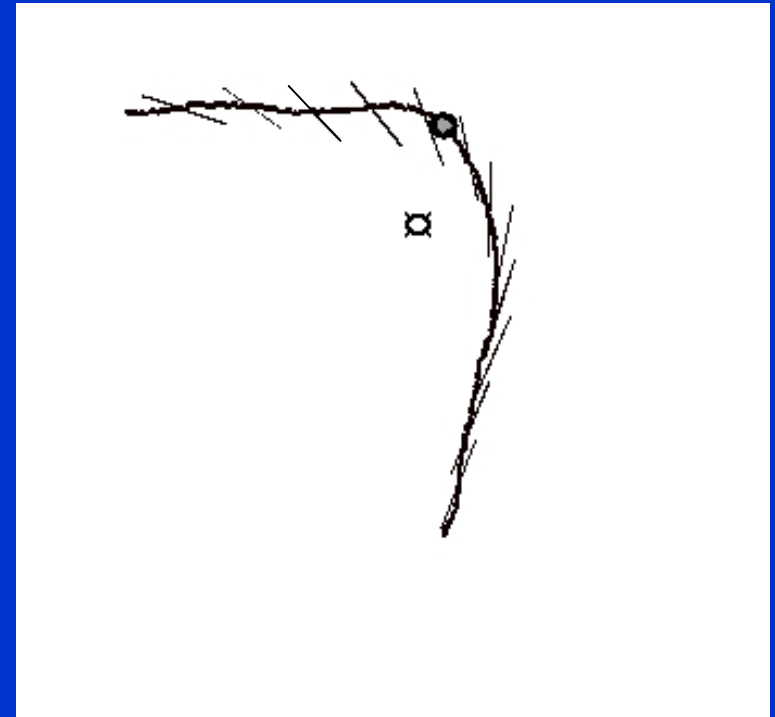


occurrence de  $\theta$

# Maturation et anticipation



Adulte



Enfant 3.5 ans

# Résumé

- **invariant** de la navigation humaine naturelle
- composante de la synergie œil-tête : participe à **l'orientation anticipée du regard**
- construction d'un **référentiel centré sur le regard** → contrôle des changements de direction → contrôle des trajectoires
- caractérisée par une **apparition précoce** mais sujette à **maturation**



# Plan

- Introduction
- Anticipation et navigation
- **Anticipation et capture d'objet**
- Conclusion

# Introduction

**Quels problèmes doivent être résolus par le SNC pour attraper un objet en mouvement ?**

- Perception
  - Où va l'objet ?
  - A quel moment y arrive-t-il ?
  - Quelle sera la force de l'impact ?
- Action
  - Où faut-il positionner la main pour l'interception ?
  - Comment y aller (quelle trajectoire) ?
  - Comment amortir le choc de l'impact ?

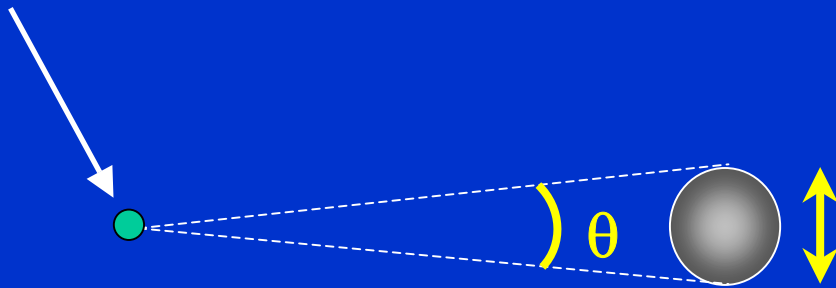
# Comment le SNC estime-t-il $t_c$ pour attraper un balle en approche ?

Sens du déplacement  
←  
OBJET



$$t_c = \frac{\text{distance}}{\text{vitesse}} = \frac{Z}{dZ / dt}$$

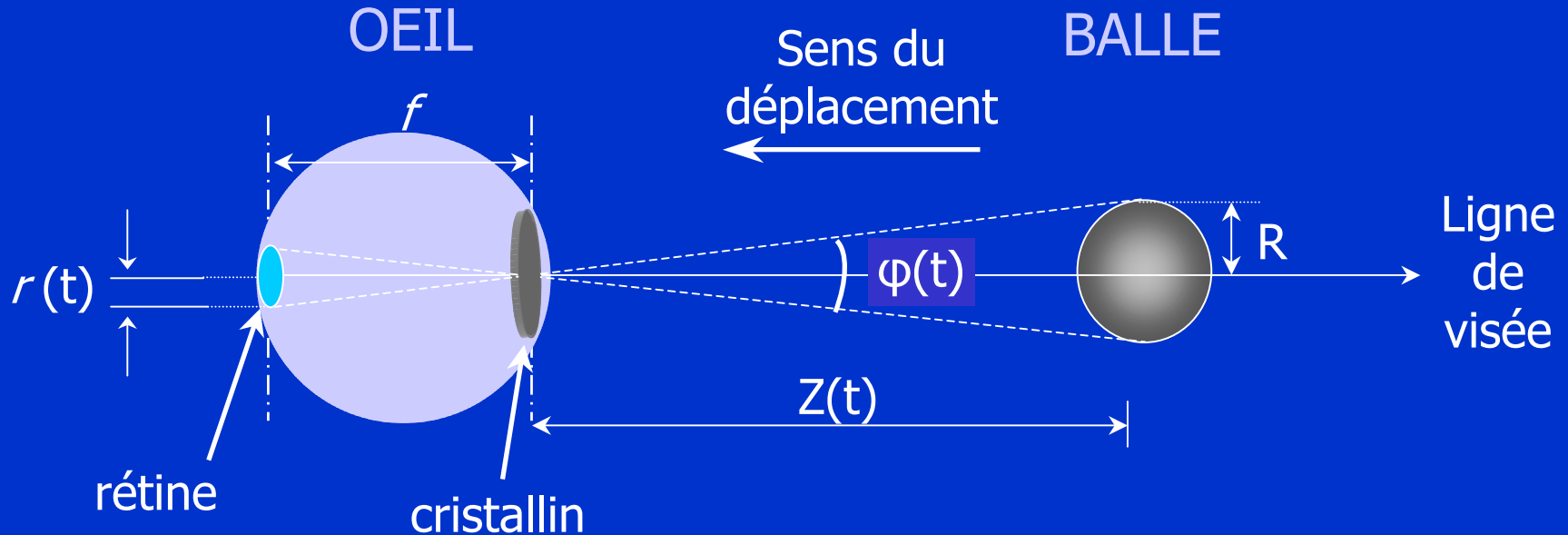
Point du contact



$$t_c = - \frac{\text{angle}}{\text{taux de dilatation}} = \frac{\theta}{d\theta / dt}$$

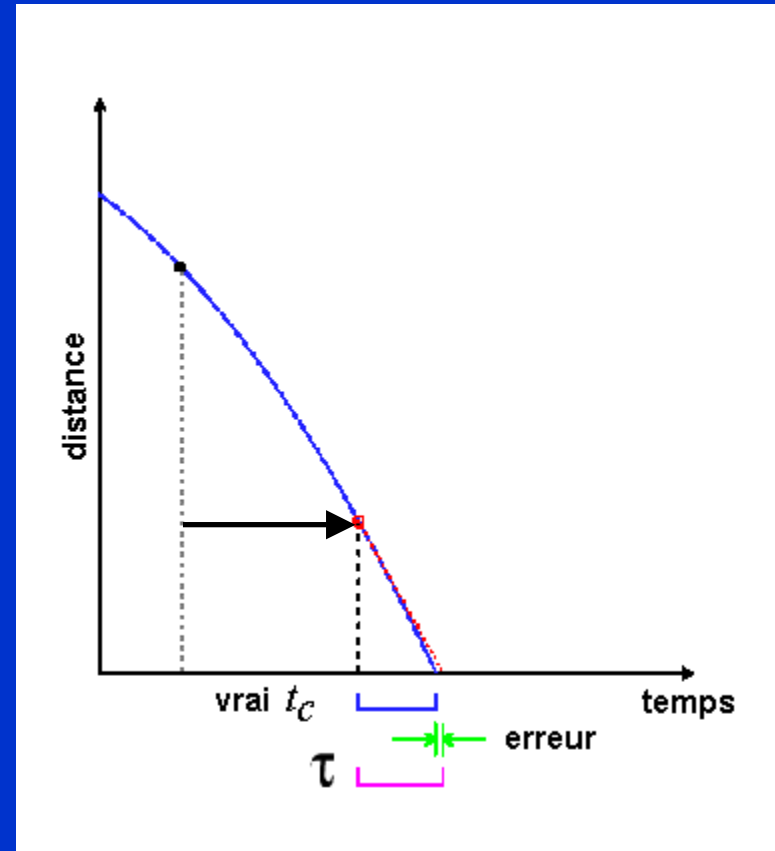
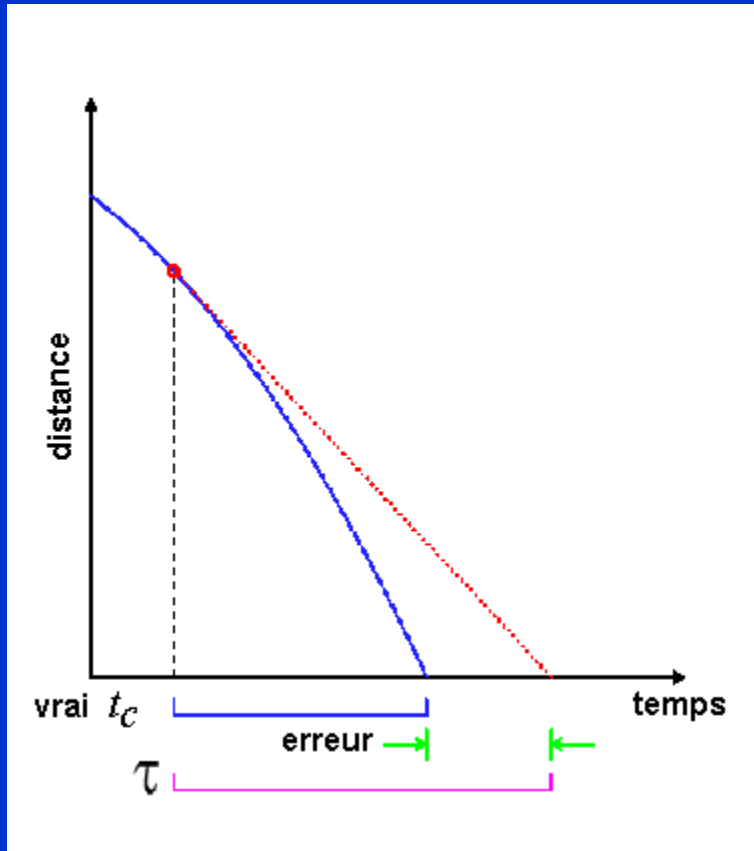
D'après Hoyle (1957)

# Comment le SNC estime-t-il $t_c$ pour attraper un balle en approche ?



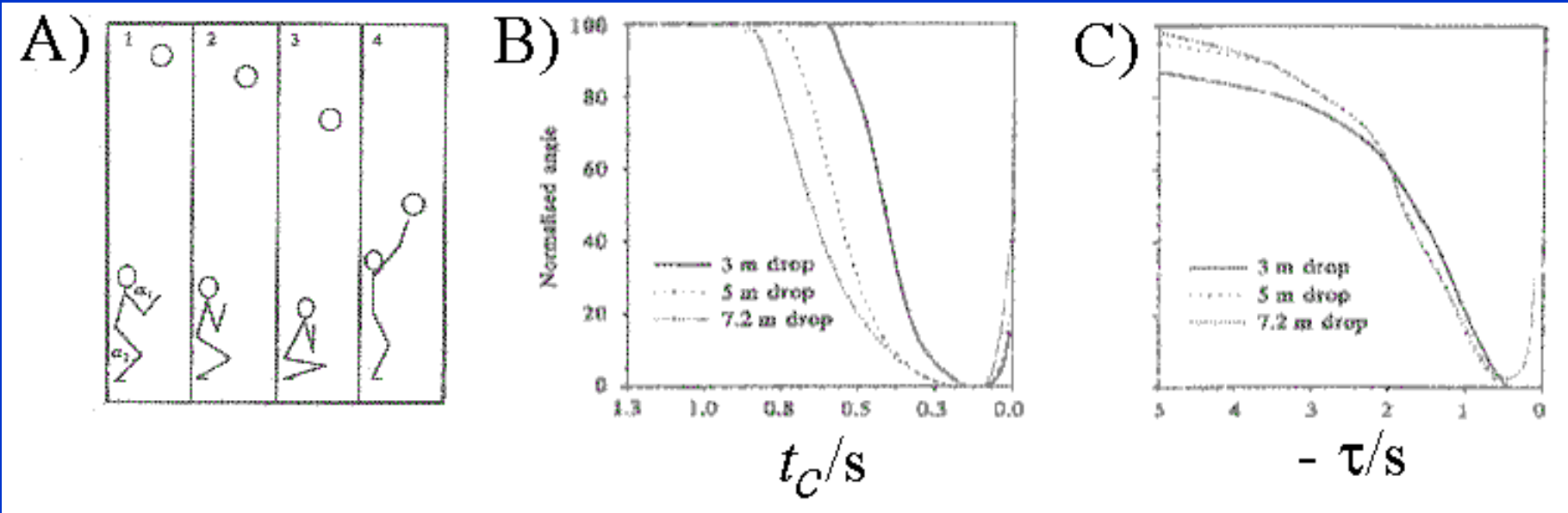
$$\tau = \frac{r(t)}{r'(t)} = \frac{\varphi}{d\varphi/dt} = -\frac{Z}{dZ/dt}$$

# $\tau$ et une accélération constante



La quantité  $\tau$  surestime le vrai TTC.

# Estimation de $t_c$ en chute libre avec $\tau$

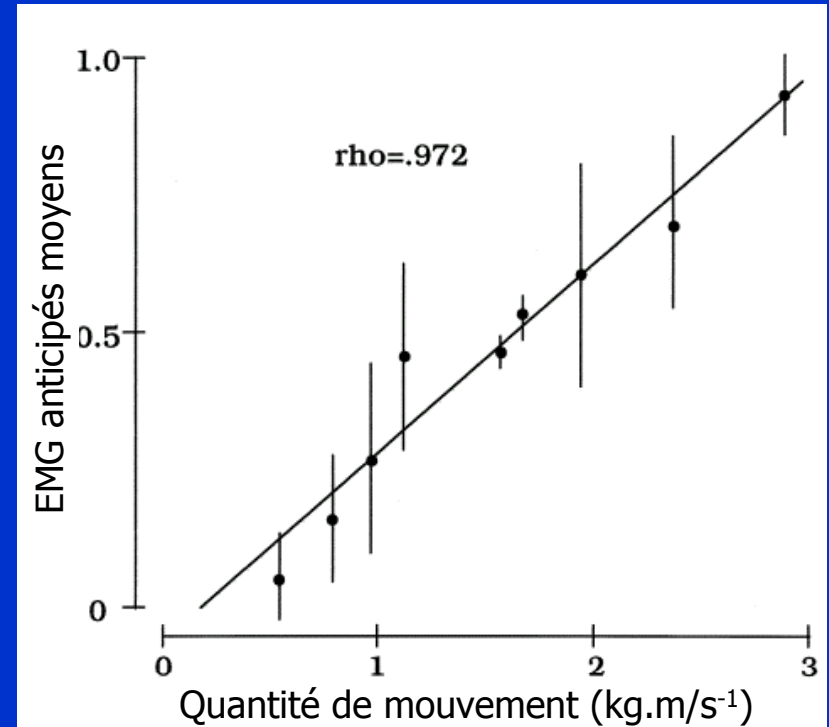
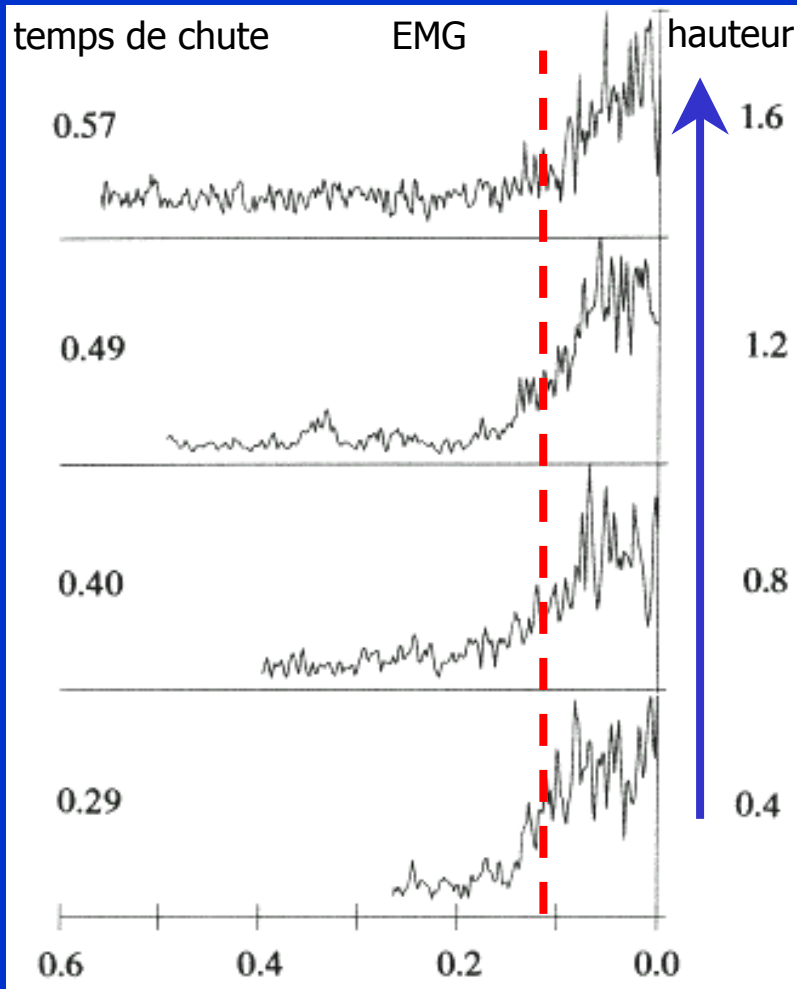


Lee et al. (1983)

$$t_c = \tau_m + d - (\tau_m^2 + d^2)^{1/2} - \delta$$

Lee et Reddish (1981)

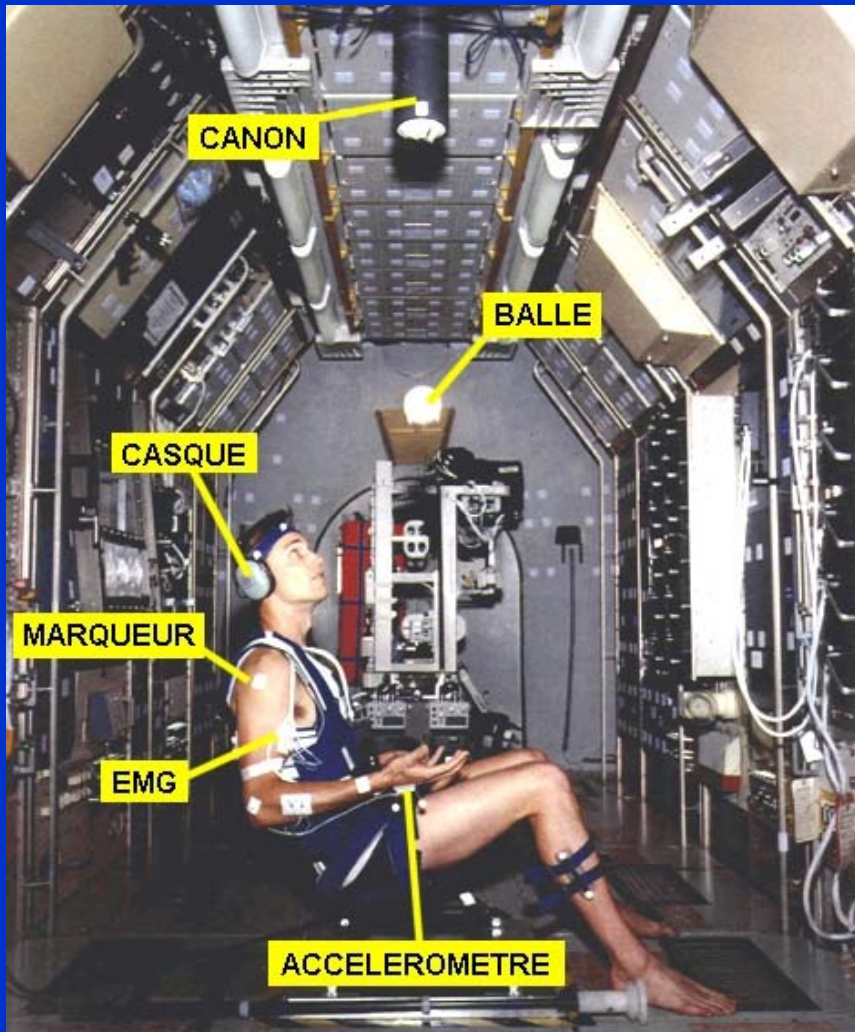
# Contre-exemple



$$t_c = d - v(t) / g$$

Lacquaniti and Maioli (1989)

# Expérience 1 : Méthodologie



6 hommes

hauteur fixe

3 vitesses initiales : 0.7, 1.7 et 2.7 m/s

3 vitesses finales : 5.6, 5.9 et 6.3 m/s

3 temps de chute : 500, 430 et 370 ms

10 essais par vitesse

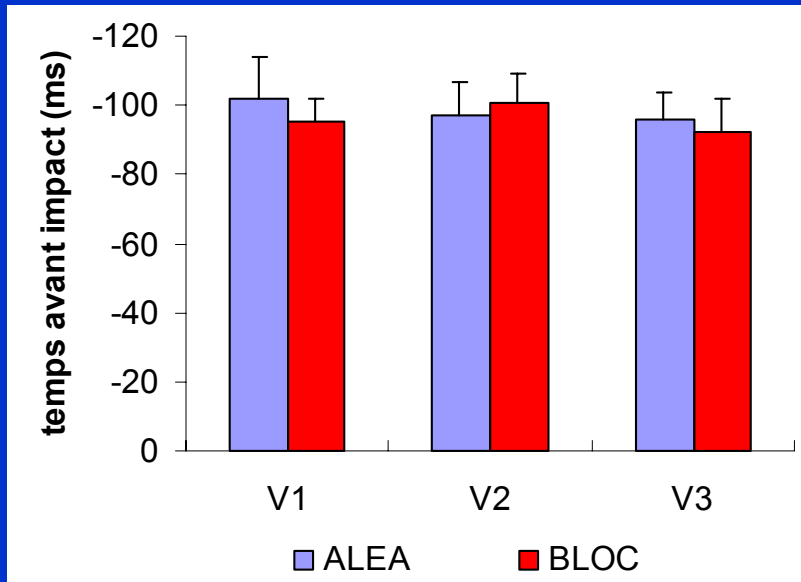
Répétitions : aléatoire vs. bloc

EMG50ms : biceps

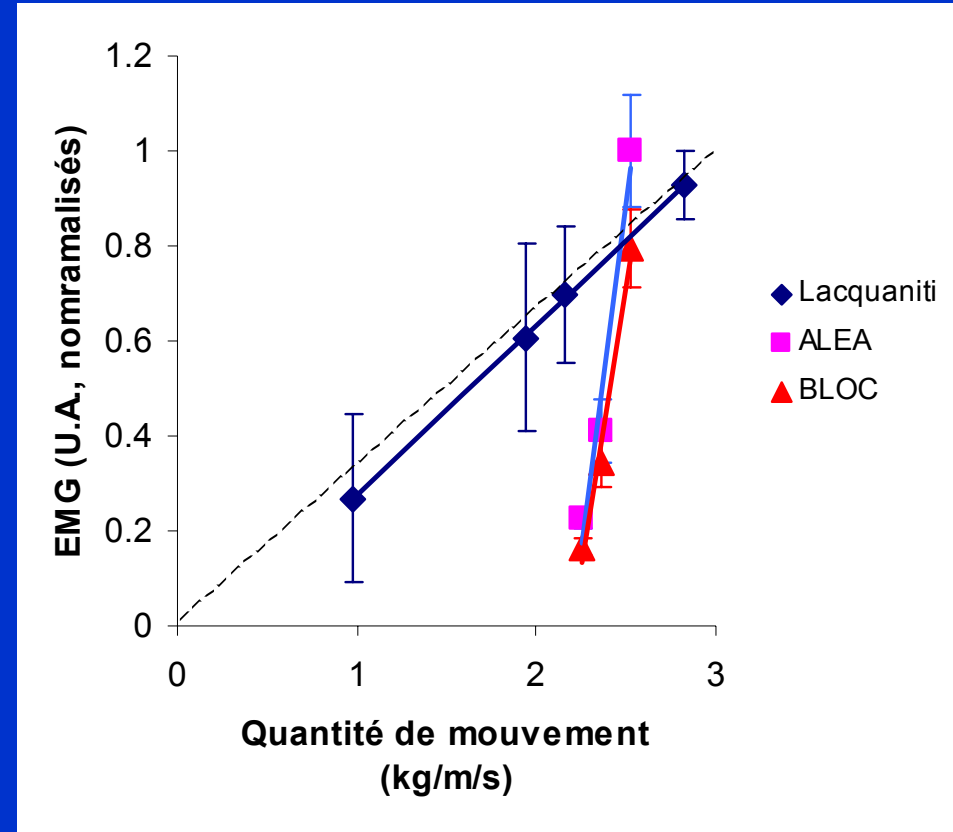
Accéléromètre → impact



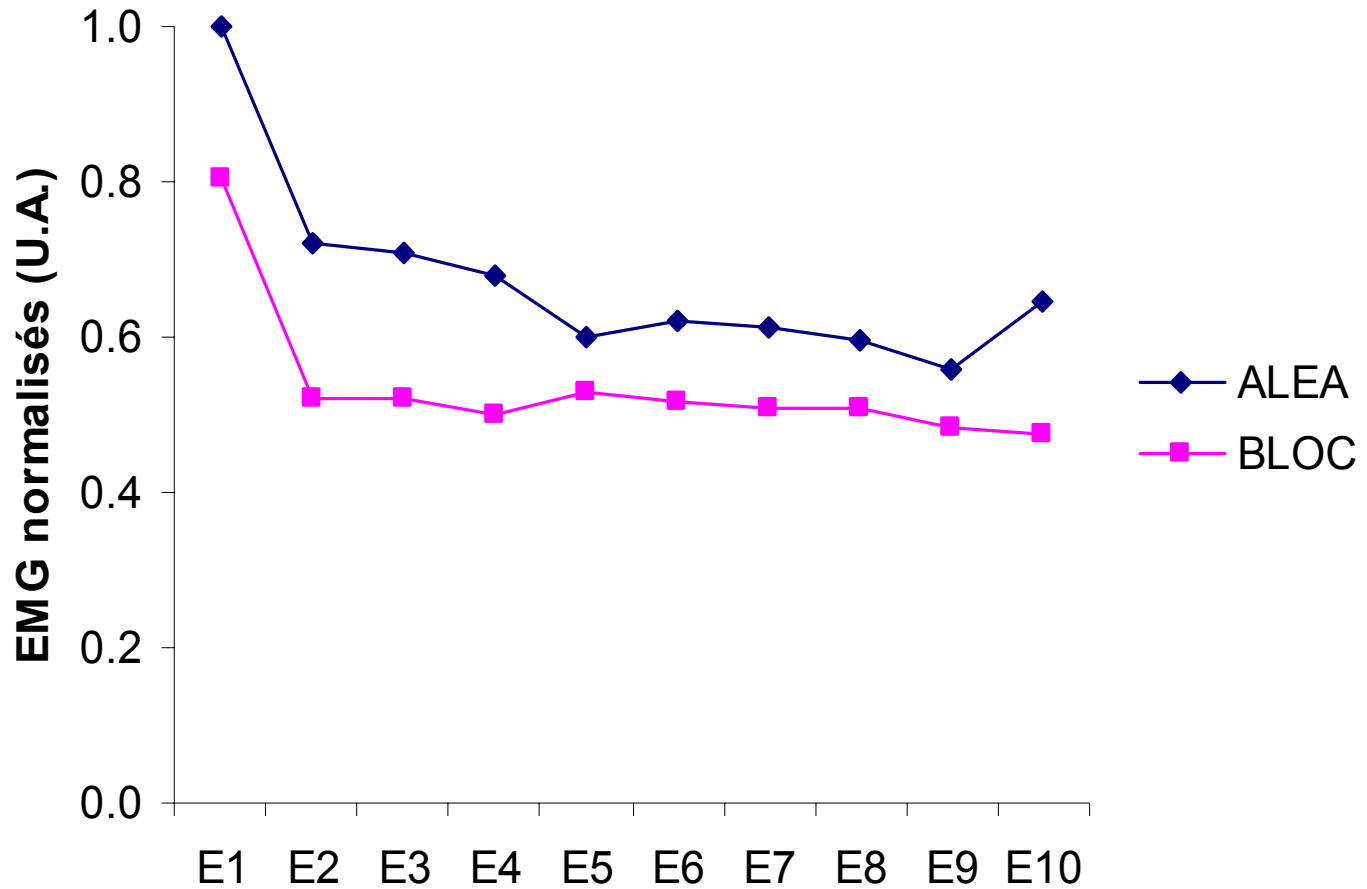
# Résultats Exp. 1



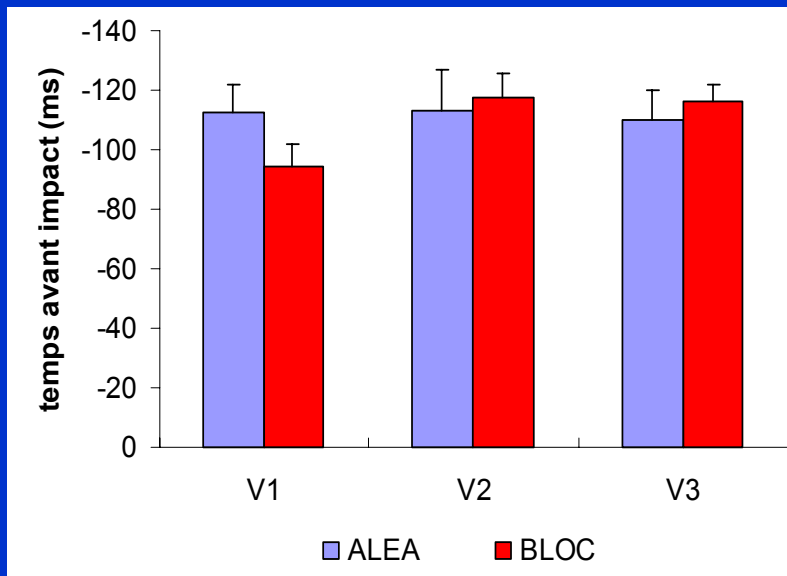
Attraper avec canon



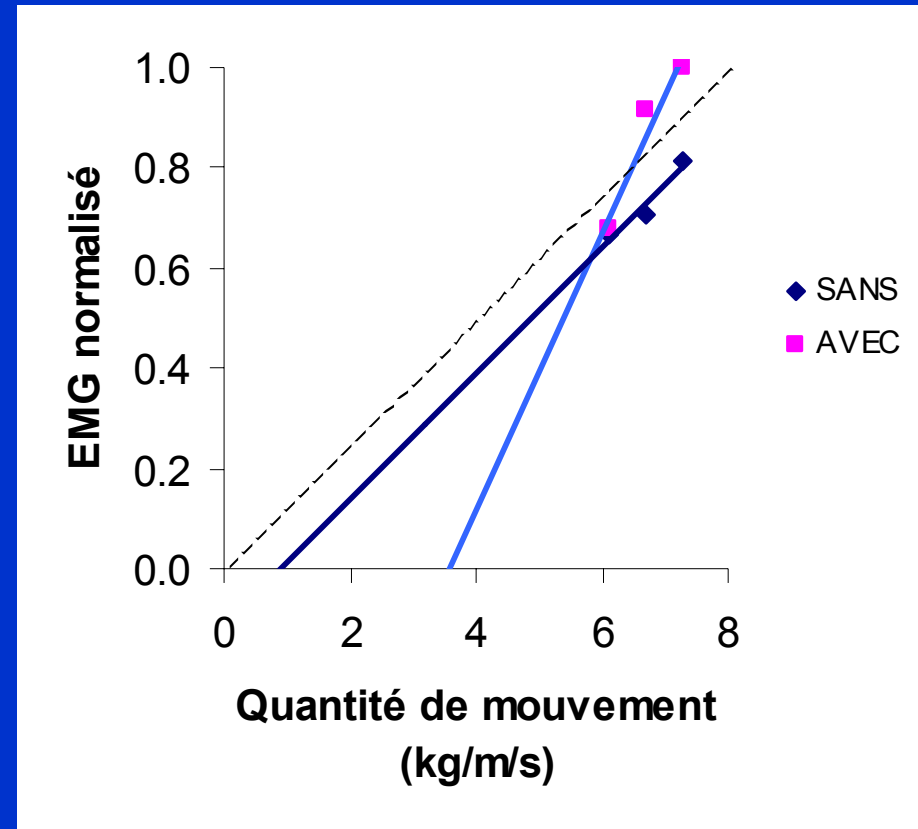
# Résultats Exp. 1



# Résultats Exp. 2



Attraper avec tube ou sans tube



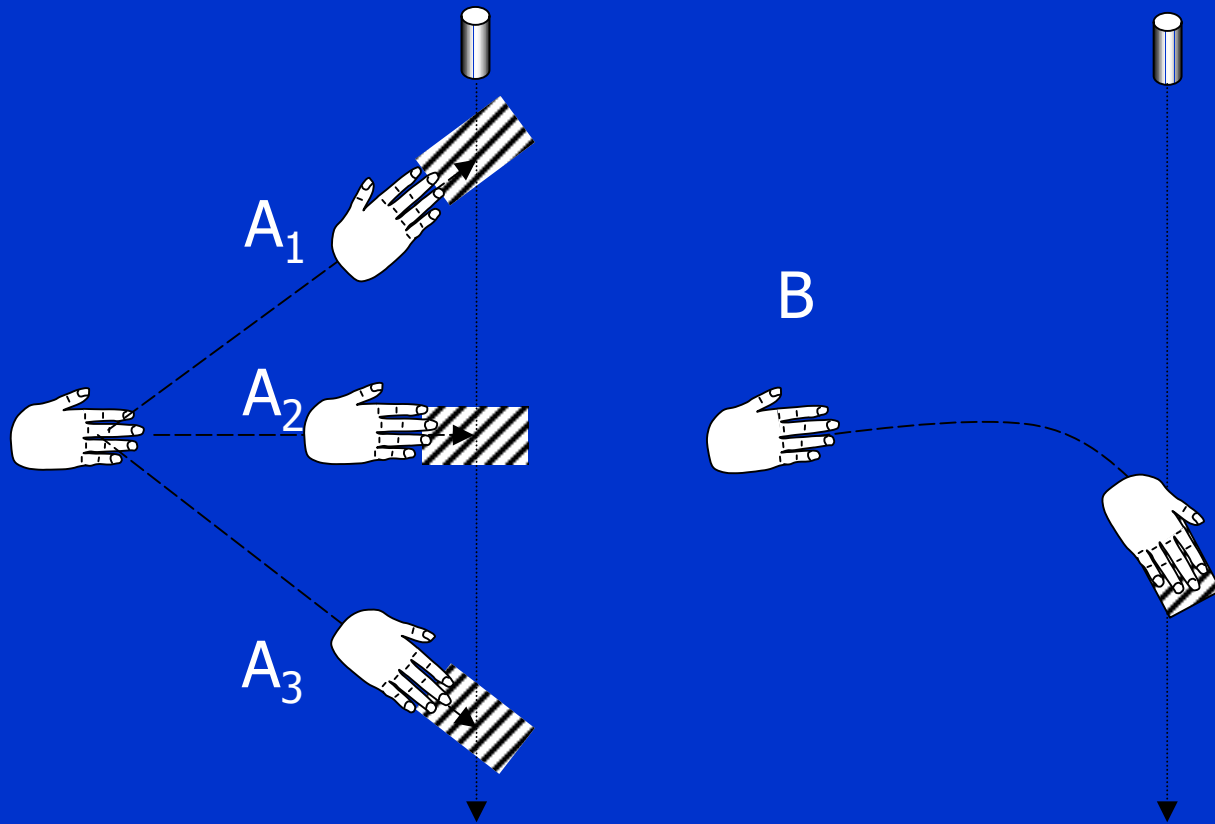
# Résumé

- Calibration temporelle :
  - estimation du vrai  $t_c$
  - initiation des activités EMG anticipées indépendante des conditions initiales
- Calibration dynamique
  - Relation linéaire entre EMG et QMD
  - MAIS sensible aux conditions initiales
- Informations *a priori* → influence sur l'ajustement de la calibration dynamique

# Expérience 3 : Introduction

- stratégie pour **attraper** un objet lâché à différentes hauteurs
- choix du **point d'interception**
- forme de la **trajectoire** de la main pendant la phase de transport
- gestion de l'**impact** de l'objet avec la main

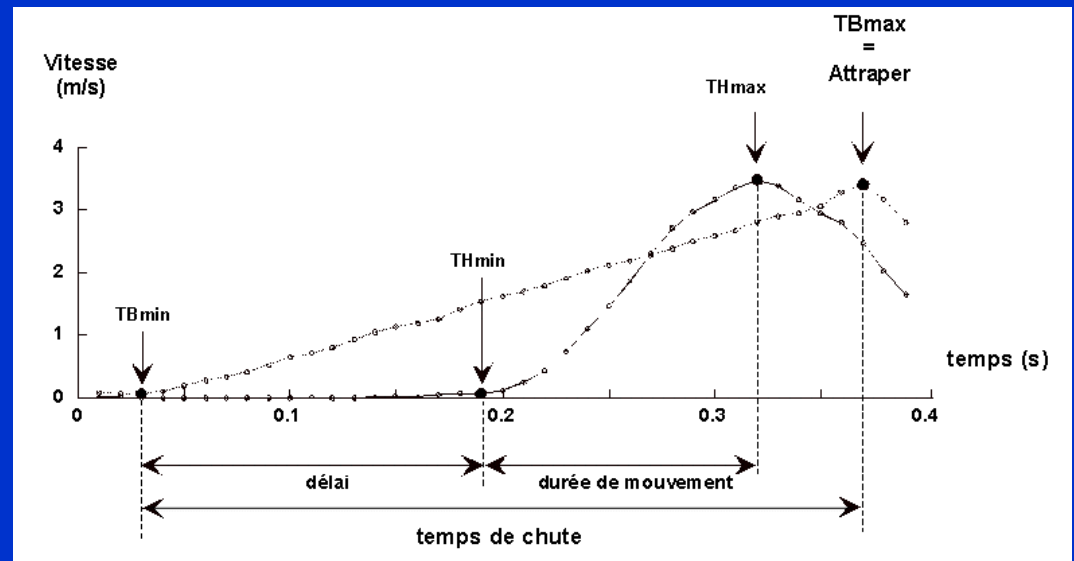
# Expérience 3 : Introduction



Stratégies de capture d'objet en chute libre

# Expérience 3 : méthodologie

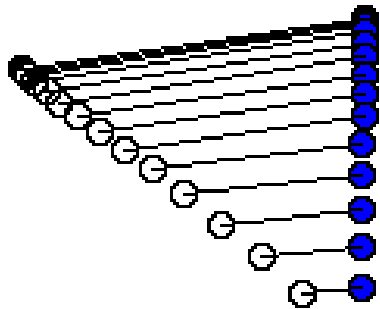
- 2 conditions de lâcher :
  - soit par le sujet lui-même (S)
  - soit par l'expérimentateur (E)
- 2 conditions d'attraper :
  - main droite (D)
  - main gauche (G)
- 2 hauteurs de lâcher :
  - épaule (N)
  - 2,5 m du sol (H)



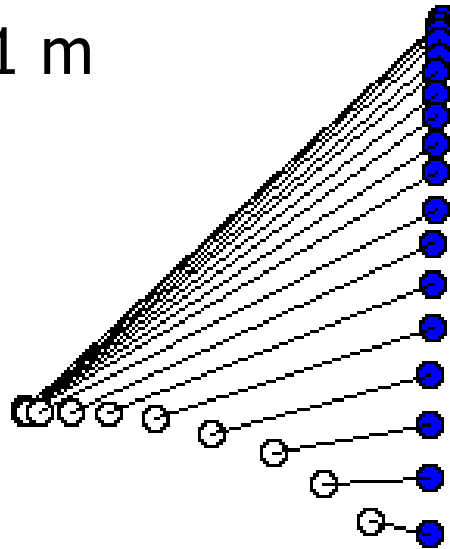
# Résultats Exp. 3

- main
- barre

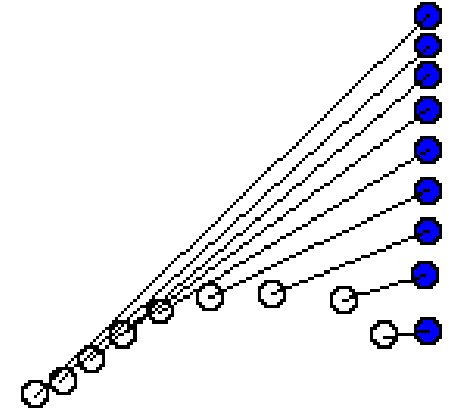
0.1 m



SDN



EDN



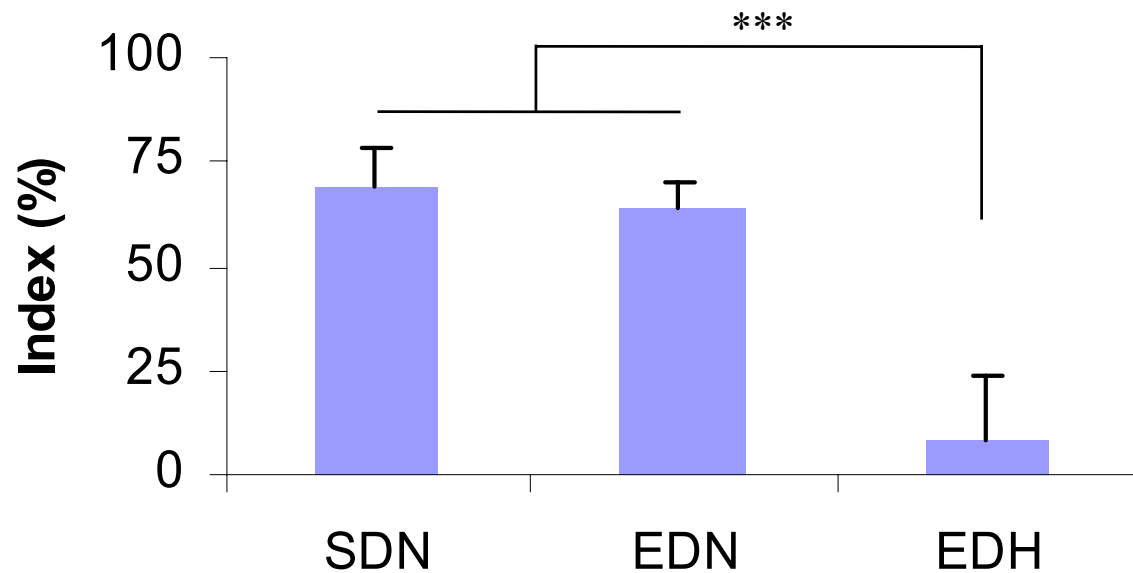
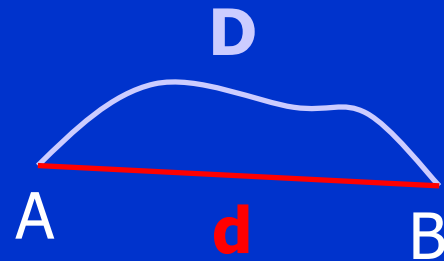
EDH

S = seul - E = expérimentateur  
N = hauteur épaule - H = 2.5 m du sol

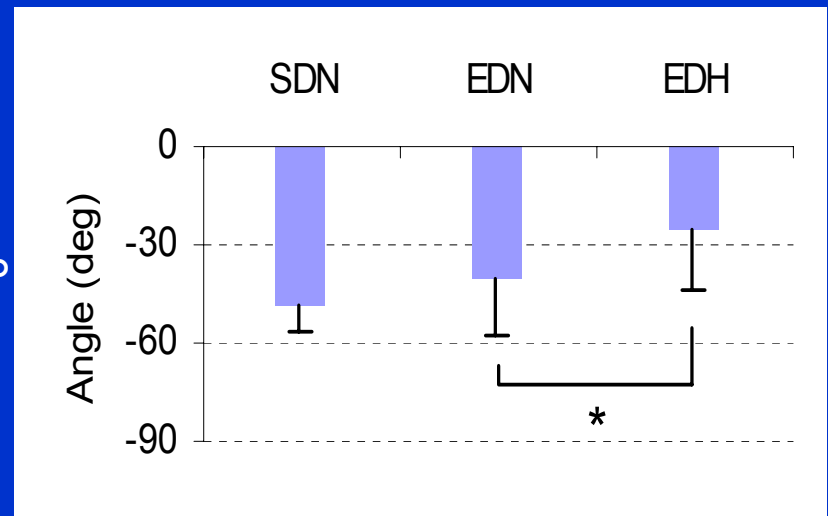
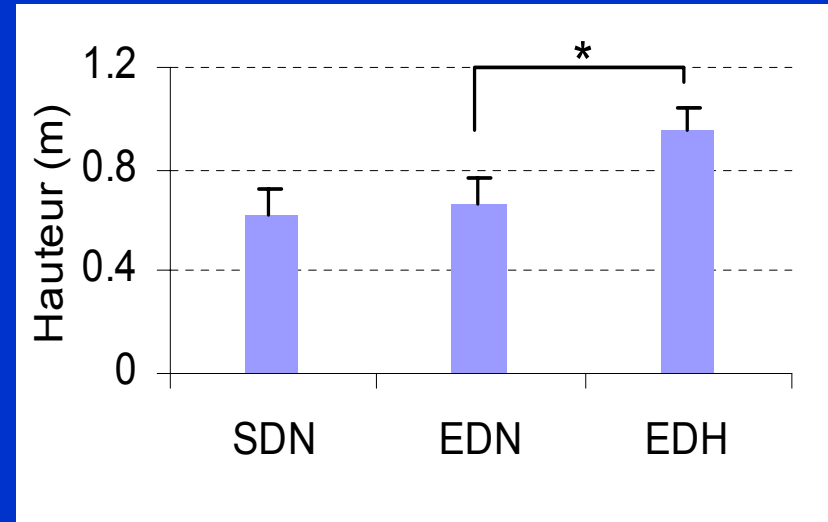
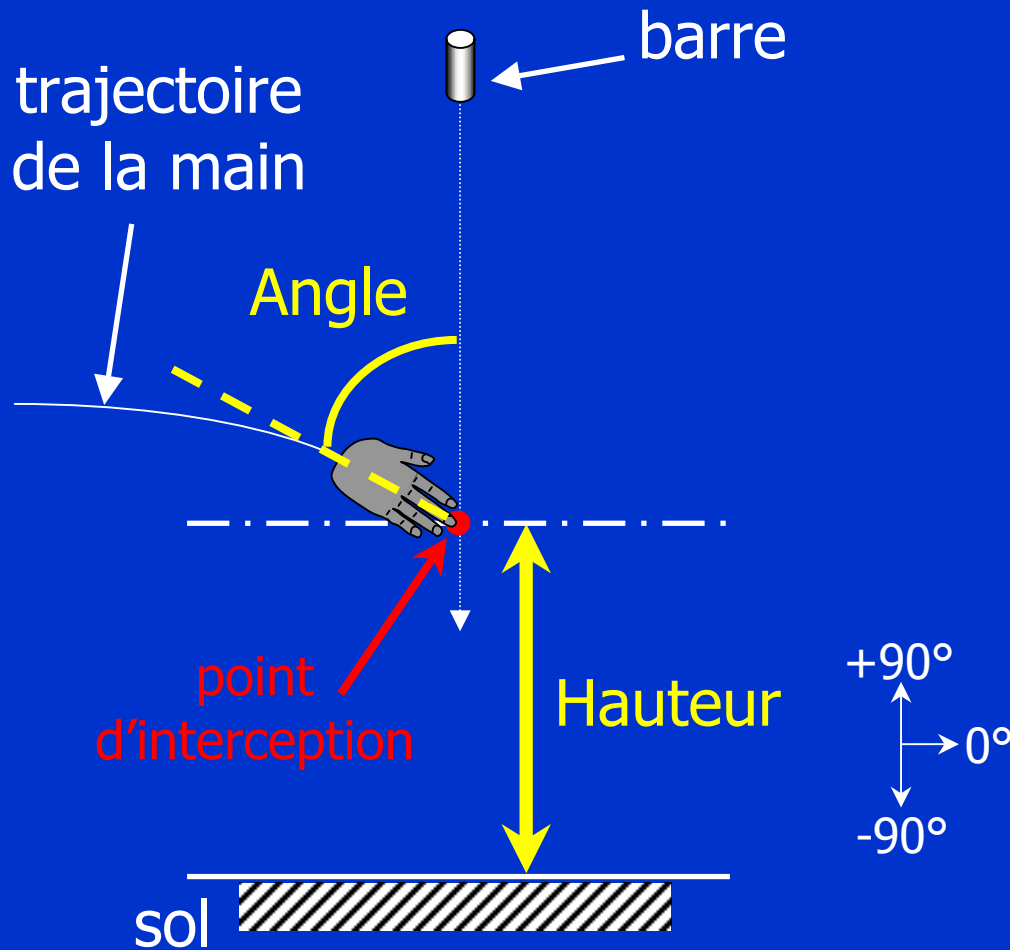


# Résultats Exp. 3

Index de linéarité :  
**Distance/déplacement**

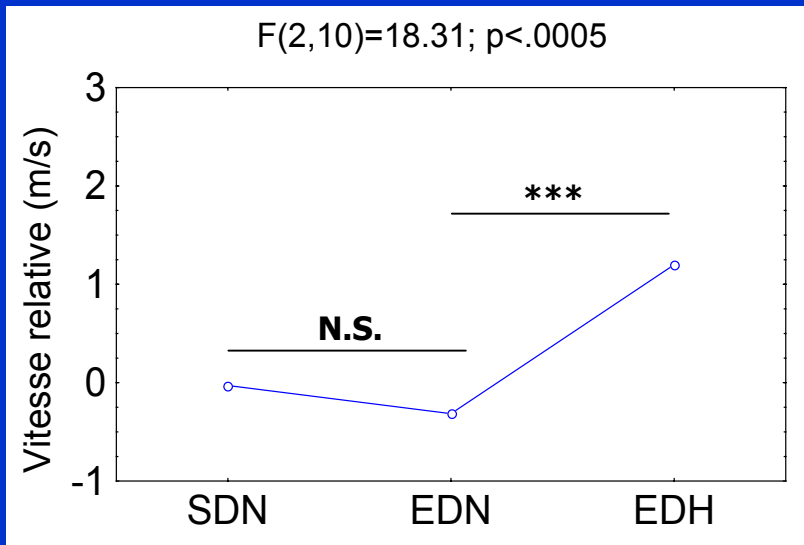


# Résultats Exp. 3

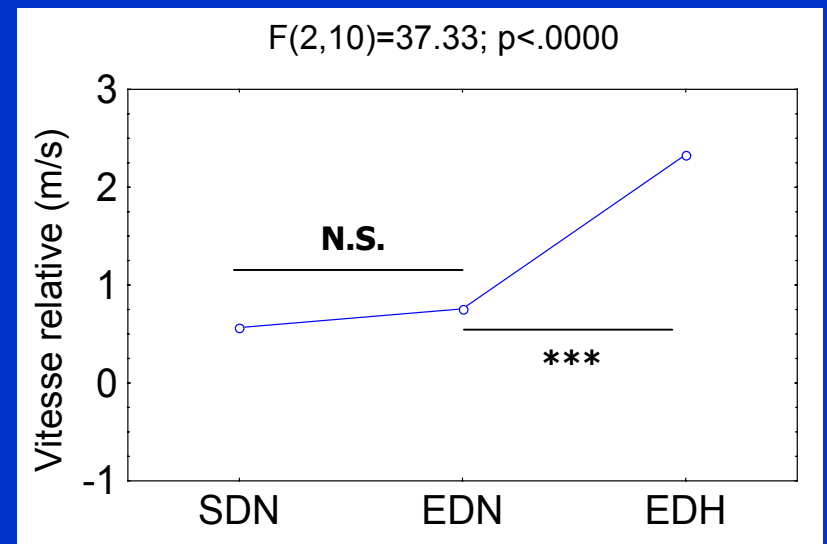


# Résultats Exp. 3

Vitesses relatives entre la barre  
et la main à l'attraper



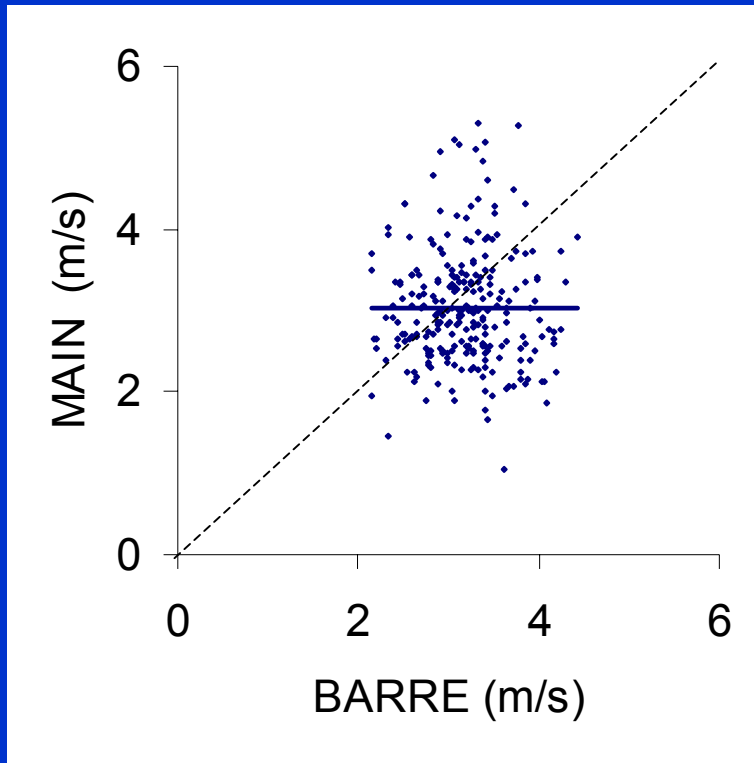
Vitesses tangentielles



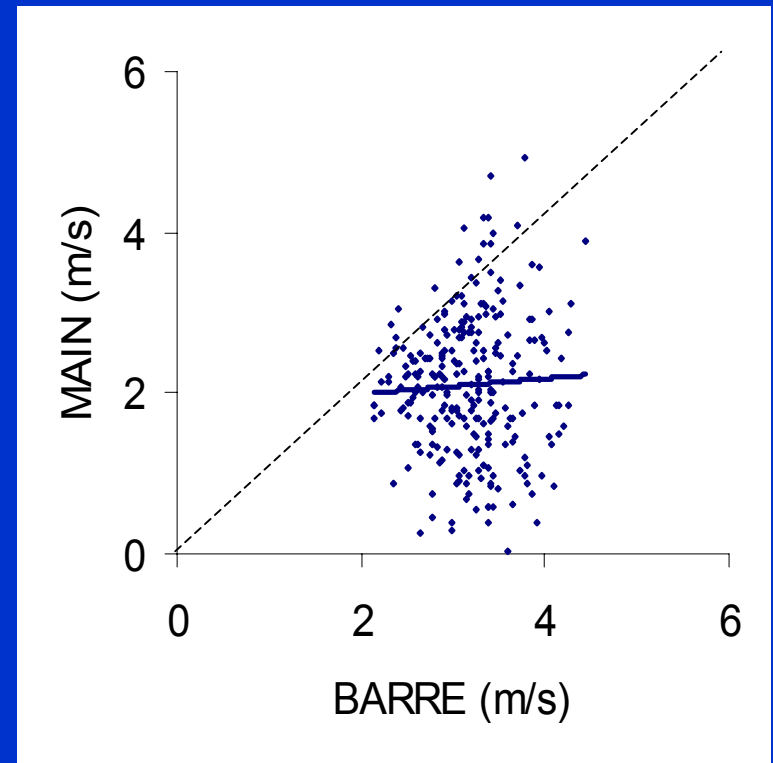
Vitesses verticales

# Résultats Exp. 3

Vitesses tangentielles



Vitesses verticales



# Résumé

- Stratégie de poursuite
  - trajectoire en fonction des contraintes temporelles et spatiales
  - main toujours dirigée vers le bas au moment de l'impact
- Points communs entre humains et robots :
  - direction de l'effecteur avant l'attraper
  - réduction de la vitesse relative
- Stratégie entraînant →
  - augmentation de la marge d'erreur
  - diminue la quantité de mouvement relative à l'impact.
- Stratégie approximative →  
vitesse relative de la main par rapport la barre toujours différente de zéro

# Plan

- Introduction
- Anticipation et navigation
- Anticipation et capture d'objet

→ **Conclusion**

# Pour conclure...

- **Stratégies d'anticipation** présentes dans la plupart des tâches visuo-motrices
- Choix des stratégies fonction des **conditions initiales** (contexte) et du **but atteindre**

# Pour conclure...

- Deux problèmes :
  - événement imprévisible par essence
  - incompressibilité des délais sensoriels

⇒ **ANTICIPATION** ⇐

- Prévoir :
  - « ce qui peut être fait » (futur)
  - à partir de
  - « ce qui est » (passé-présent)



# Pour conclure...

- **Cerveau :**
  - *Simulateur*
  - *fonctionnement probabiliste*
- **Informations *a priori* :**
  - « catalyseurs » permettant d'accélérer les processus de choix des stratégies et d'optimisation du contrôle moteur

**FIN**

Merci de votre  
attention...

