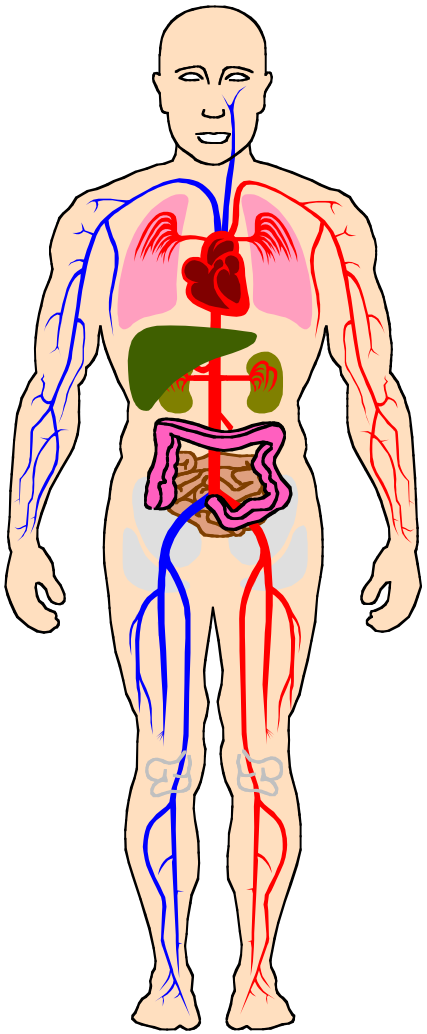
UE61.A

Apprentissage moteur

K. Torre

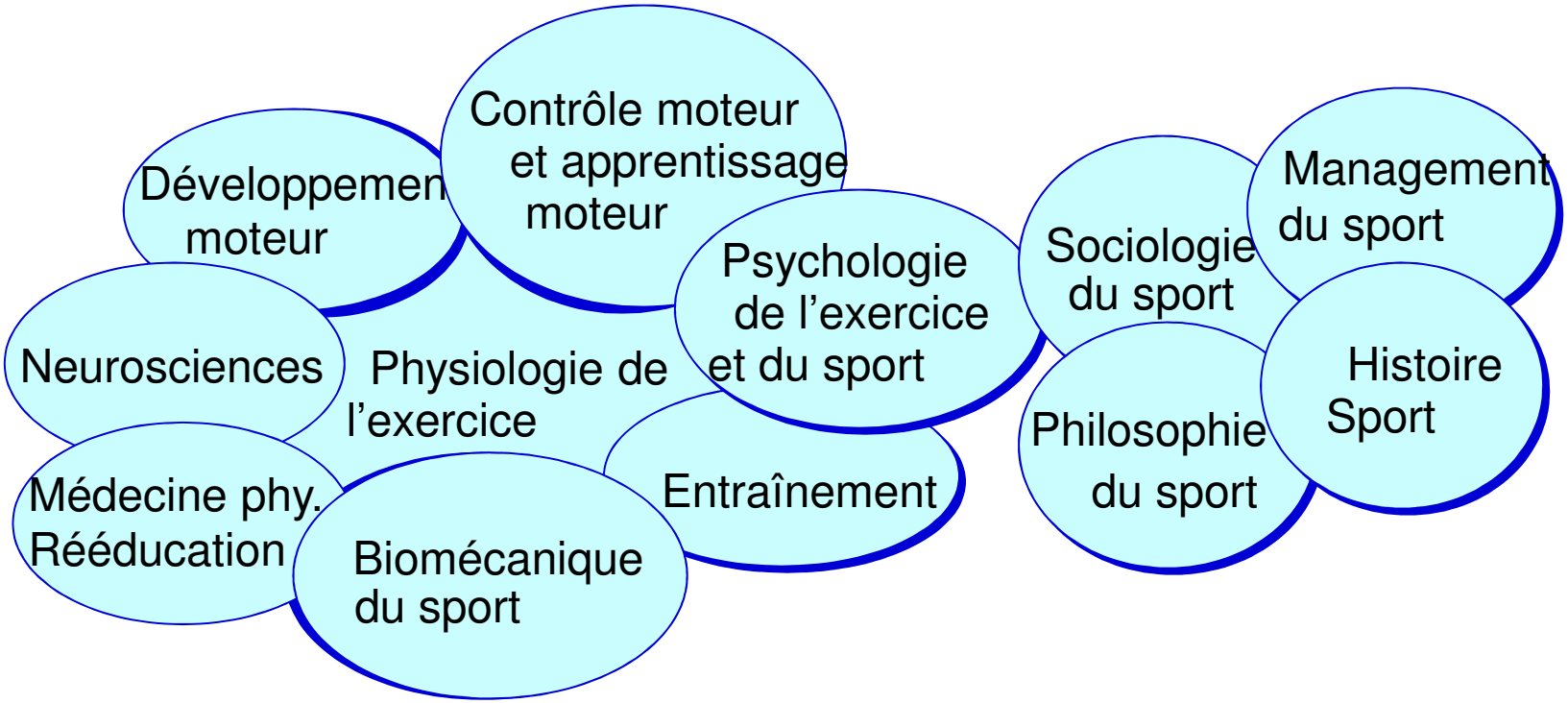
2016-2017

Sciences du sport et de l'exercice



- Nombreuses disciplines fournissant théories et méthodes permettant de comprendre le sport et l'exercice
  - Biologie
  - Neurosciences
  - Anatomie
  - Physiologie
  - Chimie
  - Biochimie
  - Physique
  - Histoire
  - Philosophie
  - Psychologie
  - Sociologie

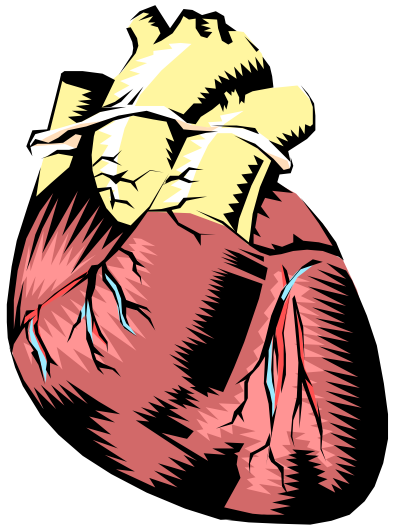
Sciences du sport et de l'exercice

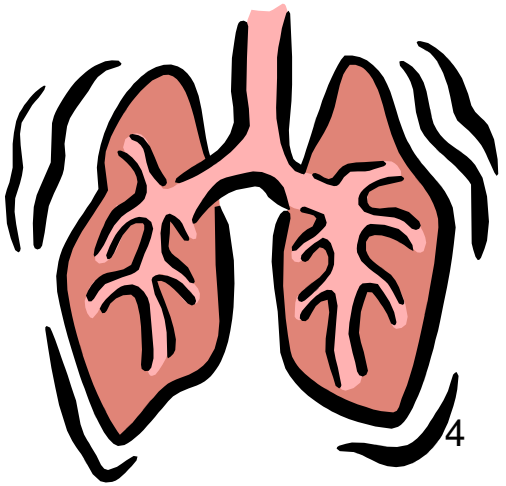


Sciences Vivant | Sciences de l'Homme | Sciences sociales

PHYSIOLOGIE DE L'EXERCICE

- L'étude des causes et des conséquences du fonctionnement de l'organisme et ses changements dus à l'activité physique
- Basé sur la compréhension des bases anatomiques et physiologiques du mouvement humain
- Analyse les réactions biochimiques qui apportent de l'énergie aux muscles
- Examine les changements cardio-vasculaires et autres changements physiologiques





PSYCHOLOGIE DU SPORT

- L'étude du comportement humain en sport, principalement des processus mentaux qui interagissent avec la performance motrice
- Met l'accent sur la psychologie de l'apprentissage, l'importance du renforcement
- Implique la compréhension des interactions entre motivation, éveil, attribution, et développement de la personnalité

APPRENTISSAGE MOTEUR

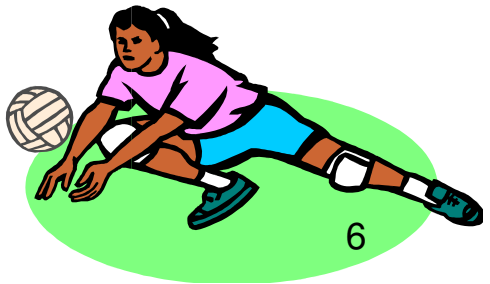
L'étude des processus sensoriels, cognitifs et moteurs associés à la répétition motrice qui contribuent à l'amélioration de la performance

- Sont importants pour l'apprentissage des habiletés motrices:
  - La motricité naturelle sur laquelle les habiletés se forment
  - Le transfert d'apprentissage
  - Types de session de pratique (massé, distribué, variable, fixe…)
  - Types d'instructions (explication, démonstration, découverte…)
  - Feedback (retour d'information, /résultat ou /manière)

- 2 questionnements:

  Apprentissage moteur ? Contrôle moteur ?

- Expertise = stade ultime



Bibliographie générale

Schmidt, R.A. (1993). *Apprentissage moteur et performance*. Paris: Vigot.

La Rue, J. & Ripoll, H. (2004), *Manuel de Psychologie du Sport, 1. Les Déterminants de la Performance Sportive*. Paris : Editions Revue EPS.

Temprado, J.J. & Montagne, G. (2001). *Les coordinations perceptivo-motrices*. Paris: Armand Colin.

Delignières, D. (1998). Apprentissage moteur: Quelques idées neuves. *Revue E.P.S.*, 271**,** 61-66.

Bertsch, J & Le Scanff, C (1995). *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage*. Paris: PUF.

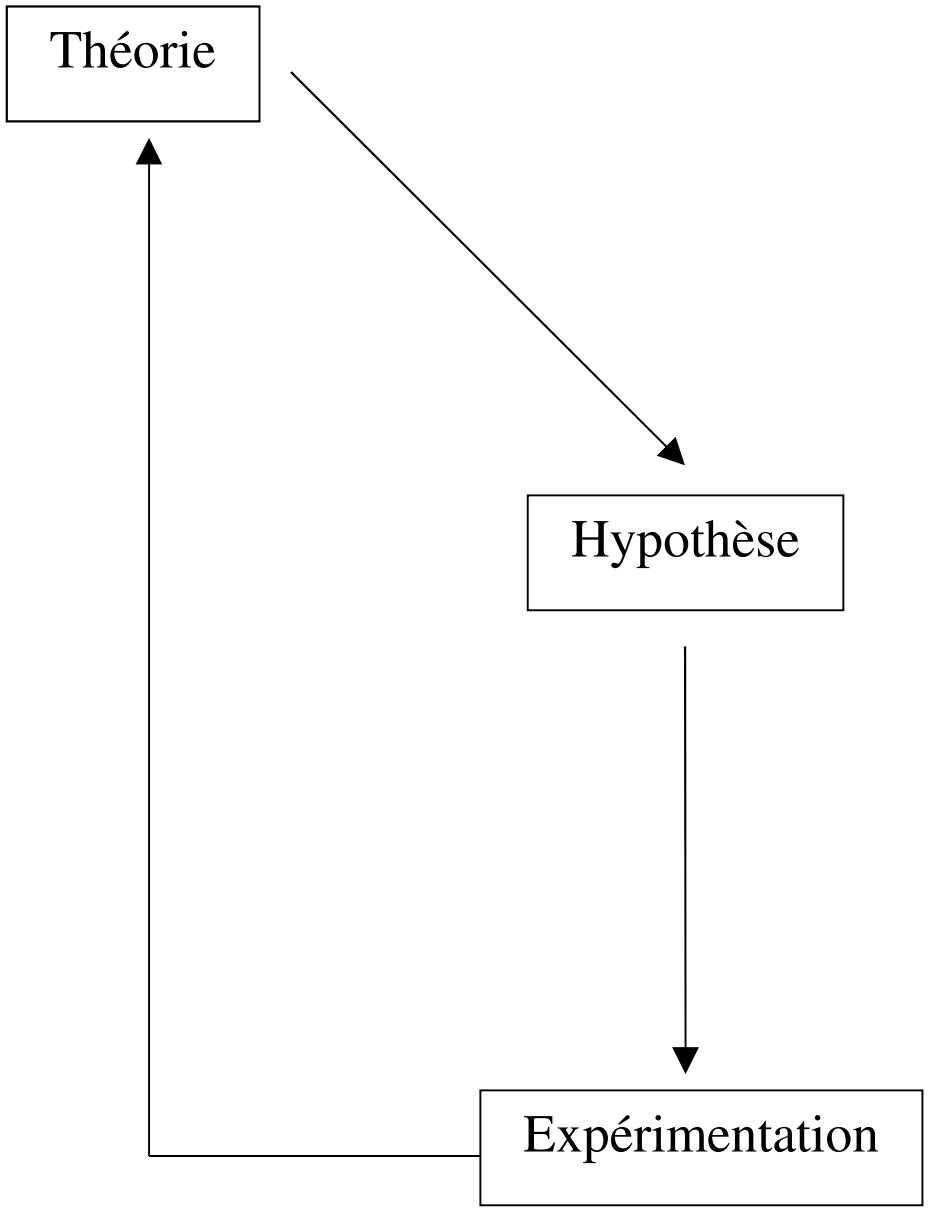
Durand, M. (1987). L'enfant et le sport. Paris: PUF.

Marin, L., & Danion, F. (2005). Neurosciences : Contrôle et apprentissage moteur. Paris : Ellipse

Les objectifs de ce cours

1. Passer en revue les principales théories scientifiques relatives à la production du comportement moteur et à l'apprentissage des habiletés motrices

2. Comprendre comment les chercheurs construisent le savoir scientifique, au travers de la mise à l'épreuve expérimentale de leurs théories

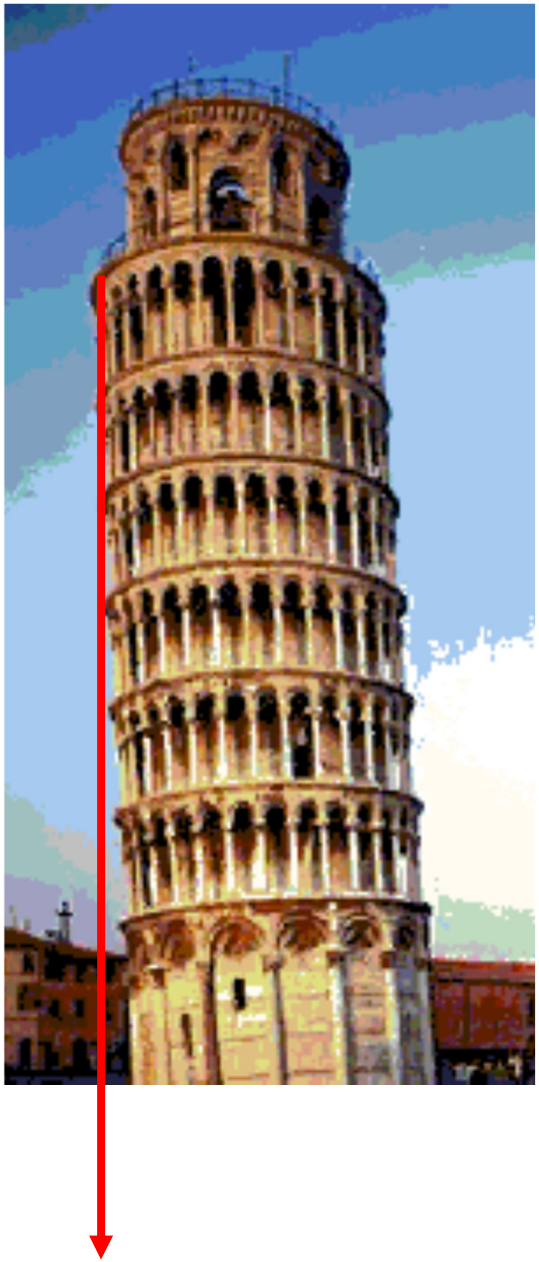


L'administration de la preuve dans les sciences expérimentales

Galilée

La durée de la chute est indépendante du poids

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \longrightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



Les objectifs de ce cours

1. Passer en revue les principales théories scientifiques relatives à la production du comportement moteur et à l'apprentissage des habiletés motrices

2. Comprendre comment les chercheurs construisent le savoir scientifique, au travers de la mise à l'épreuve expérimentale de leurs théories

3. Comprendre comment ces savoirs peuvent éclairer les interventions des professionnels de l'éducation et de l' entraînement

Plan du cours

Introduction : définitions

1. Habileté et traitement de l'information
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente
3. Les étapes de l'apprentissage moteur
4. Apprentissage et efficience
5. Apprentissage et conditions d'apprentissage
6. Apprentissage et connaissances

Plan du cours

Introduction : définitions

1. Habileté et traitement de l'information
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente
3. Les étapes de l'apprentissage moteur
4. Apprentissage et efficience
5. Apprentissage et conditions d'apprentissage
6. Apprentissage et connaissances

Performance =	Aptitudes	+	Habileté	+	Effort
2 sens…	Talent		Savoir-faire		Motivation
	Don Qualités		Apprentissage		

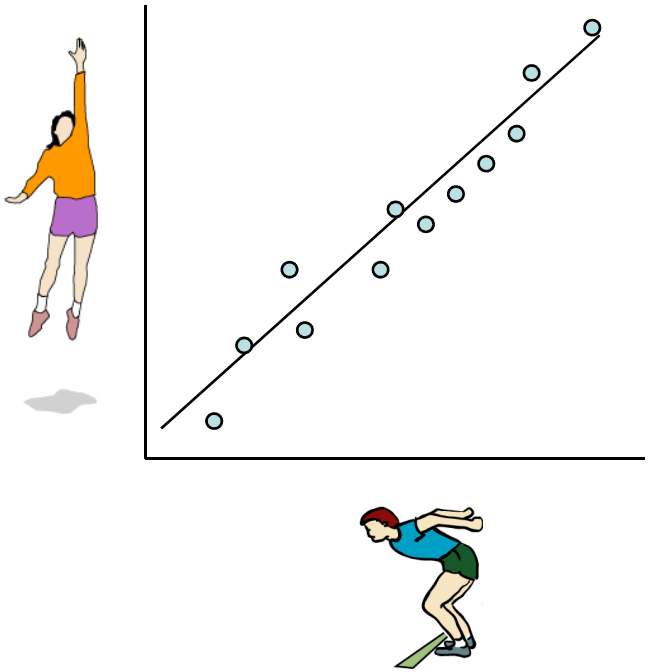
Les aptitudes
Les qualités physiques

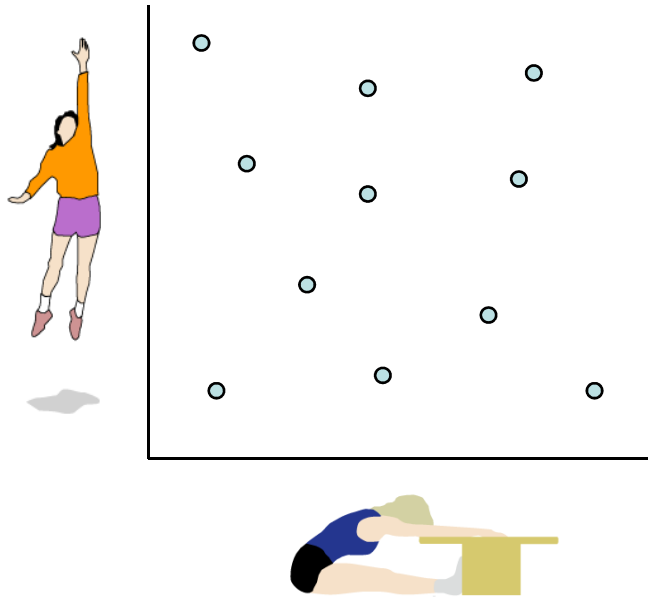
Qu'est-ce que le talent? Peut-on dire qu'une personne est « douée »?

Le talent est-il général, ou particulier à des domaines ou des situations précises?

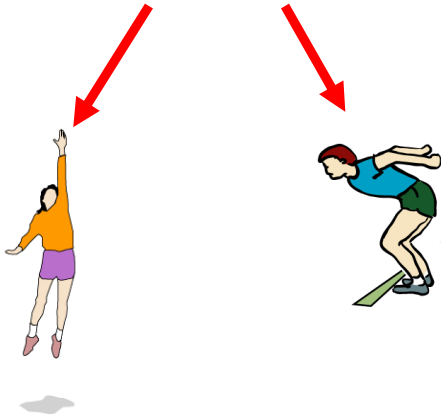
Combien de talents, ou d'aptitudes peut-on distinguer chez une personne?

Fleishmann (1954)



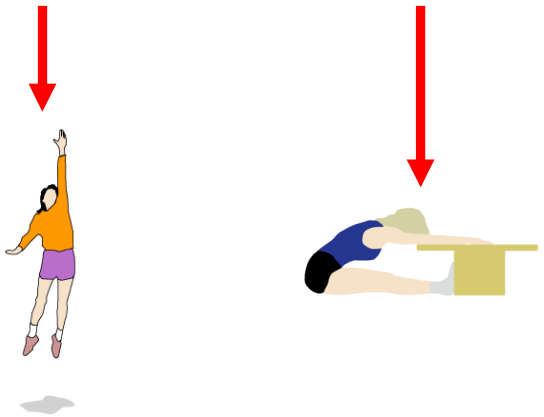


aptitude1

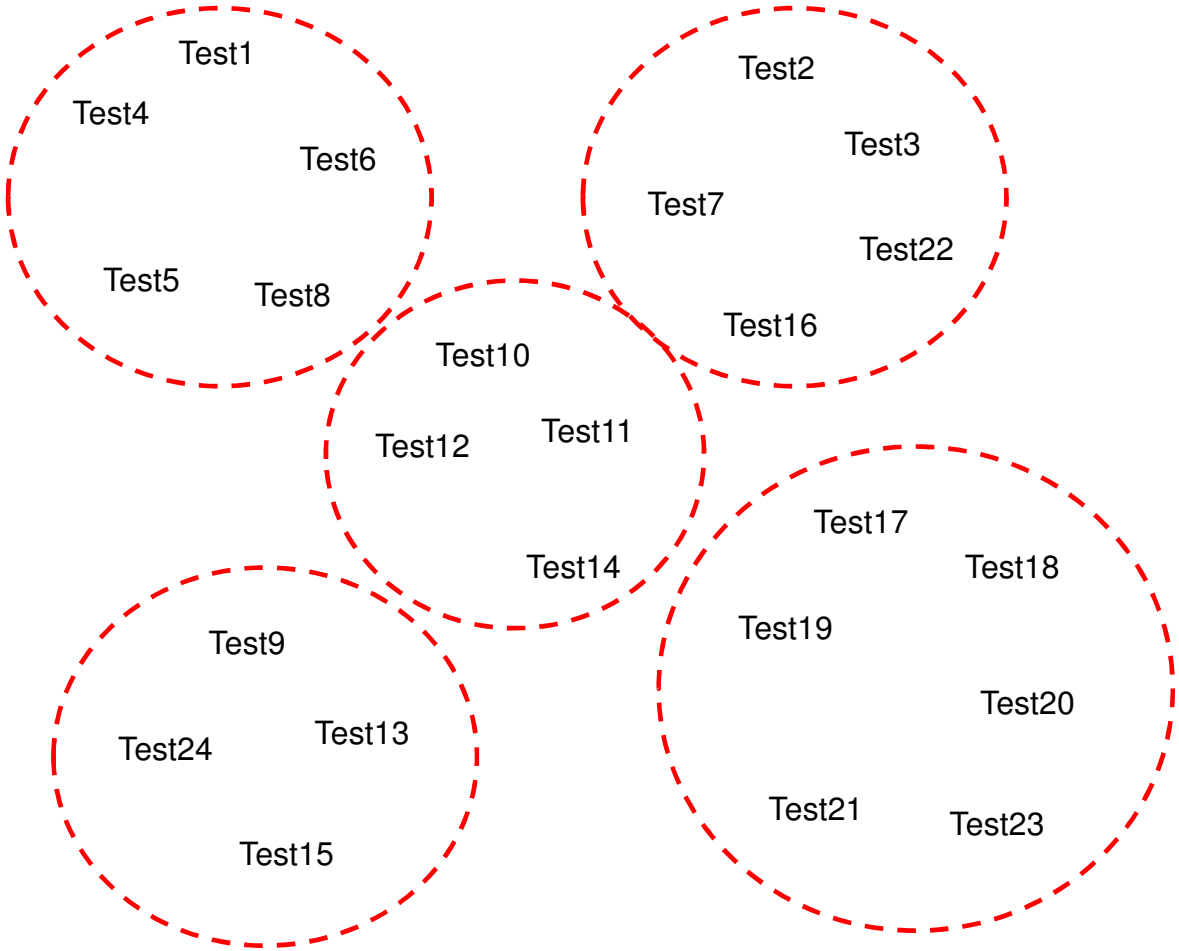


aptitude1

aptitude2



Fleishmann (1954)



Listing des aptitudes identifiées par Fleischman

Psycho-motrices

perceptives

intellectuelles

1. Compréhension du langage oral
2. Compréhension du langage écrit
3. Expression orale
4. Expression écrite
5. Facilité d'idéation
6. Originalité
7. Mémorisation
8. Sensibilité à l'erreur
9. Raisonnement mathématique
10. Vitesse de calcul mental
11. Raisonnement inductif
12. Raisonnement déductif
13. Organisation des informations
14. Souplesse de classification
15. Vitesse de catégorisation
16. Abstraction des catégories
17. Orientation spatiale
18. Visualisation mentale
19. Vitesse perceptive
20. Précision du contrôle
21. Coord. pluri-segmentaire
22. Temps de réaction de choix
23. Anticipation-coïncidence
24. Temps de réaction simple
25. Contrôle bras-main
26. Dextérité manuelle

perceptives

coordination

souplesse

force

cognitives

27. Dextérité digitale
28. Vitesse poignet-main
29. Vitesse de mouvement des mbres
30. Attention sélective
31. Partage de l'attention
32. Force statique
33. Force explosive
34. Force dynamique
35. Force du tronc
36. Souplesse statique
37. Souplesse dynamique
38. Coord. corporelle globale
39. Equilibre corporel global
40. Endurance cardio-respiratoire
41. Vision rapprochée
42. Vision lointaine
43. Discrimination des couleurs
44. Vision nocturne
45. Vision périphérique
46. Vision de la profondeur
47. Sensibilité à la luminosité
48. Acuité auditive générale
49. Attention auditive
50. Localisation sonore
51. Acuité d'audition du langage
52. Clarté du discours

Fleishmann (1954)

Tests unifactoriels

Equilibre

Force du tronc

Souplesse

Force dynamique membres sup

Endurance

Force explosive membres inf

→ Étalonnage des normes

Fleishmann (1954)

Test de force explosive des membres inférieurs

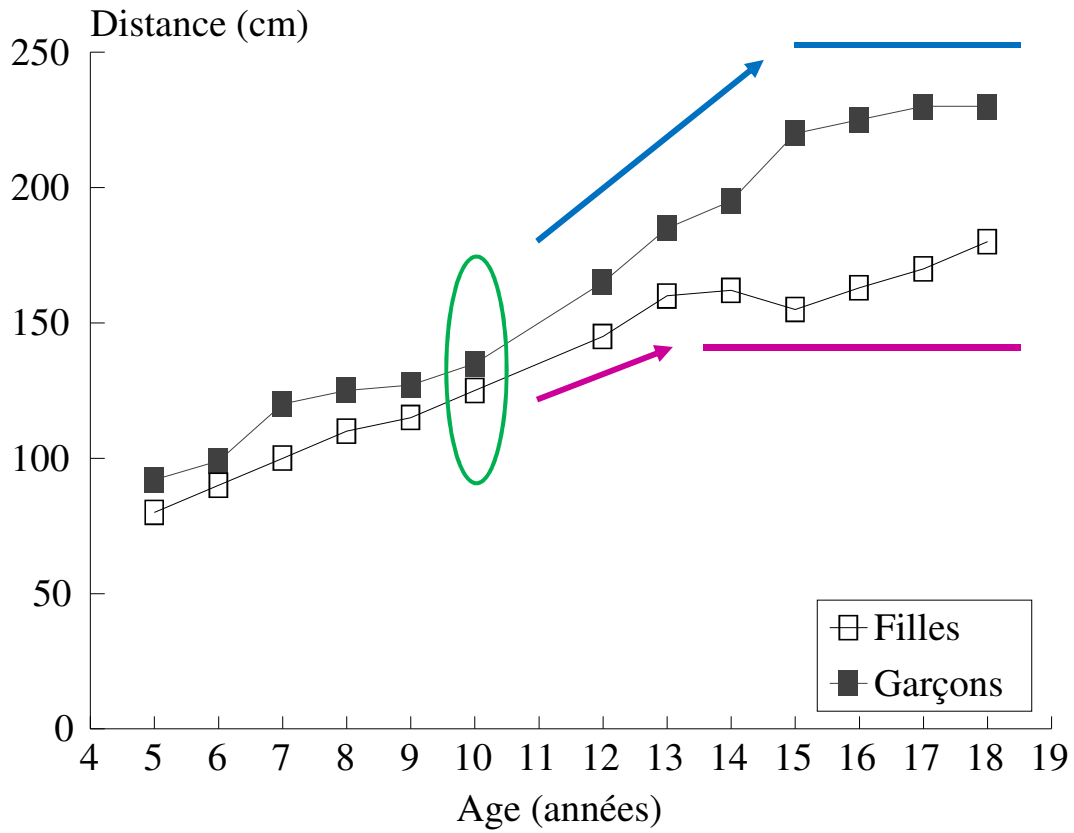
rating	**Hommes (cm)**	**Femmes (cm)**
excellent	> 70	> 60
very good	61-70	51-60
above average	51-60	41-50
average	41-50	31-40
below average	31-40	21-30
poor	21-30	11-20
very poor	< 21	< 11

Les aptitudes

L'aptitude est considérée comme non spécifique et peu modifiable par entraînement ou apprentissage.

→ L'aptitude n'est pas spécifique dans le sens où elle n'est pas attachée à une tâche précise, mais est sensée favoriser la performance dans l'ensemble des tâches supposées la solliciter à des degrés divers.

→ L’aptitude favorise l'apprentissage dans certaines tâches, mais on considère qu'elle n'est pas fondamentalement modifiée par la pratique.



Evolution selon l'âge et le sexe des performances dans un test de saut en longueur sans élan.
Durand (1987) d'après les données de Fleischman (1964) et Williams (1982)

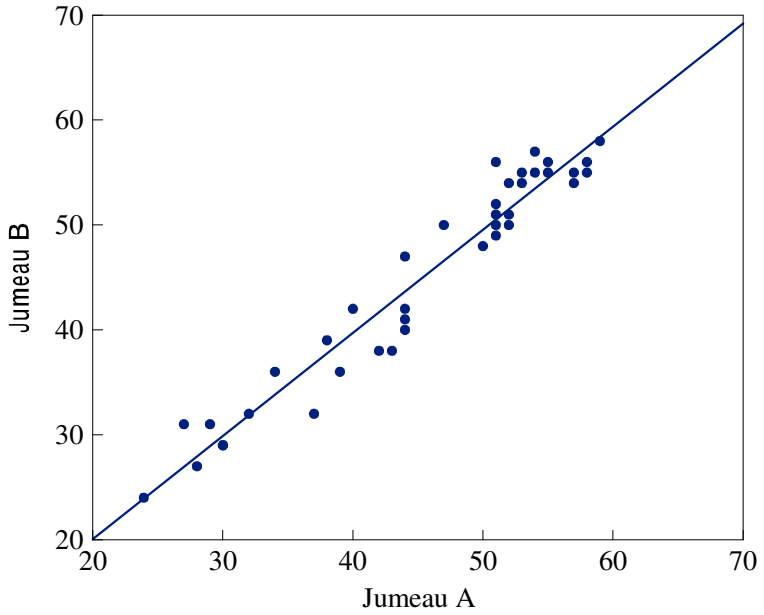
Age de stabilisation de différentes aptitudes physiques (d'après Famose et Durand, 1988)

	Garçons	Filles
Force statique	Adulte	Adulte
Force du tronc	17-18 ans	16-17 ans
Force dynamique	17-18 ans	12-13 ans
Force explosive	16-17 ans	Adulte
Coordination générale	15 ans	13-14 ans

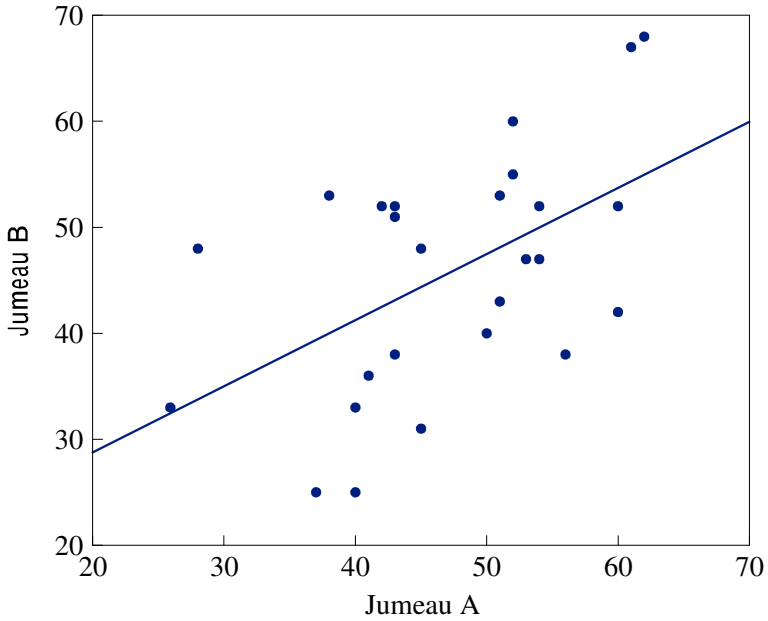
→ Améliorer une aptitude? Peut être possible, mais il faut se dépêcher…

→ Adultes: progrès observés dus à l'apprentissage, pas à l'évolution des aptitudes…

Jumeaux monozygotes



Jumeaux dizygotes



Corrélations entre les valeurs de VO_2max en fonction de l'âge mesurées chez des jumeaux monozygotes (gauche, **r=.97**) et chez les jumeaux dizygotes (droite, r=.52).

Données d'après Klissouras (1971), et Klissouras et al. (1973).

Influence de l'hérédité sur certaines aptitudes.

VO2max	93.4%	Klissouras (1971)
FCmax	85.9%	Klissouras (1971)
Type de fibres musculaires	99.5%	Komi et coll. (1977)
Puissance musculaire	99.2%	Komi et coll. (1977)
Temps de réflexe rotulien	97.5%	Komi et coll. (1973)
Temps de réaction	85.7%	Komi et coll. (1973)
Aptitude rythmique	43.0%	Noble (1978)

Pour aller plus loin sur les aptitudes:

Famose, J.P. & Durand, M. (1988). *Aptitude et performance motrice.* Paris: Revue EPS.

L’apprentissage

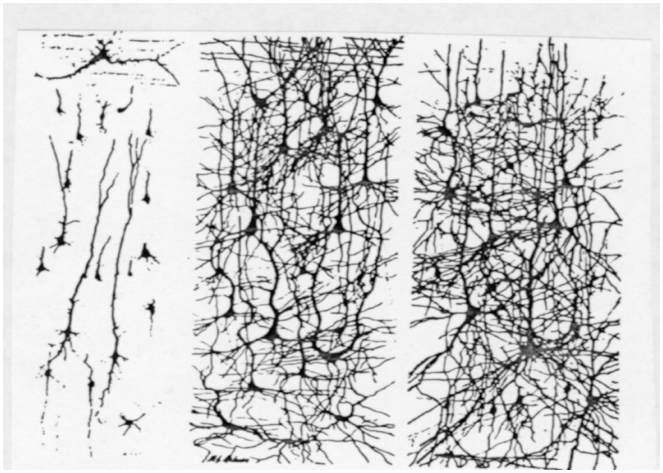
1. « Il y a apprentissage lorsqu'un organisme, placé plusieurs fois de suite dans la même situation, modifie sa conduite de façon systématique et durable » (Reuchlin, 1983).

2. L'apprentissage est « le processus neurologique interne supposé intervenir à chaque fois que se manifeste un changement qui n'est dû ni à la croissance, ni à la fatigue » (Fleischman, 1967).

L'apprentissage moteur n'est pas directement observable
- Inférence à partir du comportement observable
- Etude expérimentale dans des conditions contrôlées

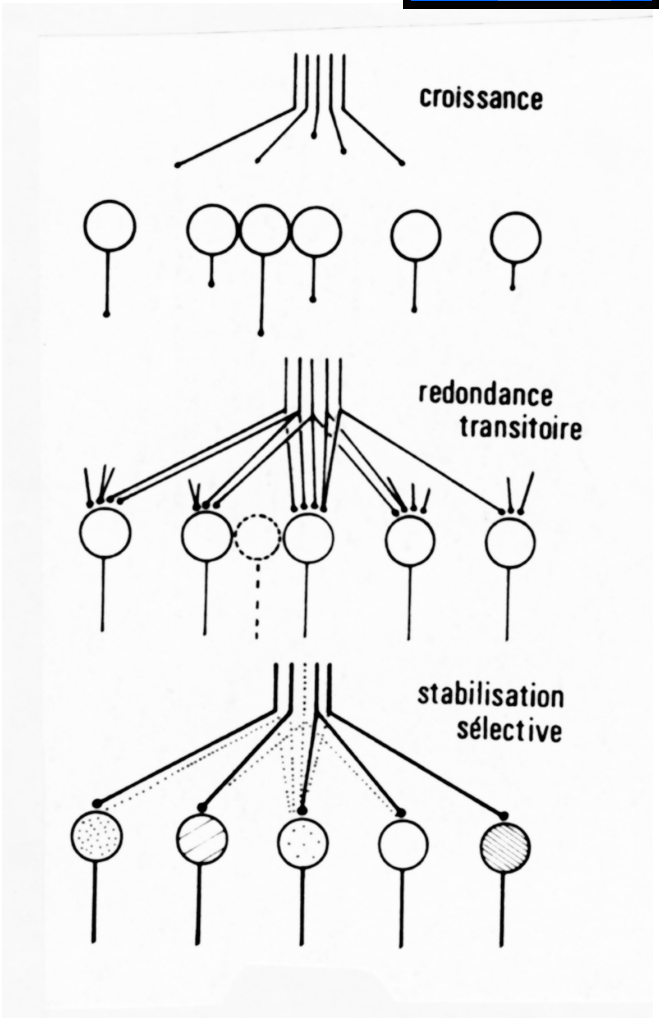
Substrats neuronaux

Coordinations neuronales



Naissance 16 mois 2 ans

Scholl, 1975



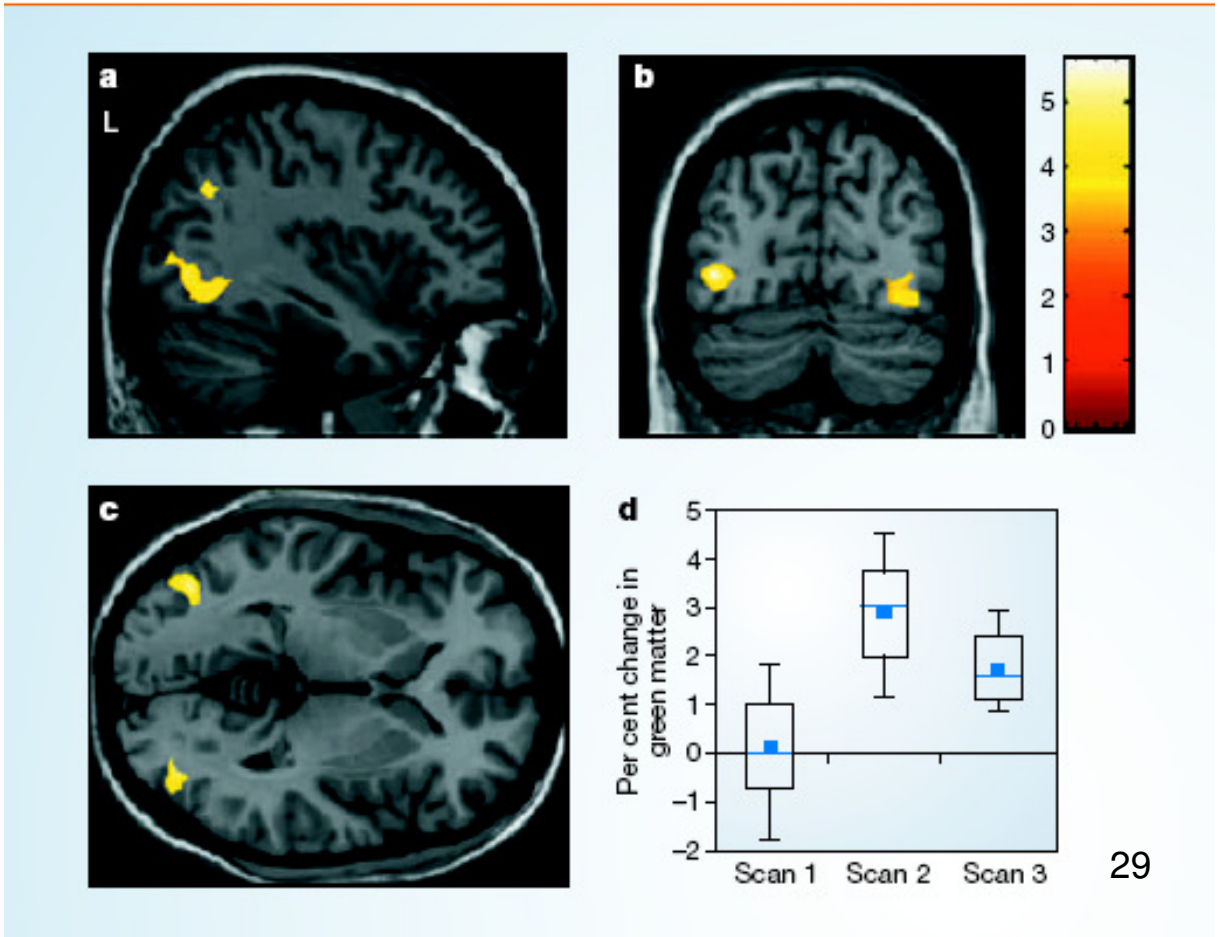
Changeux, 1983

- Labilité des connexions pendant la croissance
- Redondance synaptique (transitoire)
- Stabilisation synaptique
- Dégénérescence, régression, mort cellulaire

Changes in grey matter induced by training

NATURE|VOL 427|22 JANUARY 2004|www.nature.com/nature

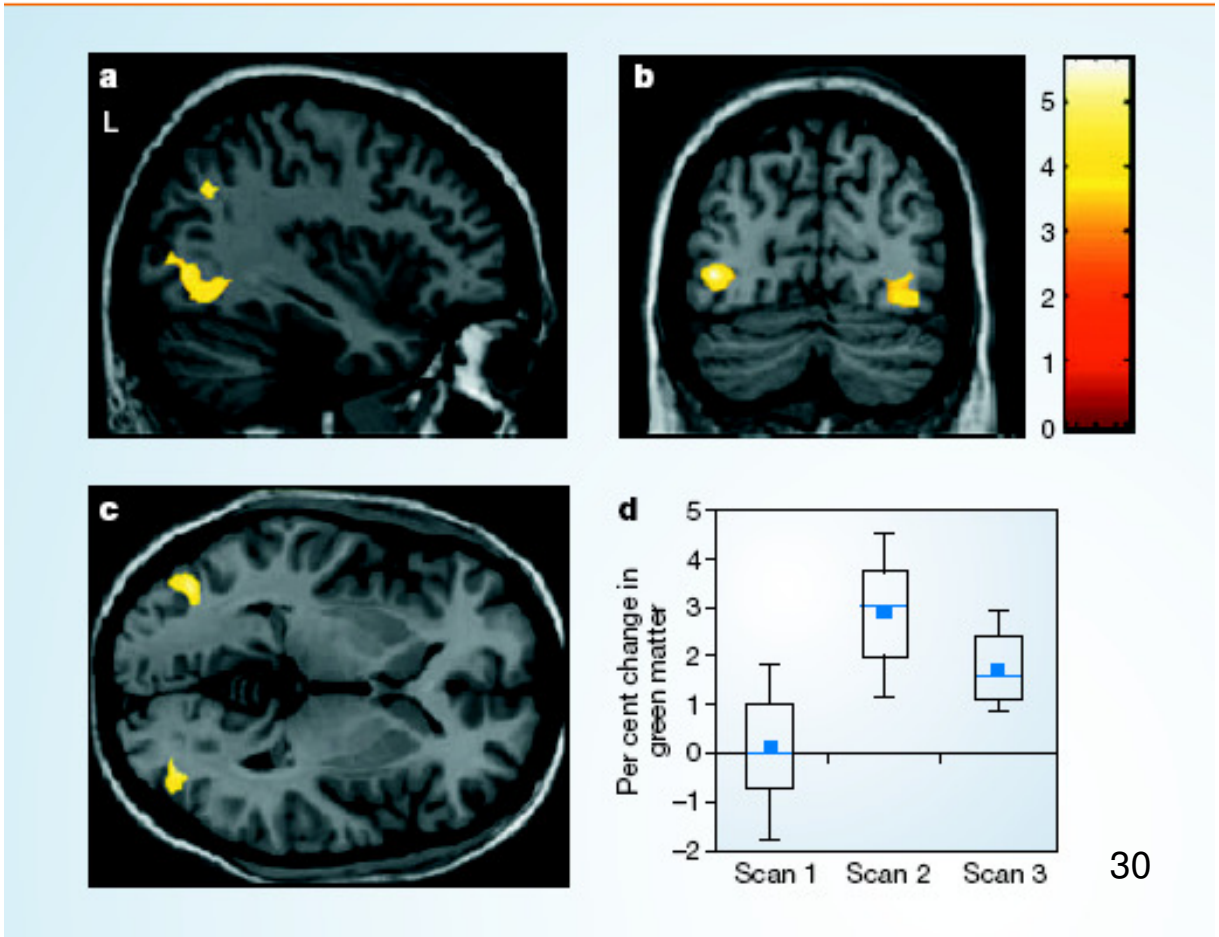
Bogdan Draganski*, Christian Gaser†,
Volker Busch*, Gerhard Schuierer‡,
Ulrich Bogdahn*, Arne May*



Changes in grey matter induced by training

NATURE|VOL 427|22 JANUARY 2004|www.nature.com/nature

Bogdan Draganski*, Christian Gaser†,
Volker Busch*, Gerhard Schuierer‡,
Ulrich Bogdahn*, Arne May*



Apprentissage et Habileté

L'habileté est le produit de l'apprentissage

L'habileté est la "capacité [..] à élaborer et à réaliser une réponse efficace et économique pour atteindre un objectif précis" (Durand, 1987).

L'habileté est la capacité à réaliser une tâche

Habileté et tâche motrice

Une tâche est définie comme un but à atteindre dans des certaines conditions

Le but:	franchir la barre
Les conditions matérielles:	la hauteur de la barre la nature du tapis de réception la nature de l'aire d'élan
Les conditions procédurales:	le style du saut

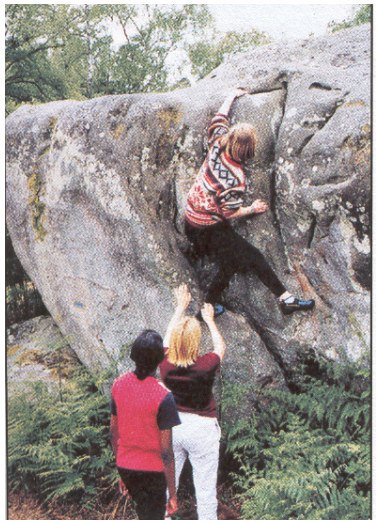
Habileté et tâche motrice

Famose (1983) distingue 3 catégories de tâches motrices

- **les tâches définies:** le but, les conditions matérielles et procédurales sont précisées

- **les tâches semi-définies:** seuls le but et les conditions matérielles sont précisées

- **les tâches non définies:** seul le but est précisé



Habiletés stratégiques vs techniques

(French & Thomas, 1987):

Habiletés techniques: Habiletés pour lesquelles le problème à résoudre est la mise en jeu d'une coordination sensori-motrice spécifique permettant d'atteindre le but (e.g., habileté gymnique). Ces habiletés sont contrôlées selon un mode plutôt implicite. Apprentissages sensori-moteurs

Habiletés stratégiques: Habiletés caractérisées par la présence d'incertitude. Les participants doivent prendre des décisions relatives au sous-buts successifs à réaliser. Ces habiletés mettent en jeu des bases de connaissance de haut niveau et le raisonnement conscient. Apprentissages cognitifs

Habiletés fermées vs ouvertes (Gentile, 1972):

Habiletés fermées: Habiletés réalisées en l'absence d'incertitude (événementielle), c'est-à-dire dans des conditions environnementales inchangées. Apprentissage par stabilisation

Habiletés ouvertes: Situation dans lesquelles les conditions environnementales changent au cours du temps de manière imprévisible. Prise de décision (choix) et adaptations doivent être envisagées au cours de l'action. Apprentissage par adaptation

Habiletés topocinétiques / morphocinétiques

(Paillard, 1991)

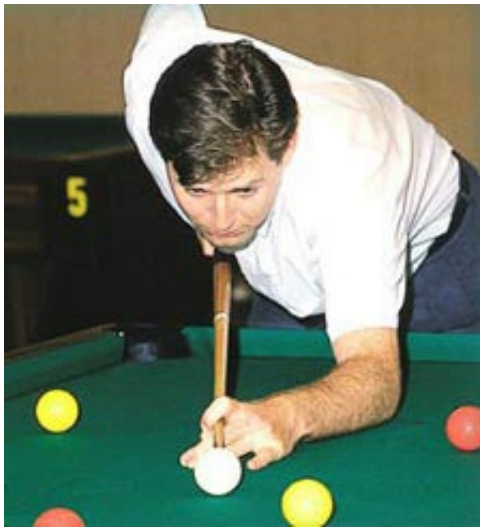
Habiletés topocinétiques: Habileté dont le but est spatialement repérable dans l'environnement (objet à atteindre, barre à franchir). Aucun intérêt de la démonstration.

Habiletés morphocinétiques: Habileté dont le but est une forme à produire ou à reproduire (pirouette en danse). Démonstration importante.

Habiletés globales

rôle de la vision etc.

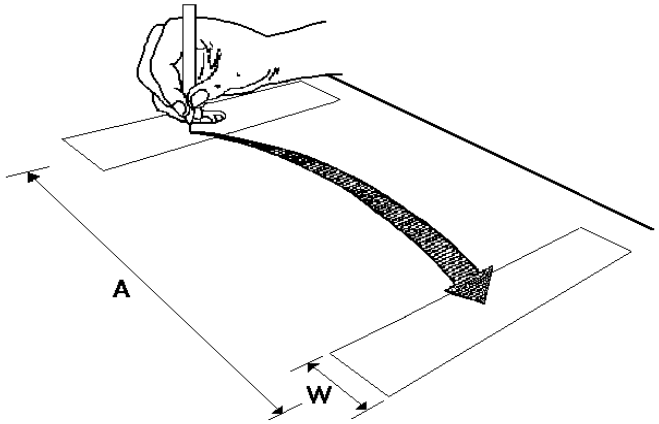
Habiletés manipulatoires

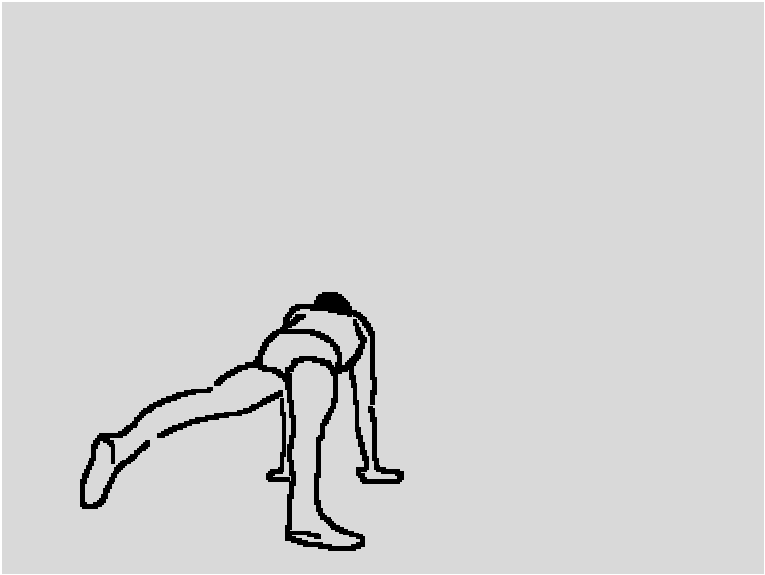


Habiletés simples / complexes

(Wulf & Shea, 2002)

Habiletés simples: Habileté nécessitant la maîtrise d'un faible nombre d'éléments ou degrés de liberté (muscles, segments, articulations). L'acquisition est rapide (quelque essais, une séance de pratique).





Habiletés complexes: Habileté nécessitant la maîtrise d'un grand nombre d'éléments ou degrés de liberté (muscles, segments, articulations). L'acquisition implique de nombreuses sessions de pratique ou essais.

Pour aller plus loin sur les tâches et les habiletés:

Famose, J.P. (1983). Stratégies pédagogiques, tâches motrices et traitement de l'information. In J.P. Famose, J. Bertsch, E. Champion & M. Durand, *Tâches motrices et stratégies pédagogiques en Education Physique et Sportive* (pp. 9-21). Paris: EPS.

Famose, J.P. (1985). L'habileté motrice: théorie et enseignement. *STAPS, 12,* 31-48.

Famose, J.P. (1990). *Apprentissage moteur et difficulté de la tâche*. Paris: INSEP.

Plan du cours

Introduction : définitions

1. Habileté et traitement de l'information
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente
3. Les étapes de l'apprentissage moteur
4. Apprentissage et efficience
5. Apprentissage et conditions d'apprentissage
6. Apprentissage et connaissances

1. Habileté et traitement de l'information

1.1. La théorie de l'information

1.2. Chronométrie mentale et traitement de l'information

1.3. Les stades de traitement de l'information

1.4. Mémoire à court terme et mémoire à long terme

1.5. Les programmes moteurs et la théorie du schéma

L'assimilation machinique

(Canguilhem, 1971)

3 générations de "machines"

Machines simples	Machines thermodynamiques	Machines informationnelles

L'assimilation machinique

(Canguilhem, 1971)

Machines simples	Machines thermodynamiques	Machines informationnelles
Leviers, poulies, grues, moulins à vent	Locomotives, machines à vapeur	Ordinateurs

L'assimilation machinique

(Canguilhem, 1971)

Machines simples	Machines thermodynamiques	Machines informationnelles
Leviers, poulies, grues, moulins à vent	Locomotives, machines à vapeur	Ordinateurs
Antiquité – XIX° siècle	XIX° siècle	XX° siècle

L'assimilation machinique

(Canguilhem, 1971)

Machines simples	Machines thermodynamiques	Machines informationnelles
Leviers, poulies, grues, moulins à vent	Locomotives, machines à vapeur	Ordinateurs
Antiquité – XIX° siècle	XIX° siècle	XX° siècle
Biomécanique	Physiologie	Cybernétique

L'assimilation machinique

(Canguilhem, 1971)

Machines simples	Machines thermodynamiques	Machines informationnelles
Leviers, poulies, grues, moulins à vent	Locomotives, machines à vapeur	Ordinateurs
Antiquité – XIX° siècle	XIX° siècle	XX° siècle
Biomécanique	Physiologie	Cybernétique
L'organisme comme charpente animée	**L'organisme transforme l'énergie**	**L'organisme traite de l'information**

L'évolution des paradigmes en psychologie

1. L'introspection

Le psychologue analyse ses propres états de conscience

On parle de psychologie à la première personne

Ex: Binet (France), Külpe (Allemagne), Titchener (Etats-Unis)

Critique positiviste: Peut-on avoir une approche objective de la subjectivité?

L'évolution des paradigmes en psychologie

2. Le behaviorisme

Ex: Watson, Skinner (USA), Pavlov (URSS)

L'évolution des paradigmes en psychologie

2. Le behaviorisme

Watson, Skinner (USA), Pavlov (URSS)

L'évolution des paradigmes en psychologie

2. Le behaviorisme

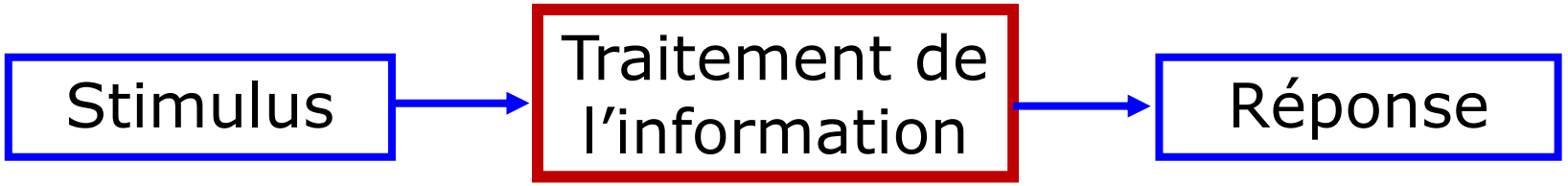
Watson, Skinner (USA), Pavlov (URSS)

→ Loi de l'effet

→ Loi du renforcement

L'évolution des paradigmes en psychologie

3. L'hypothèse cognitiviste



Shannon et la 2nd guerre mondiale

Essor de l'ordinateur…

La théorie de l'information

« **Une information** désigne par définition un ou plusieurs événements parmi un ensemble d'événements possibles » (Hebenstreit, 1989). L'apport d'information permet de diminuer l'incertitude

La quantité d'information est une grandeur permettant de mesurer l'information. Soit N le nombre d'événements possibles et n le sous-ensemble désigné par l'information. On pose par définition:

$$\text{Quantité d'information} = \mathbf{I = \log_2(N/n)} \qquad \textbf{(bits)}$$

La théorie de l'information

Soit N le nombre d'événements possibles et n le sous-ensemble désigné par l'information. **Si n = 1**, on aura les équivalences suivantes:

$$I = \log_2(N/n)$$

N	I
1	0
2	1
4	2
8	3
16	4
32	5

La théorie de l'Information permet de quantifier la « difficulté » de la tâche

Idée que la durée de traitement de l'information est proportionnelle à la quantité d'information à traiter.

1. Habileté et traitement de l'information

1.1. La théorie de l'information

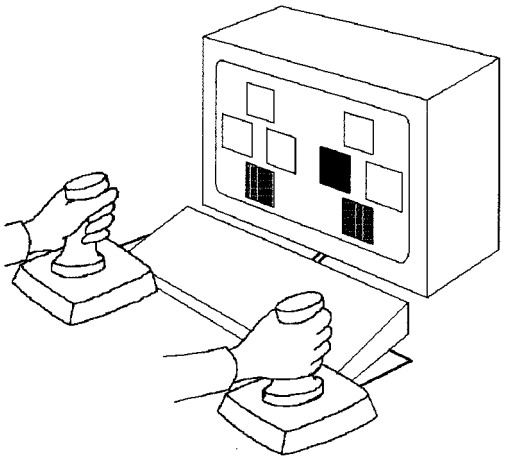
1.2. Chronométrie mentale et traitement de l'information

1.3. Les stades de traitement de l'information

1.4. Mémoire à court terme et mémoire à long terme

1.5. Les programmes moteurs et la théorie du schéma

Tâches de temps de réaction

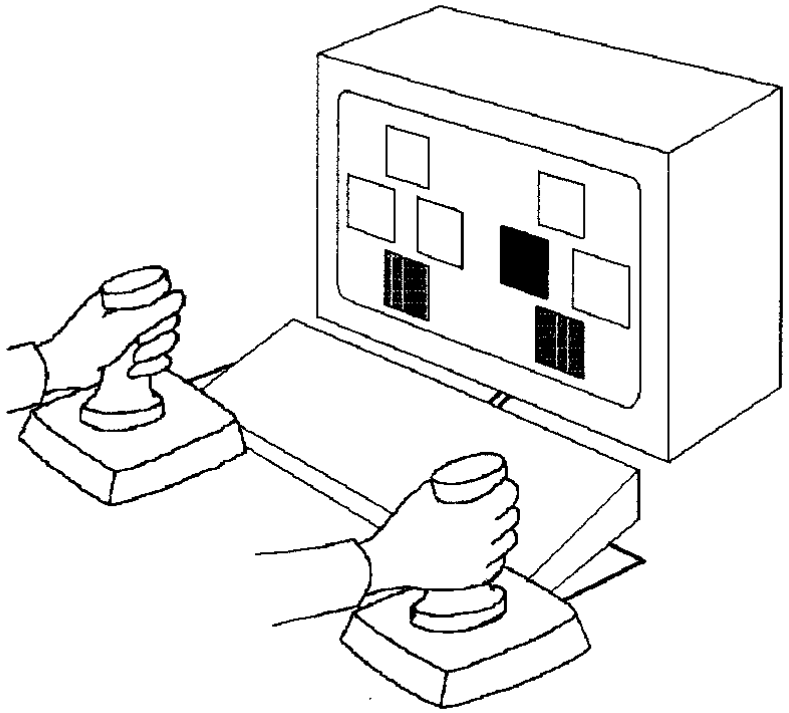


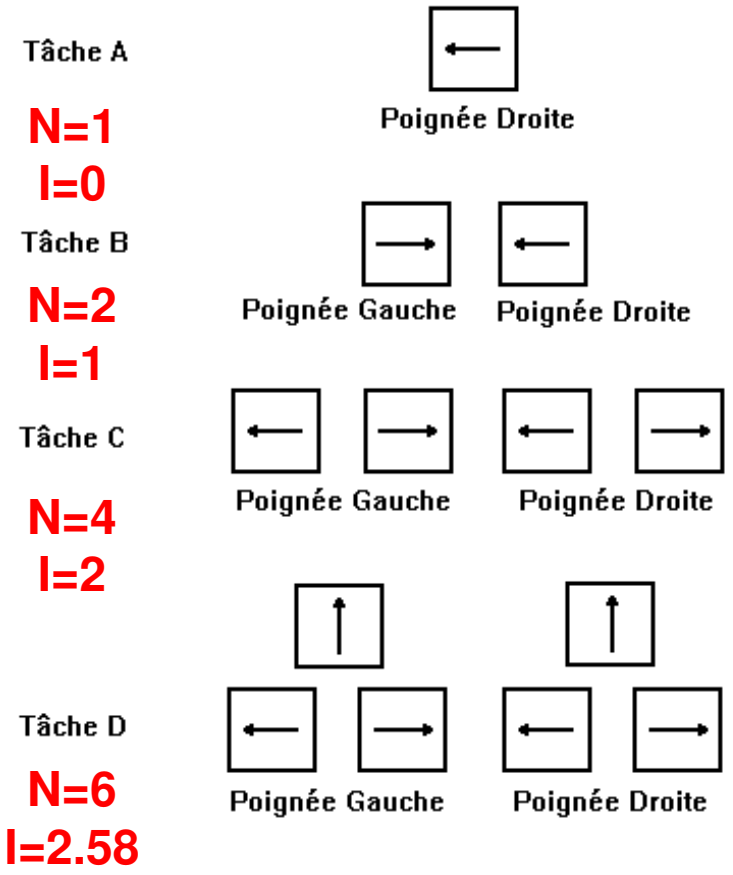
Hick (1952)

Hyman (1953)

Stimulus → Réponse

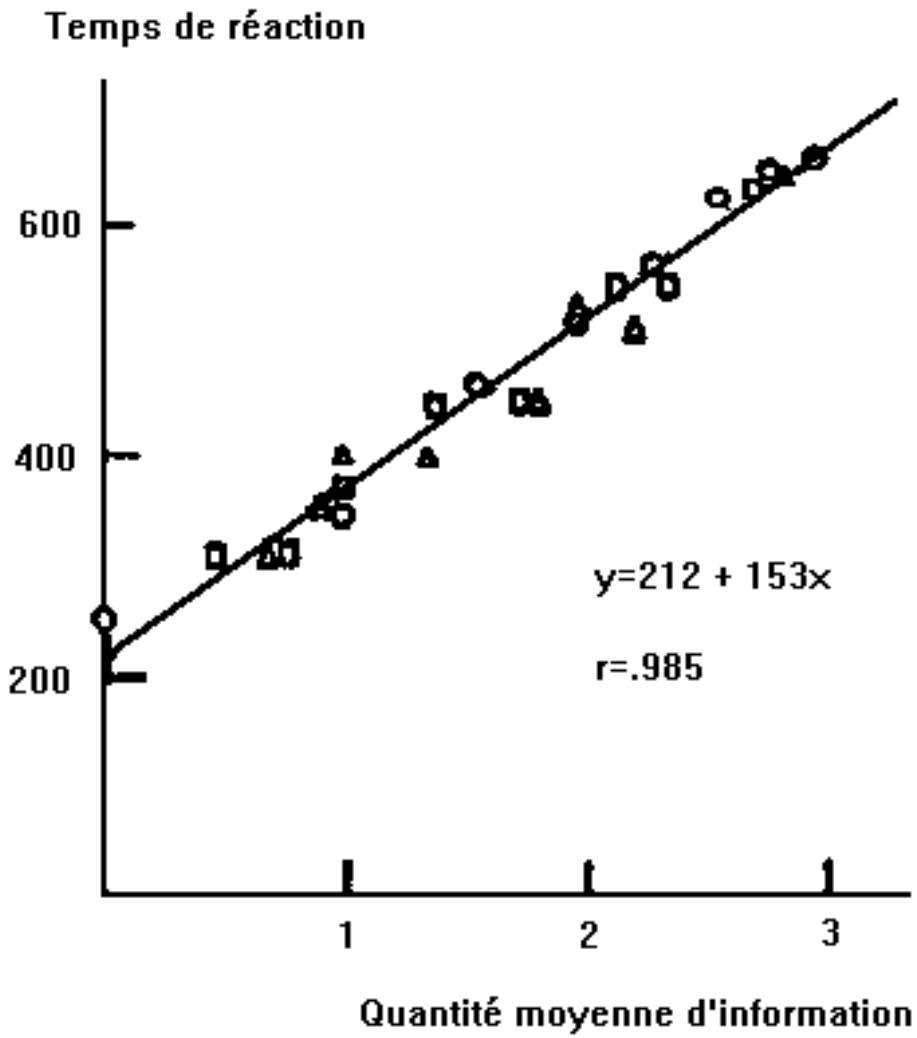
Temps de Réaction





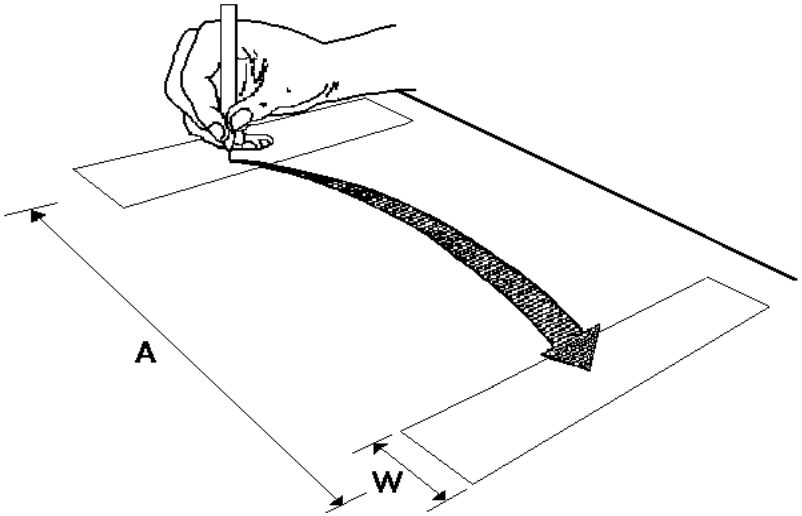
Hypothèse?

Si le SNC fonctionne comme un ordinateur,
alors le TR doit être proportionnel à la quantité d'information (I)
et non au nombre de choix possibles (N)

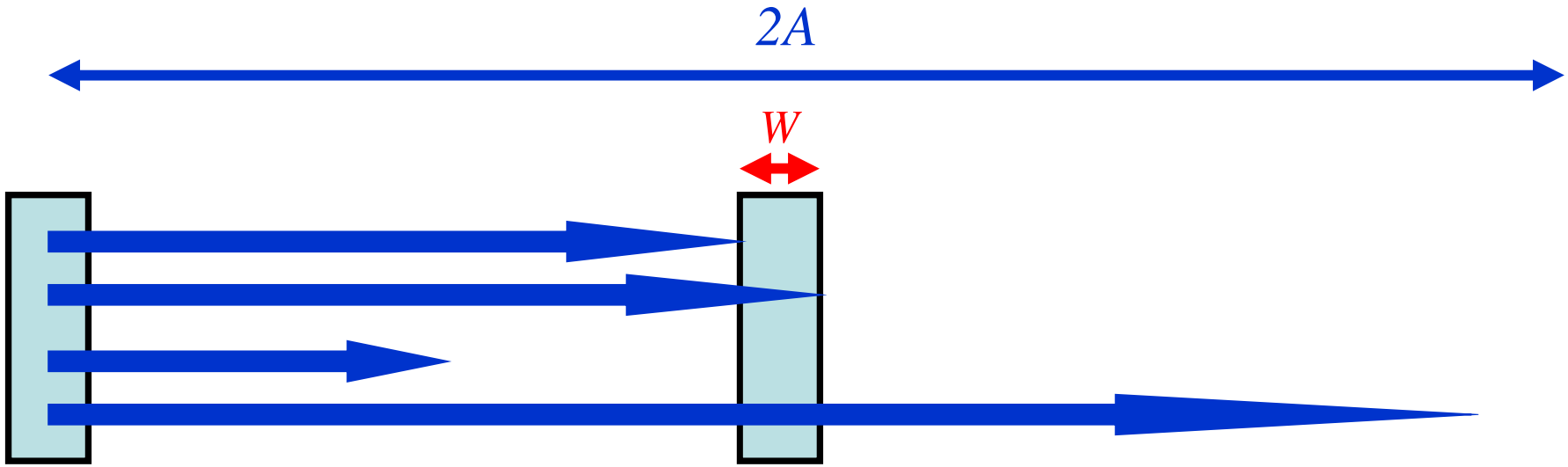


Relation quantité d'information/temps de réaction, dans des tâches de temps de réaction simple et de choix (données d'après Hyman, 1953)

Le dispositif expérimental de Fitts (1954)



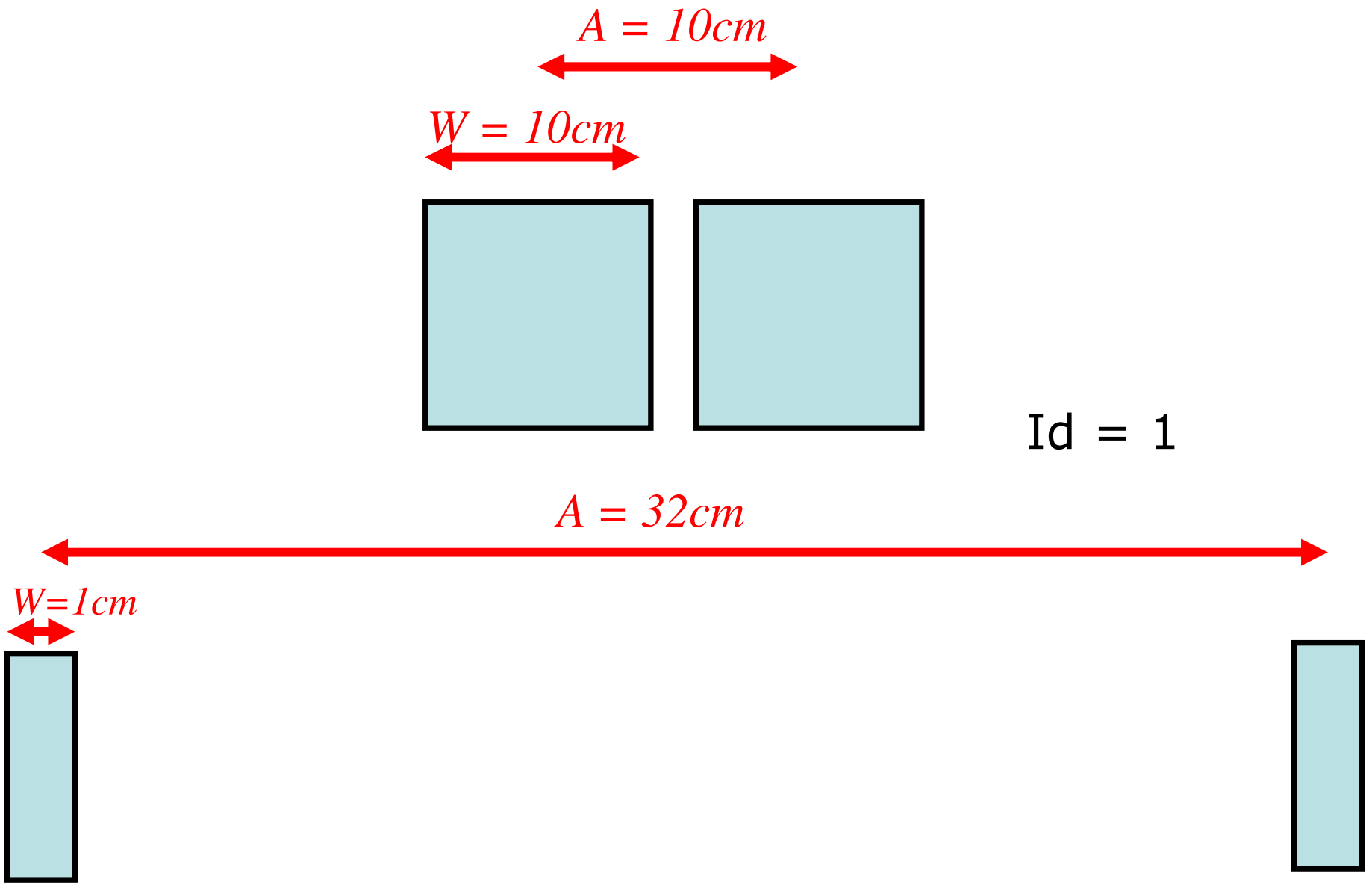
$$Id = \log_2(2A/W)$$

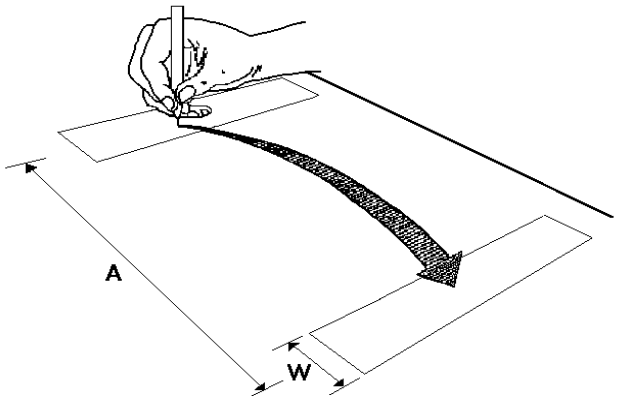


W = évenements pertinents

2A = évenements possibles

$Id = \log_2(2A/W)$

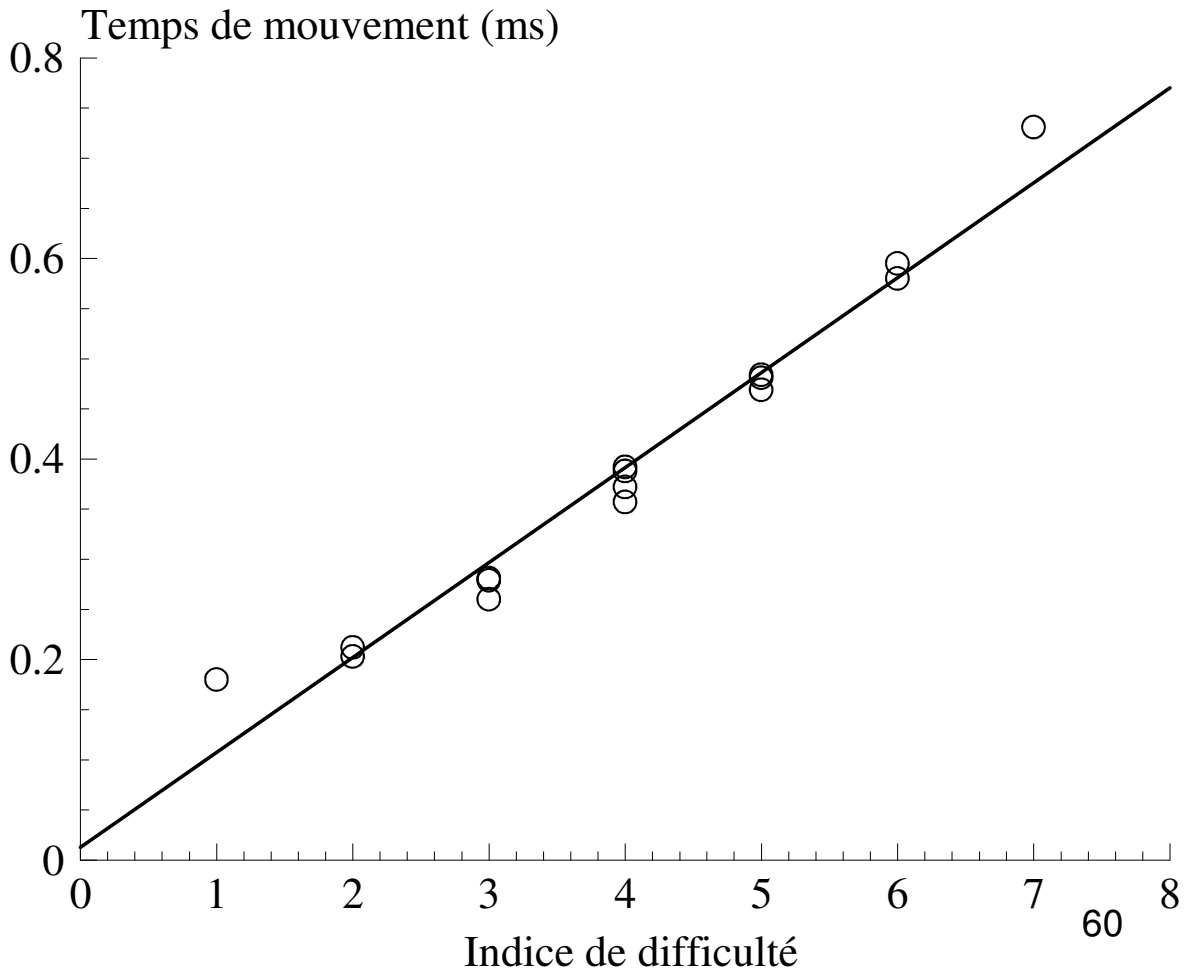




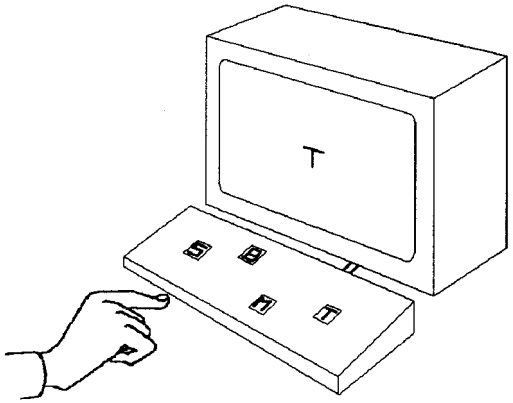
Le dispositif expérimental de Fitts (1954)

$$Id = \log_2(2A/W)$$

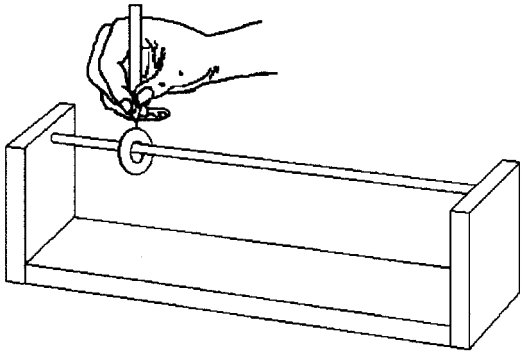
Relation entre indice de difficulté et temps de mouvement



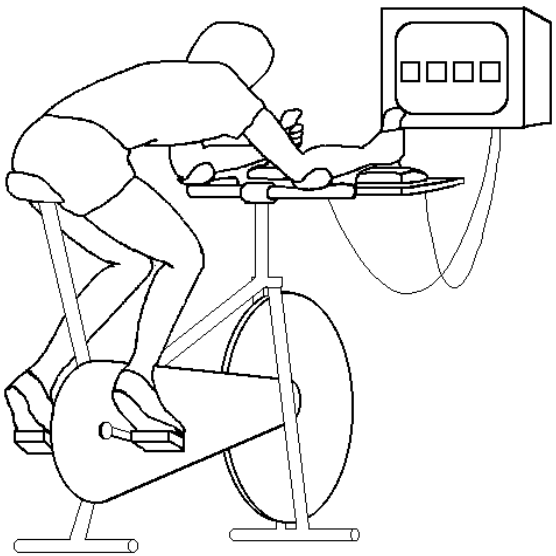
Situations de laboratoire en chronométrie mentale



Tâches de
recherche visuelle



Tâches d' ajustement
postural



Tâches de temps de
réaction
(double tâche)

1. Habileté et traitement de l'information

1.1. La théorie de l'information

1.2. Chronométrie mentale et traitement de l'information

1.3. Les stades de traitement de l'information

1.4. Mémoire à court terme et mémoire à long terme

1.5. Les programmes moteurs et la théorie du schéma

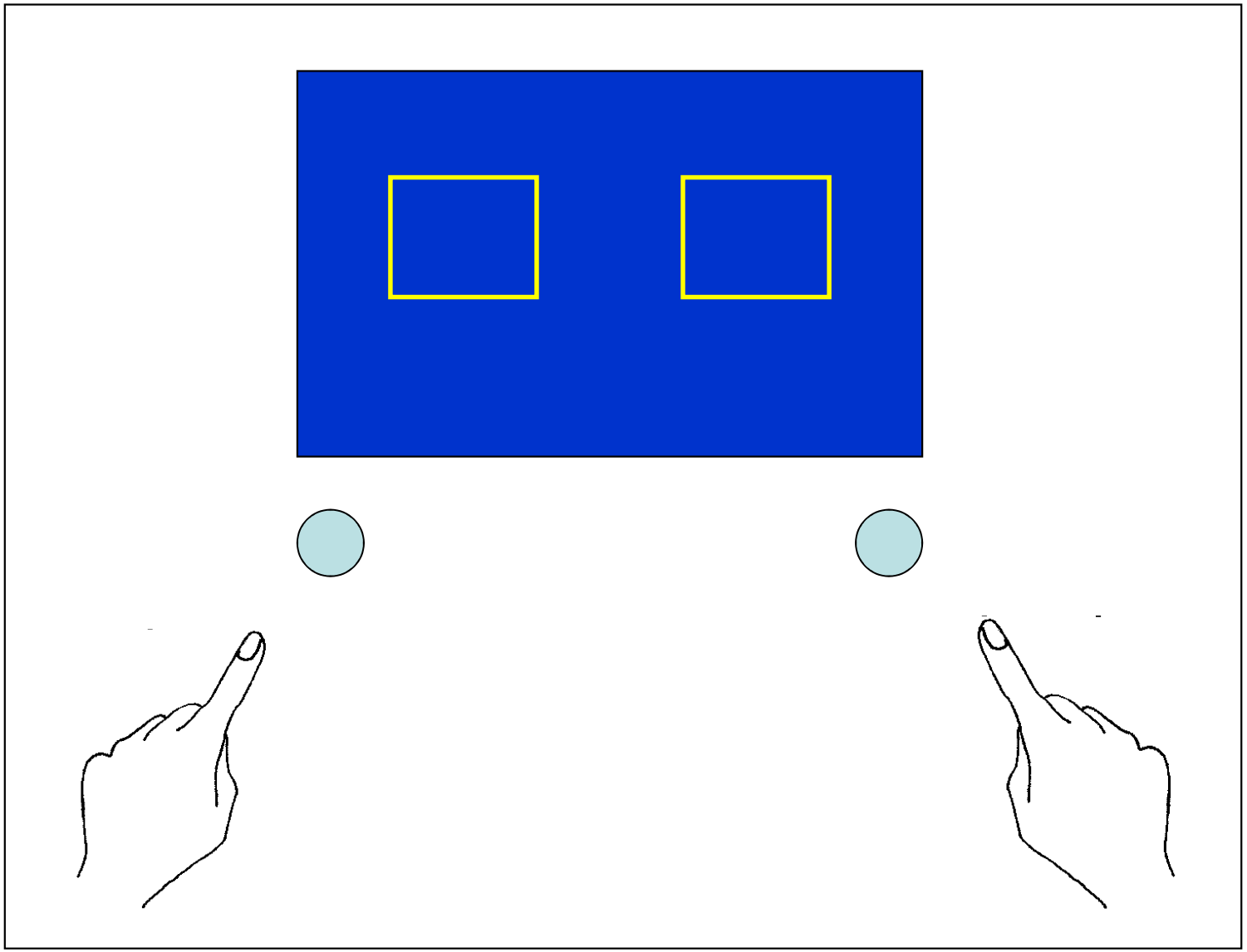
Le traitement de l'information est-il réalisé de manière globale et indifférenciée ou comprend-il des opérations ou stades différenciés et spécialisés?

Sternberg (1969) propose une méthode destinée à identifier l'éventuelle présence de stades différenciés:

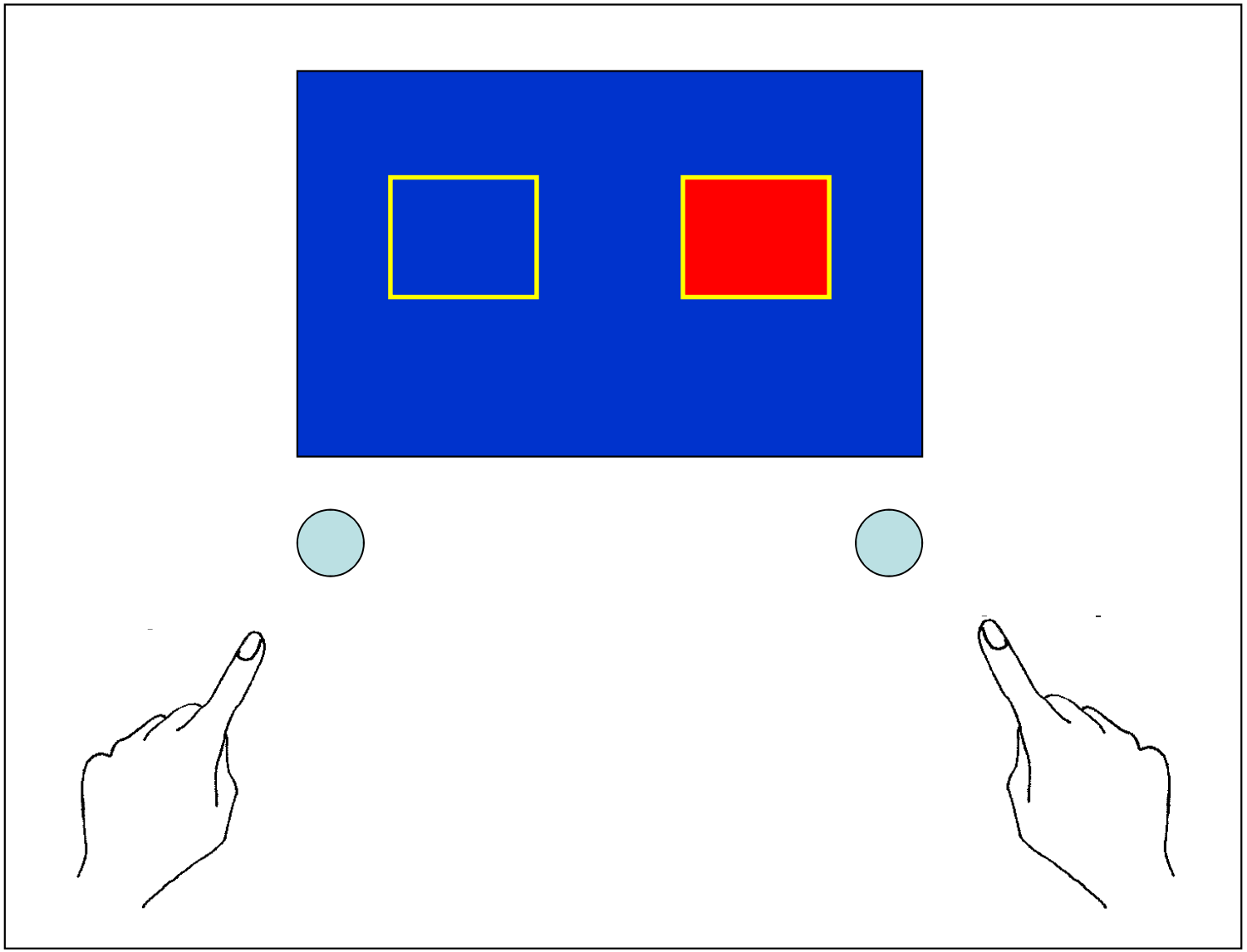
la méthode des facteurs additifs

La méthode des facteurs additifs utilise des tâches de temps de réaction

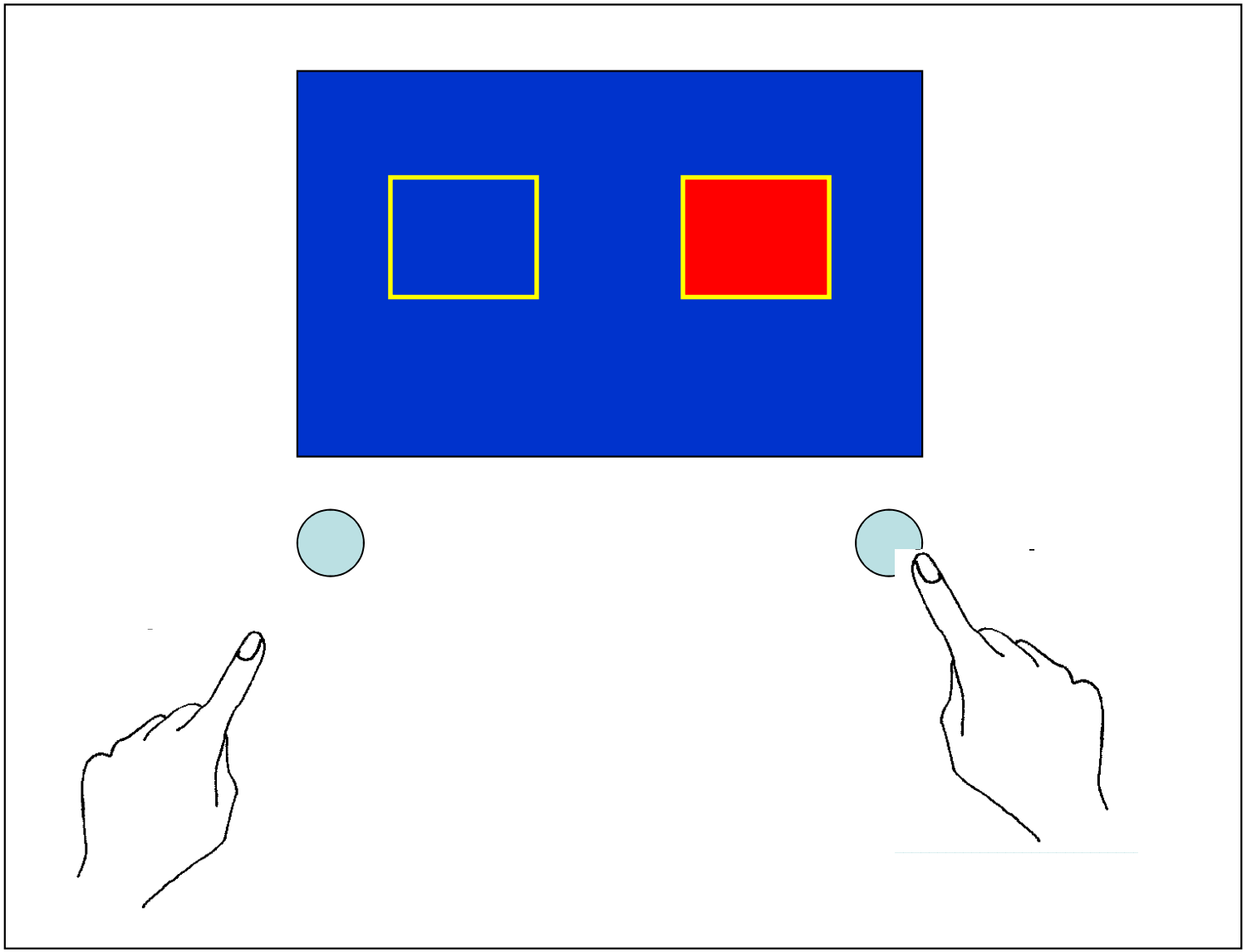
Signal de haute qualité (HQ)



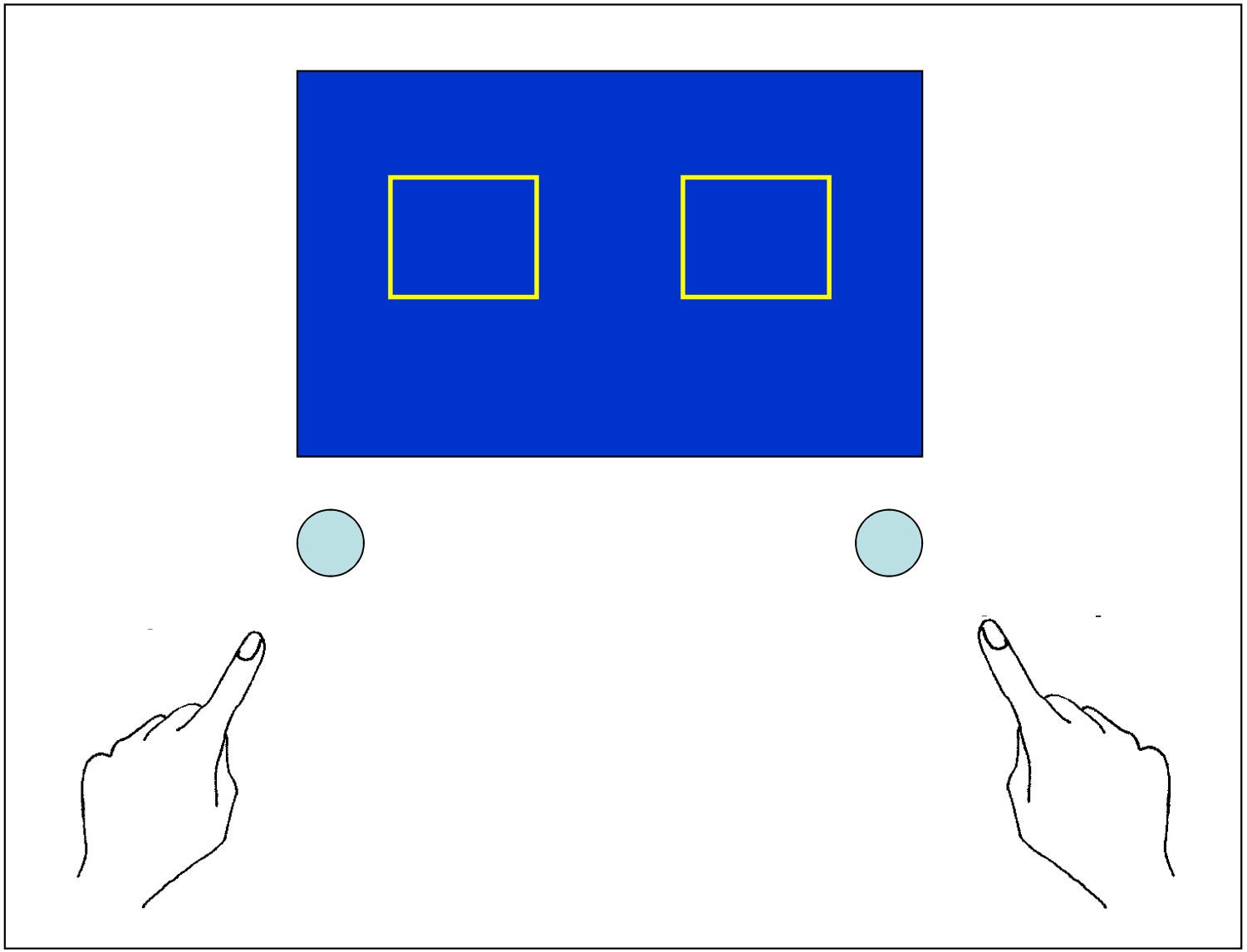
Signal de haute qualité (HQ)



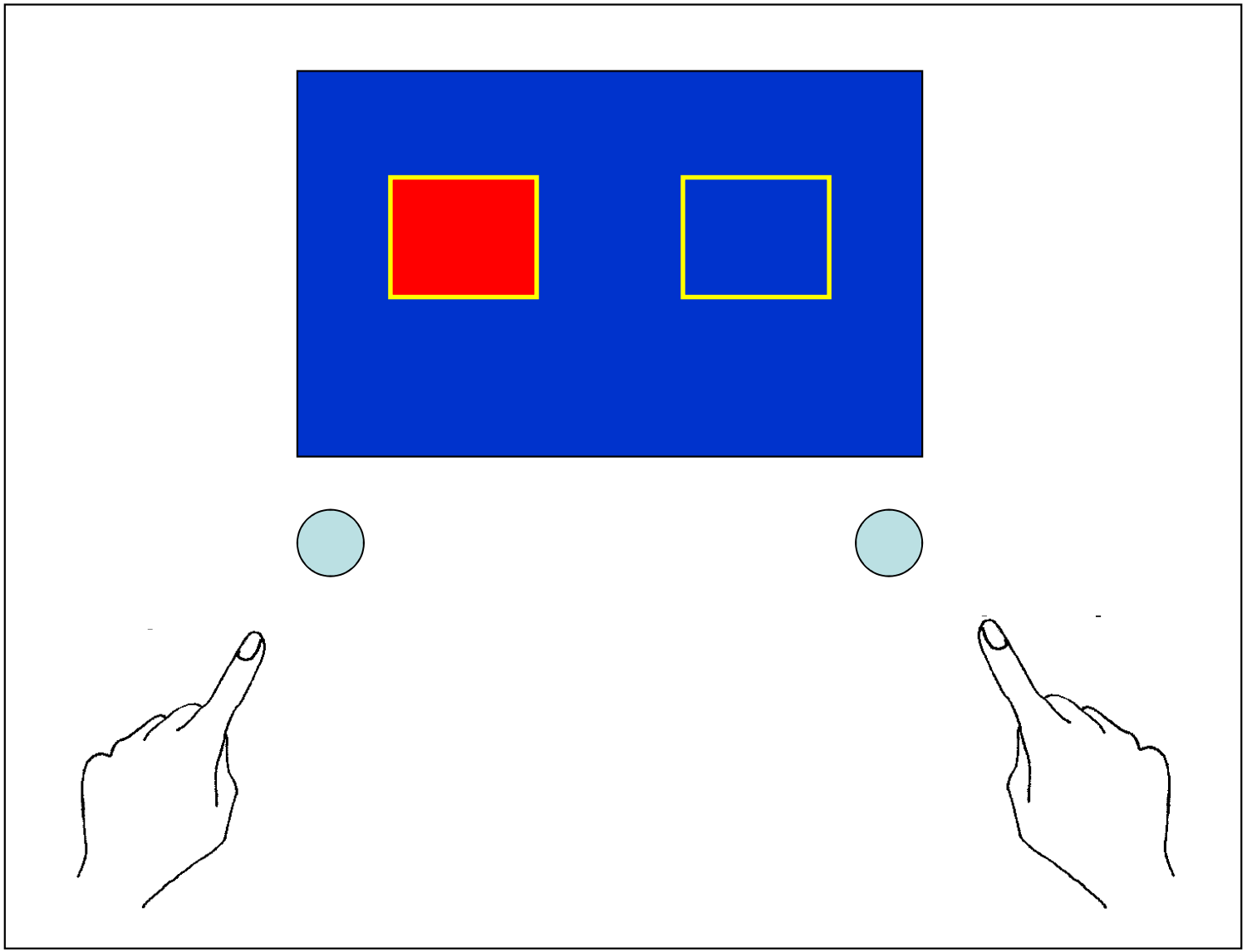
Signal de haute qualité (HQ)



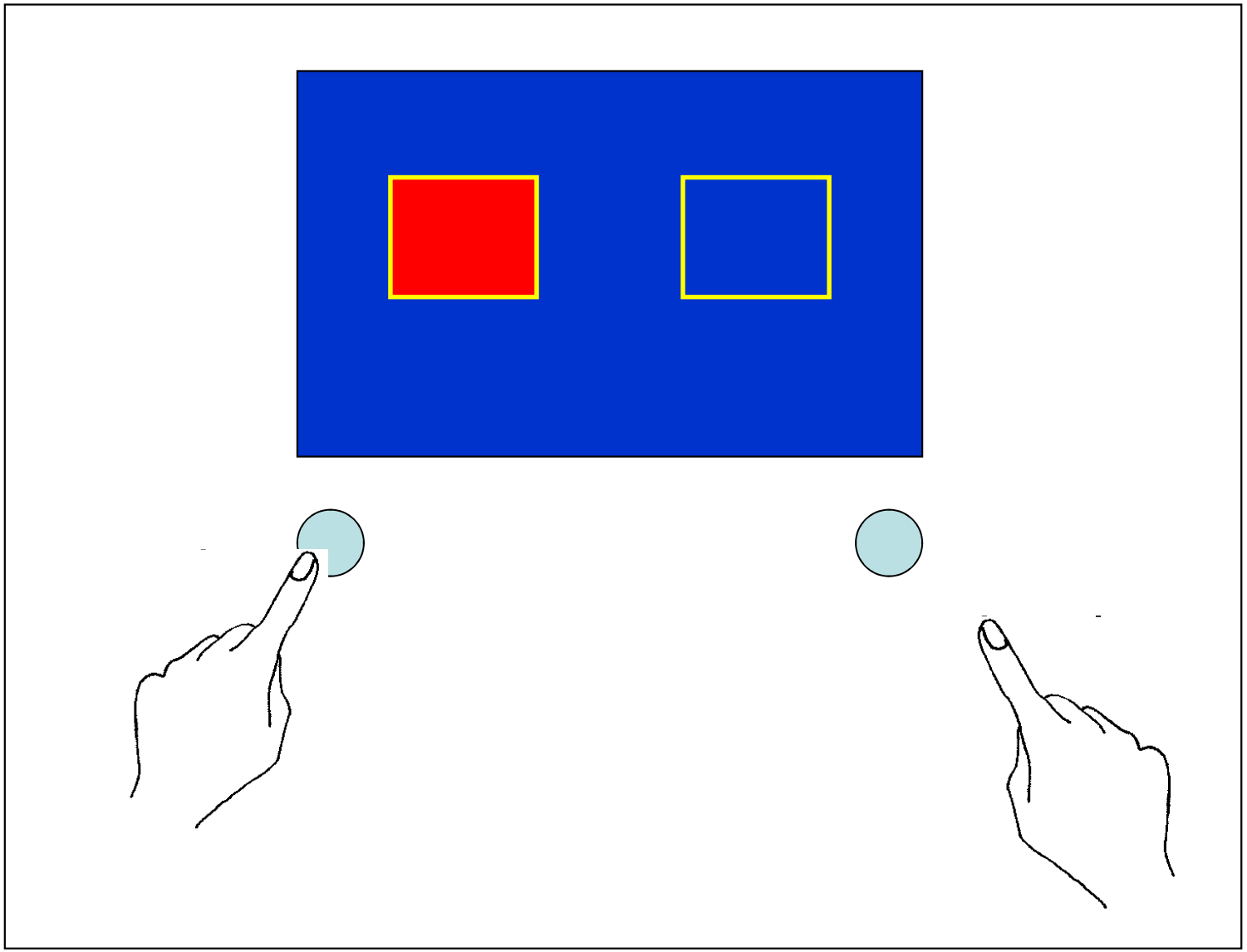
Signal de haute qualité (HQ)



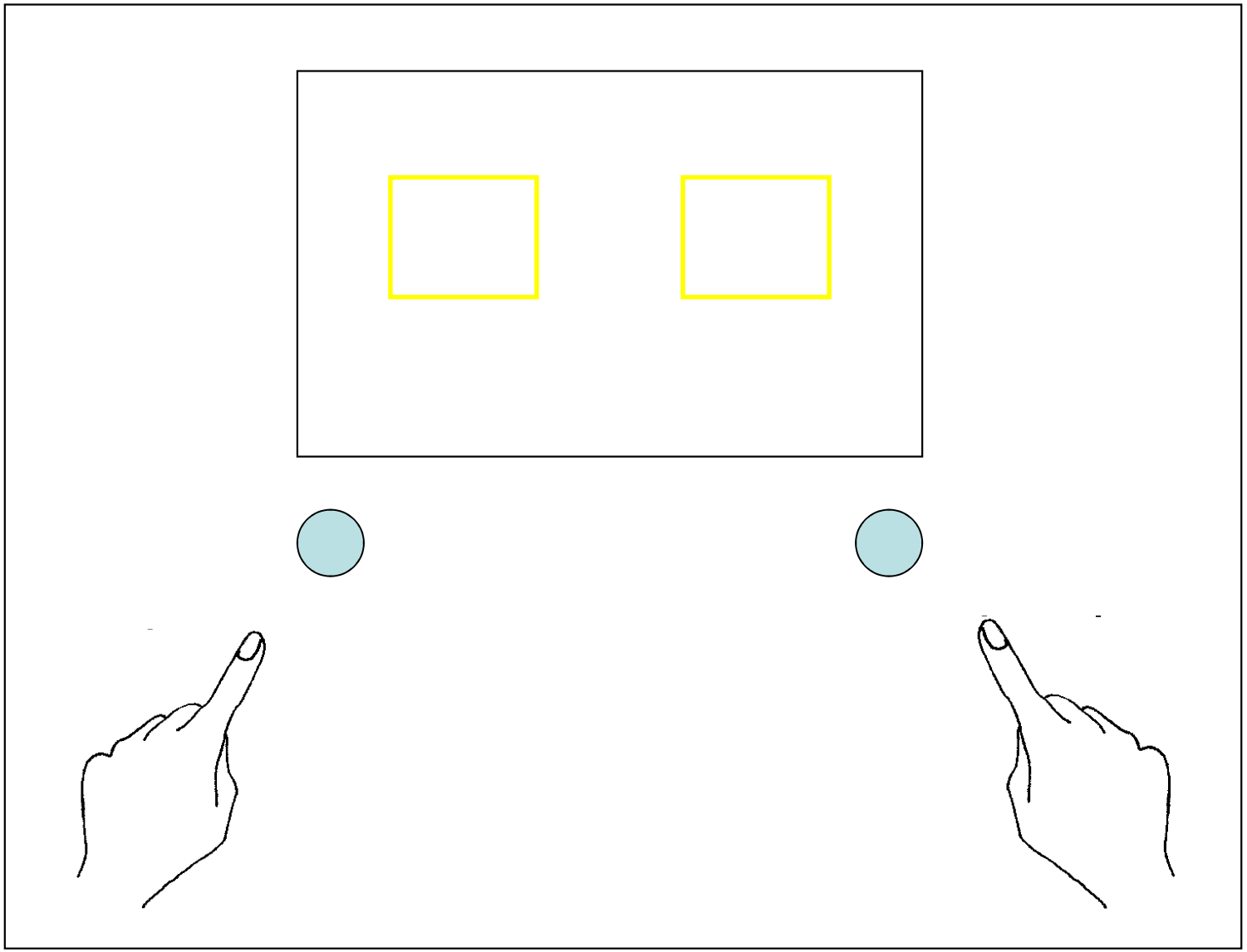
Signal de haute qualité (HQ)



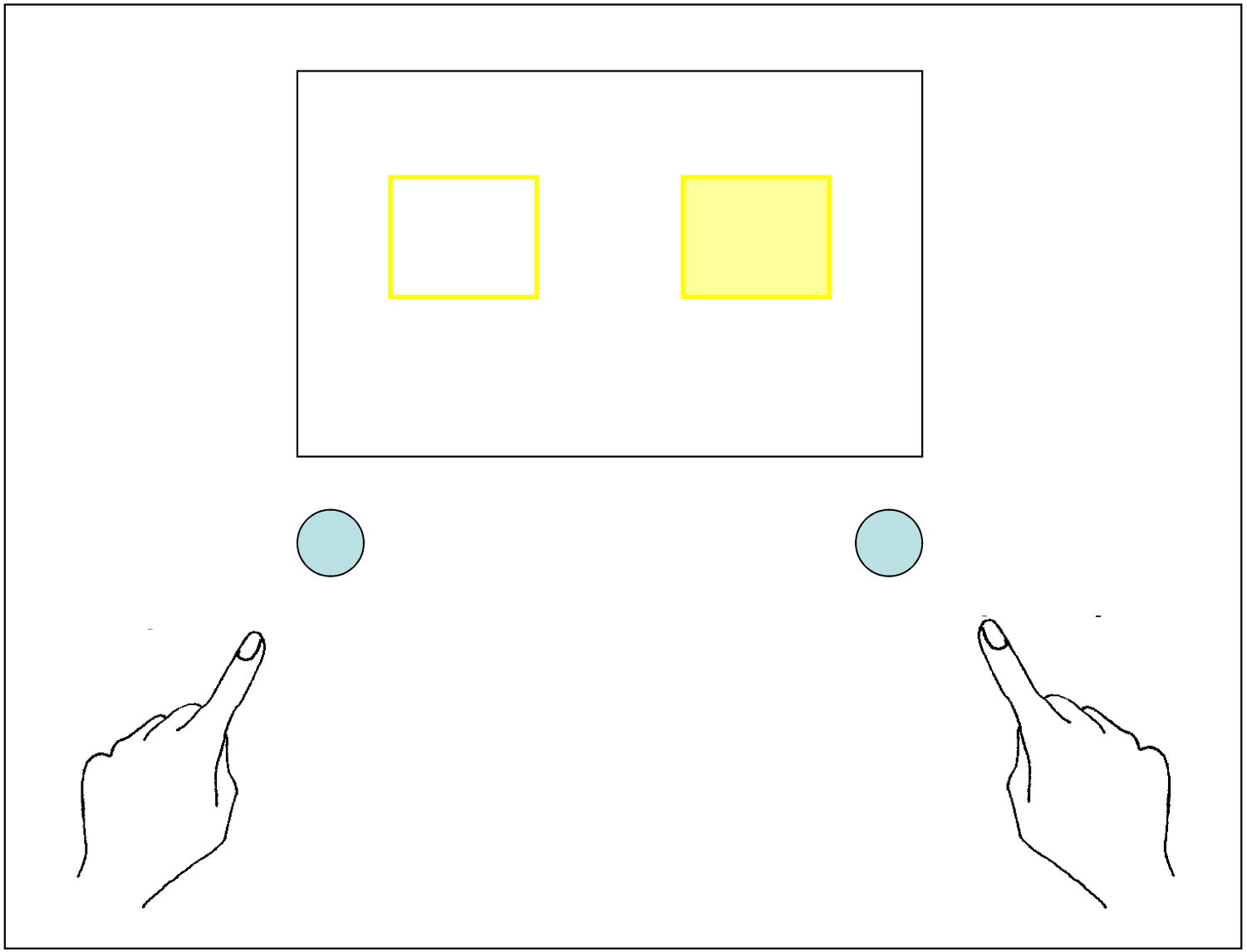
Signal de haute qualité (HQ)



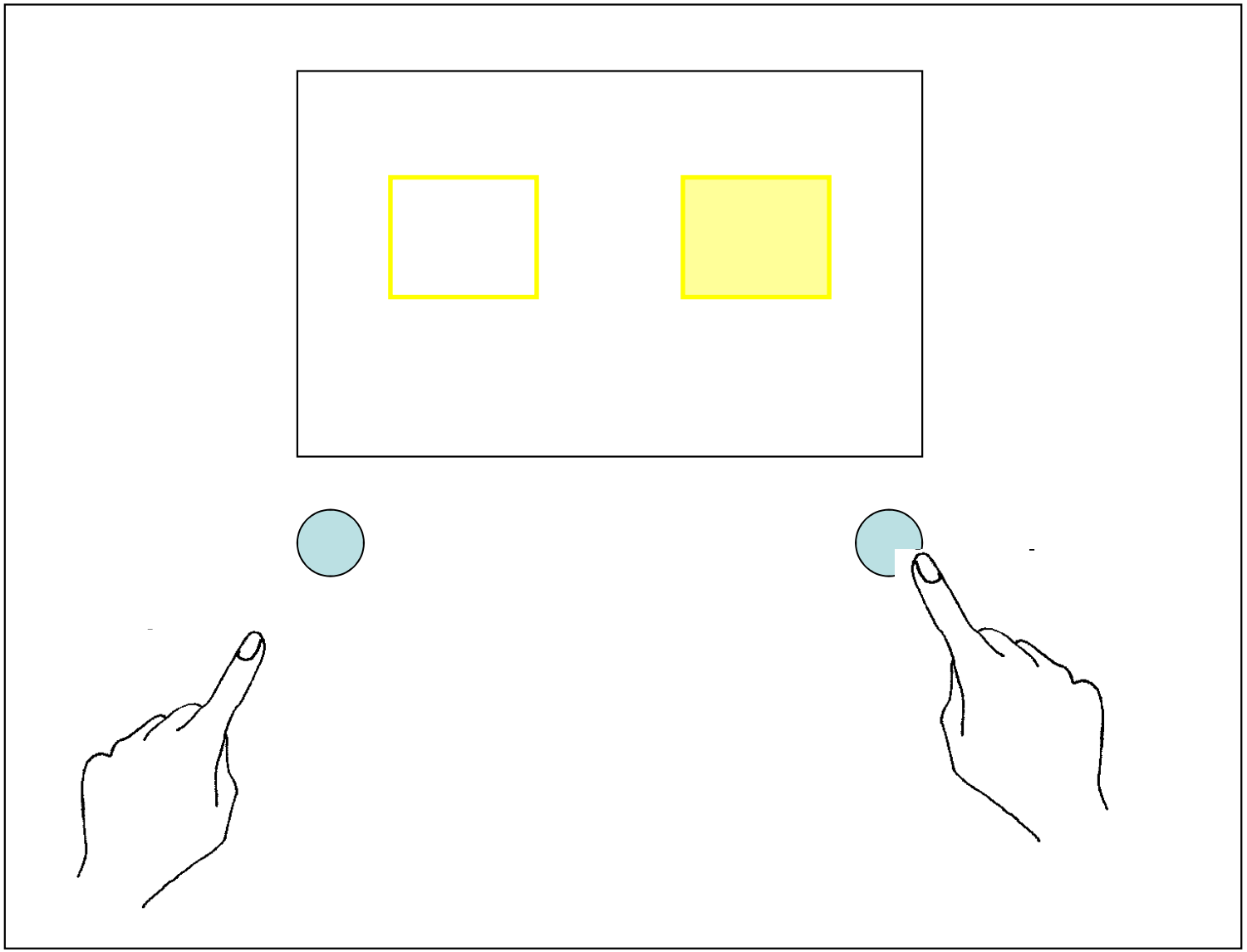
Signal de faible qualité (FQ)



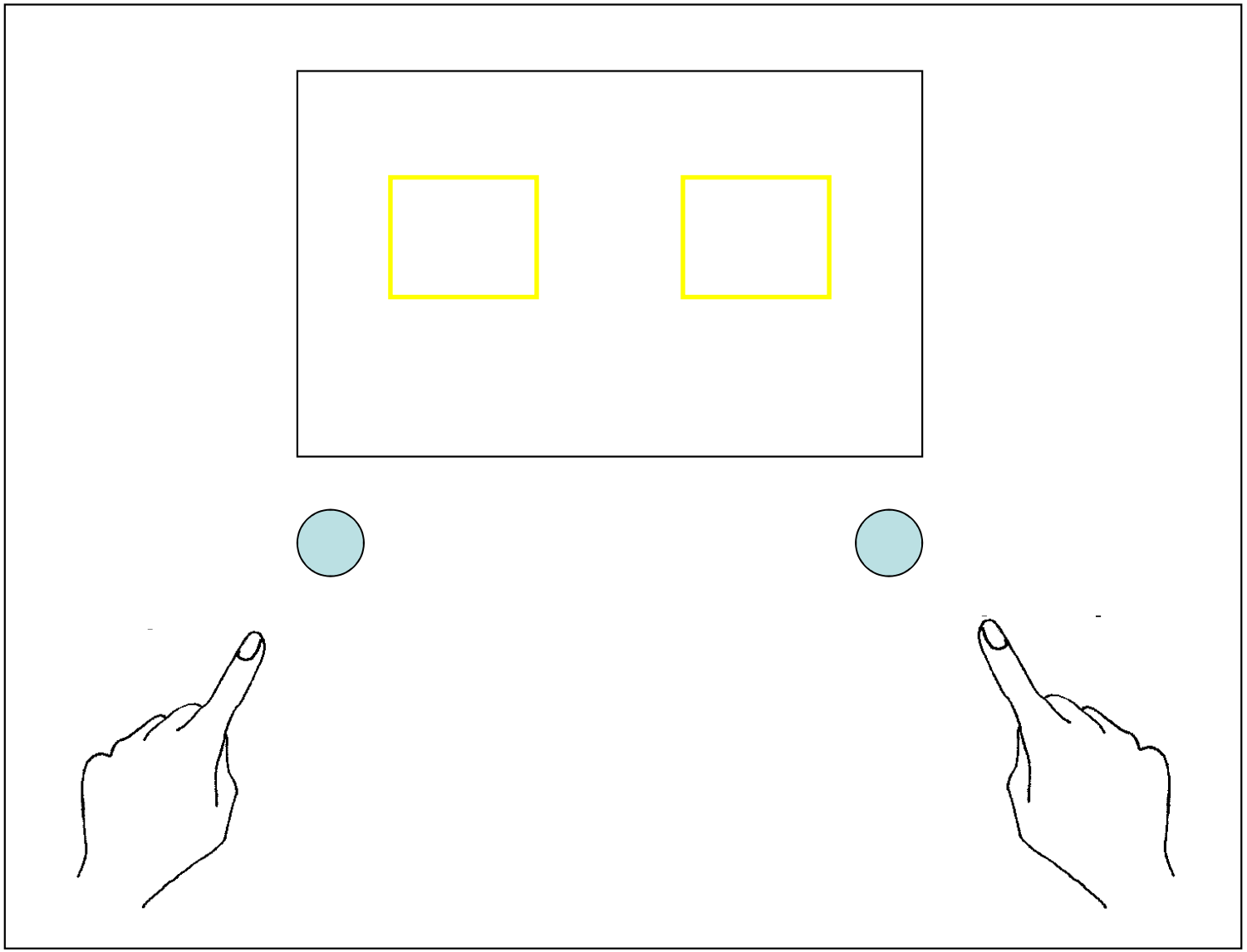
Signal de faible qualité (FQ)



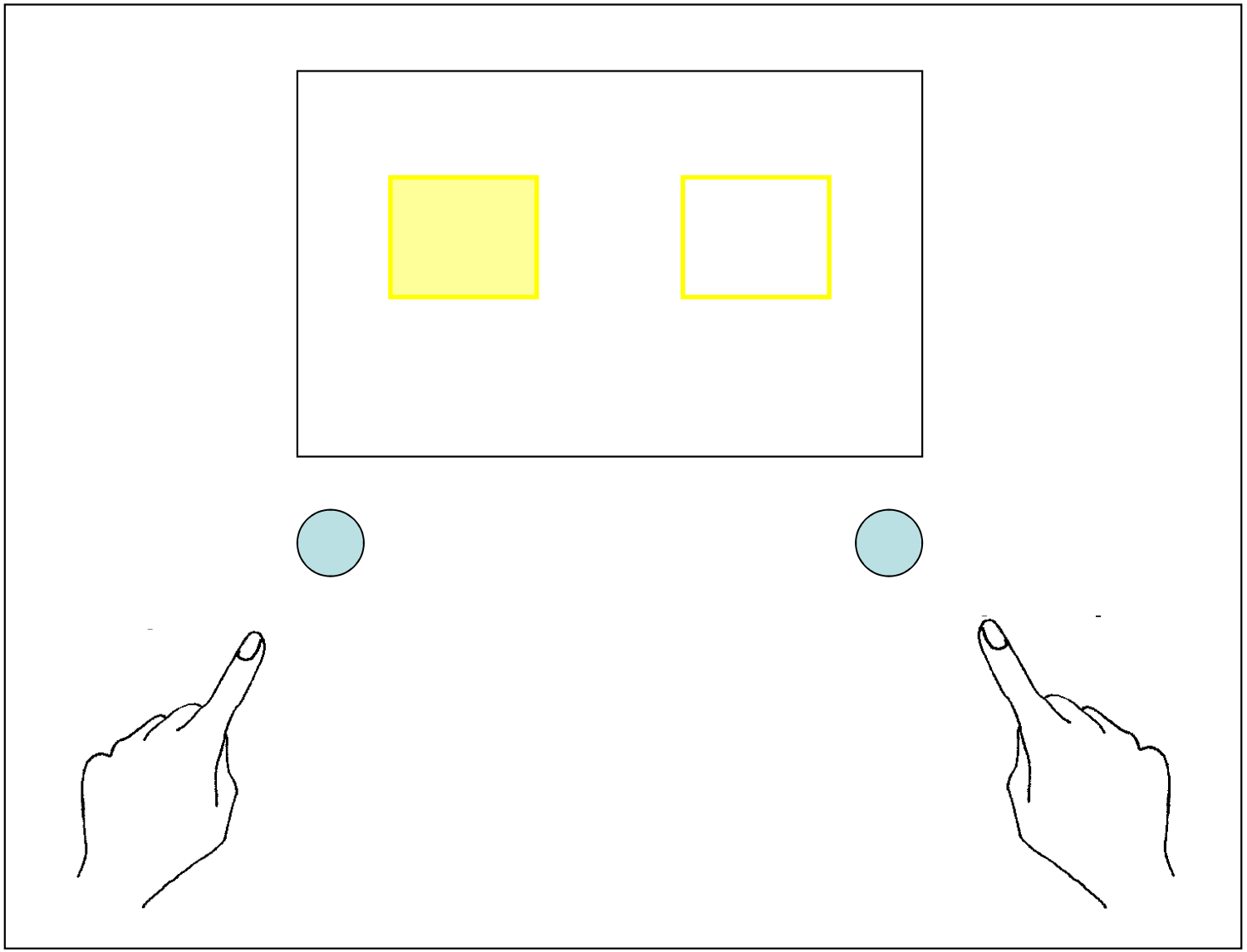
Signal de faible qualité (FQ)



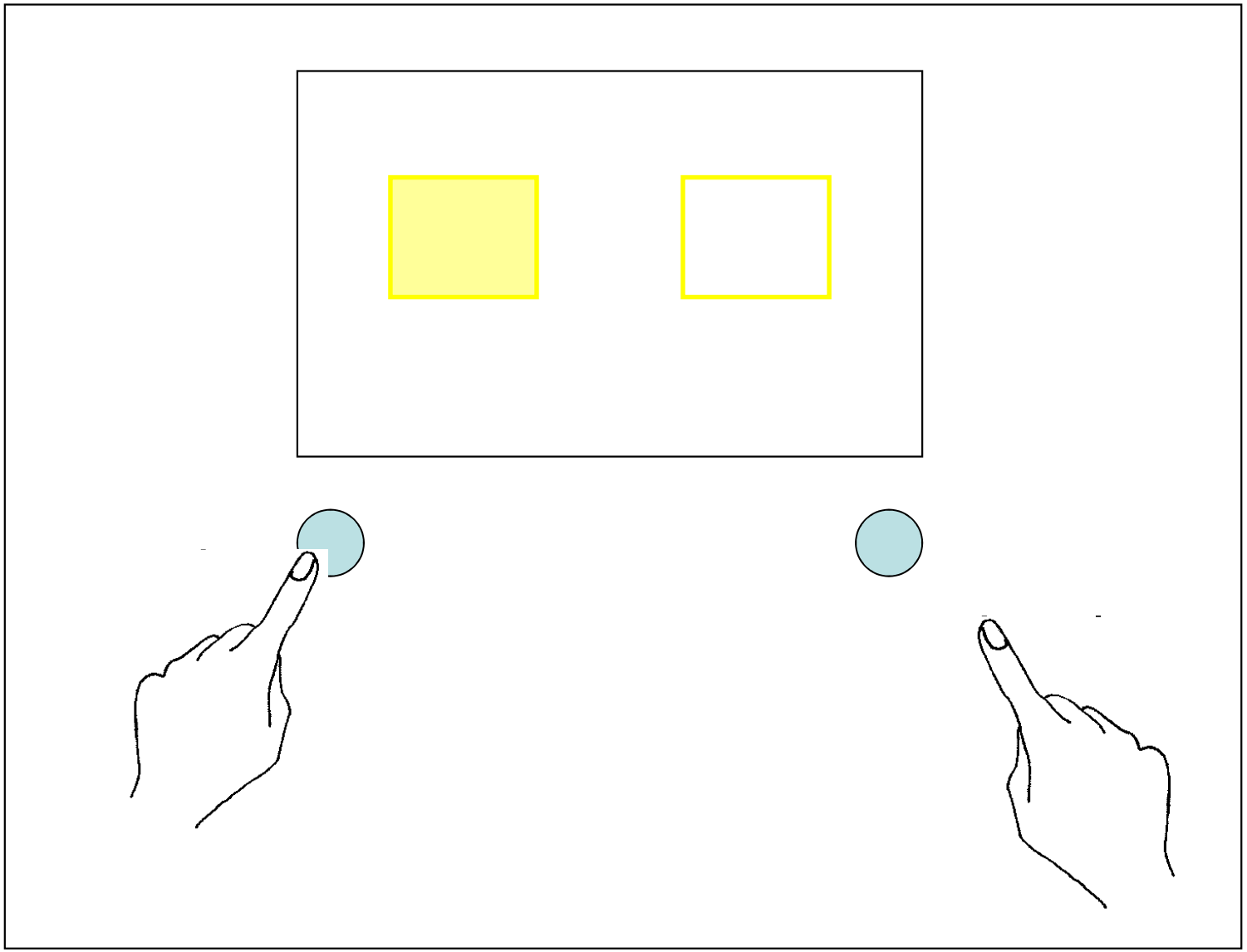
Signal de faible qualité (FQ)

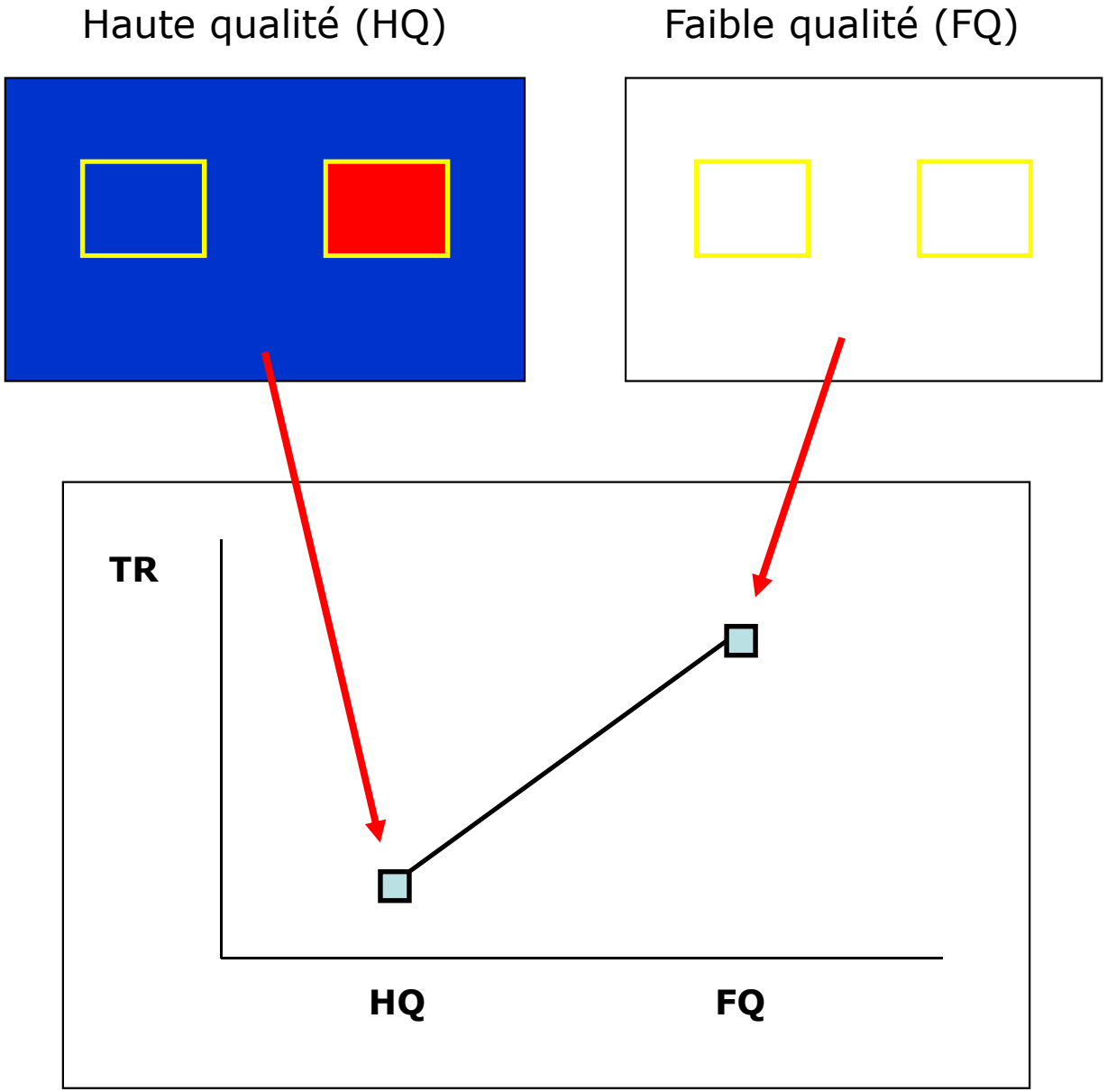


Signal de faible qualité (FQ)

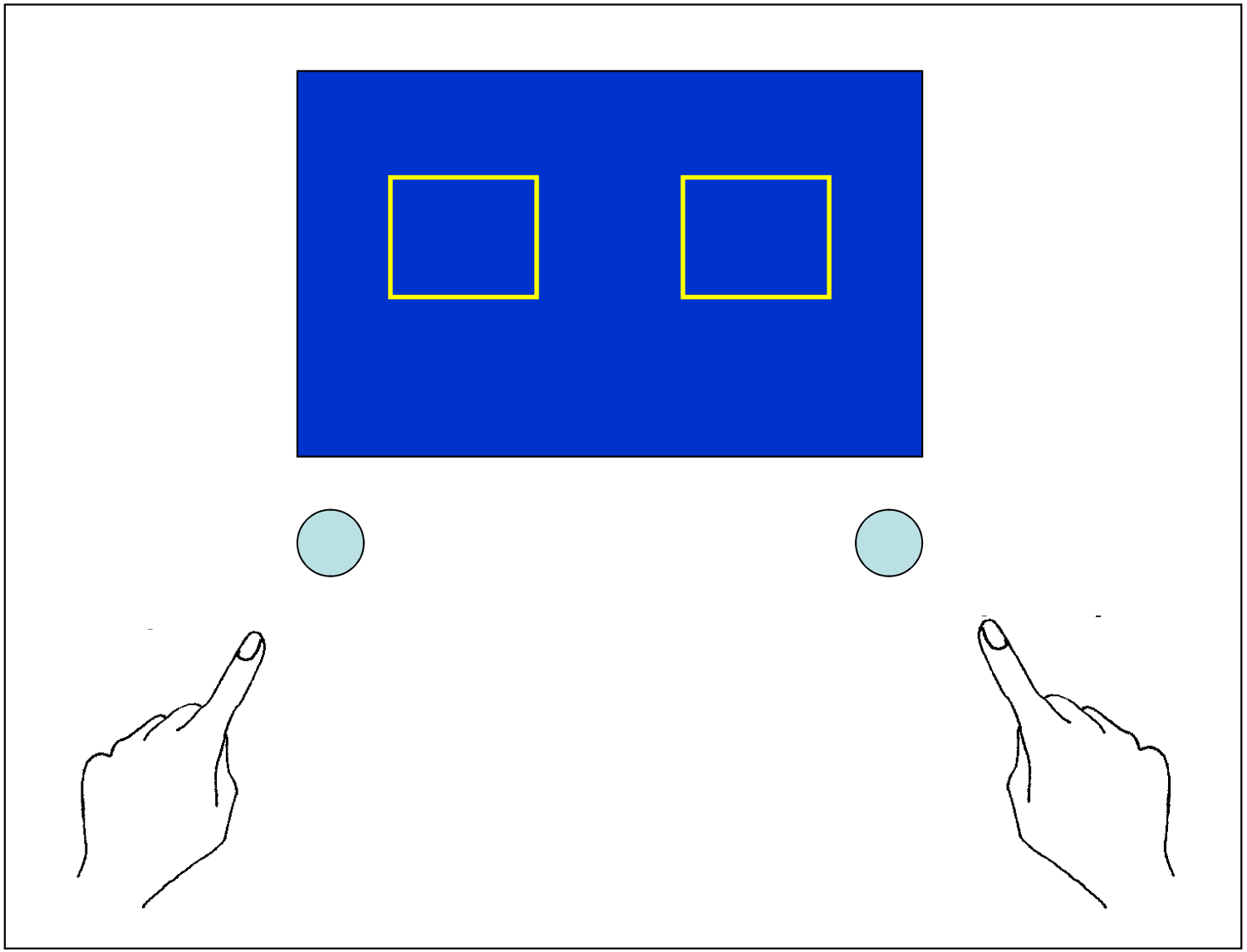


Signal de faible qualité (FQ)

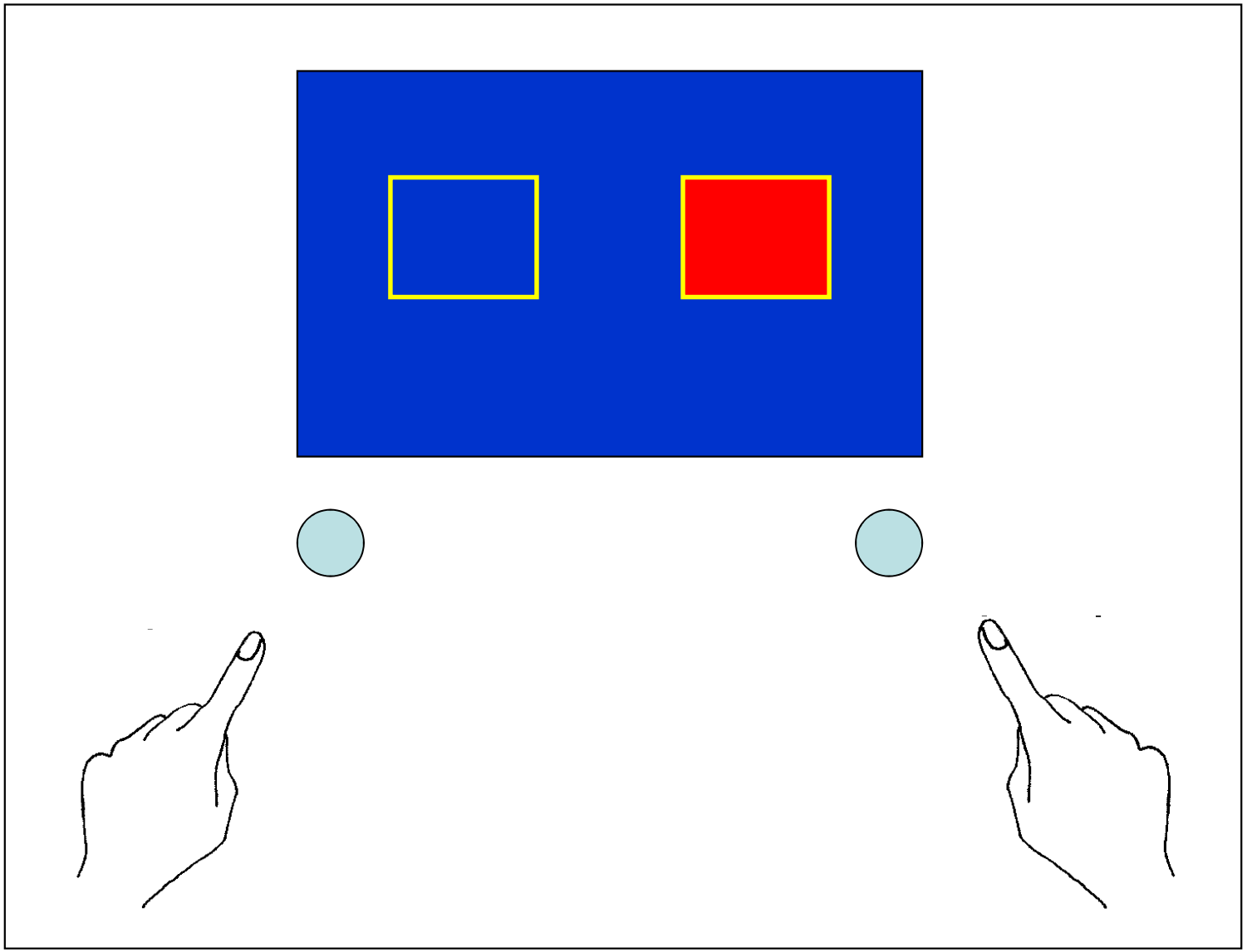



Haute qualité (HQ)
Faible qualité (FQ)
TR
HQ
FQ

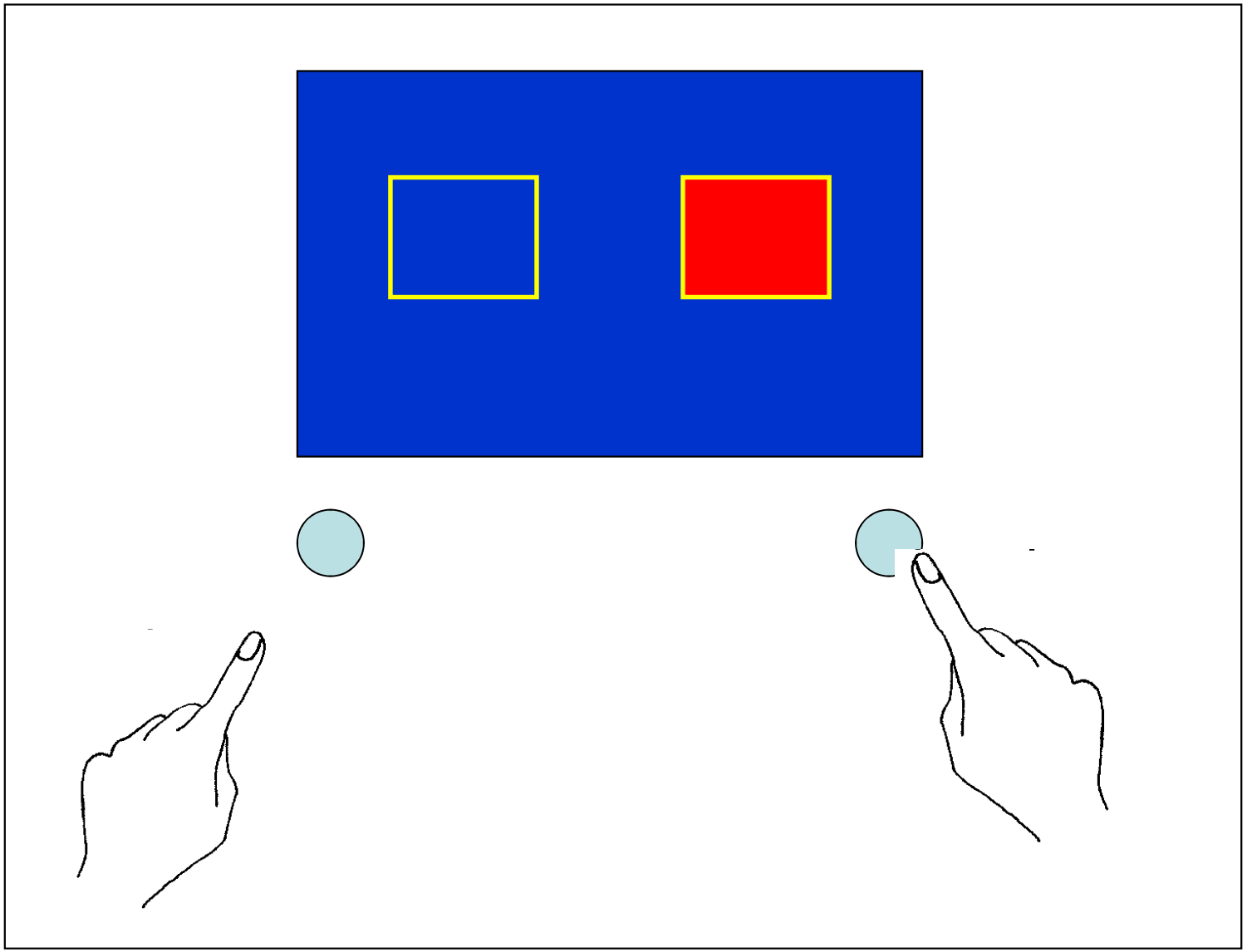
Tâche compatible (C)



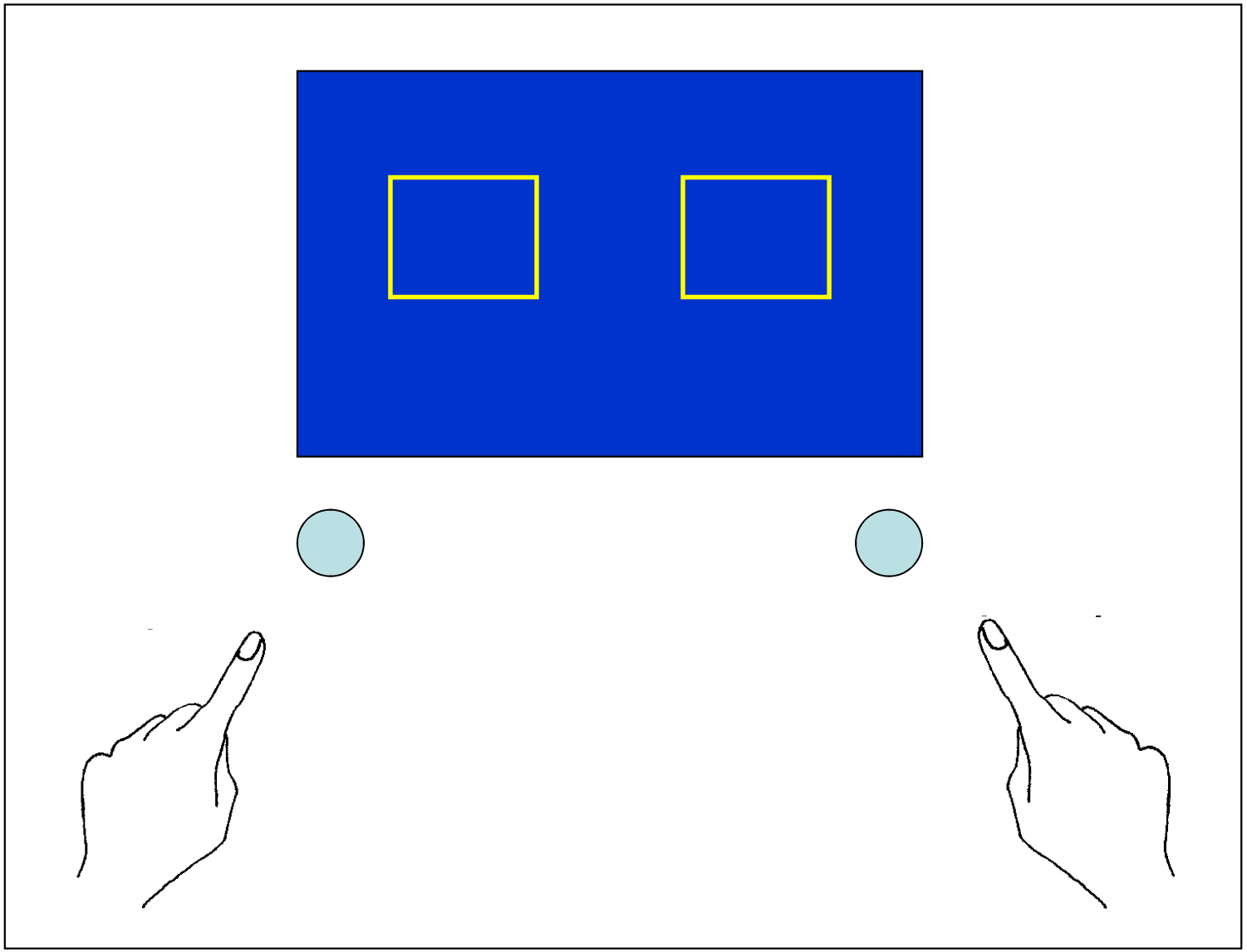
Tâche compatible (C)



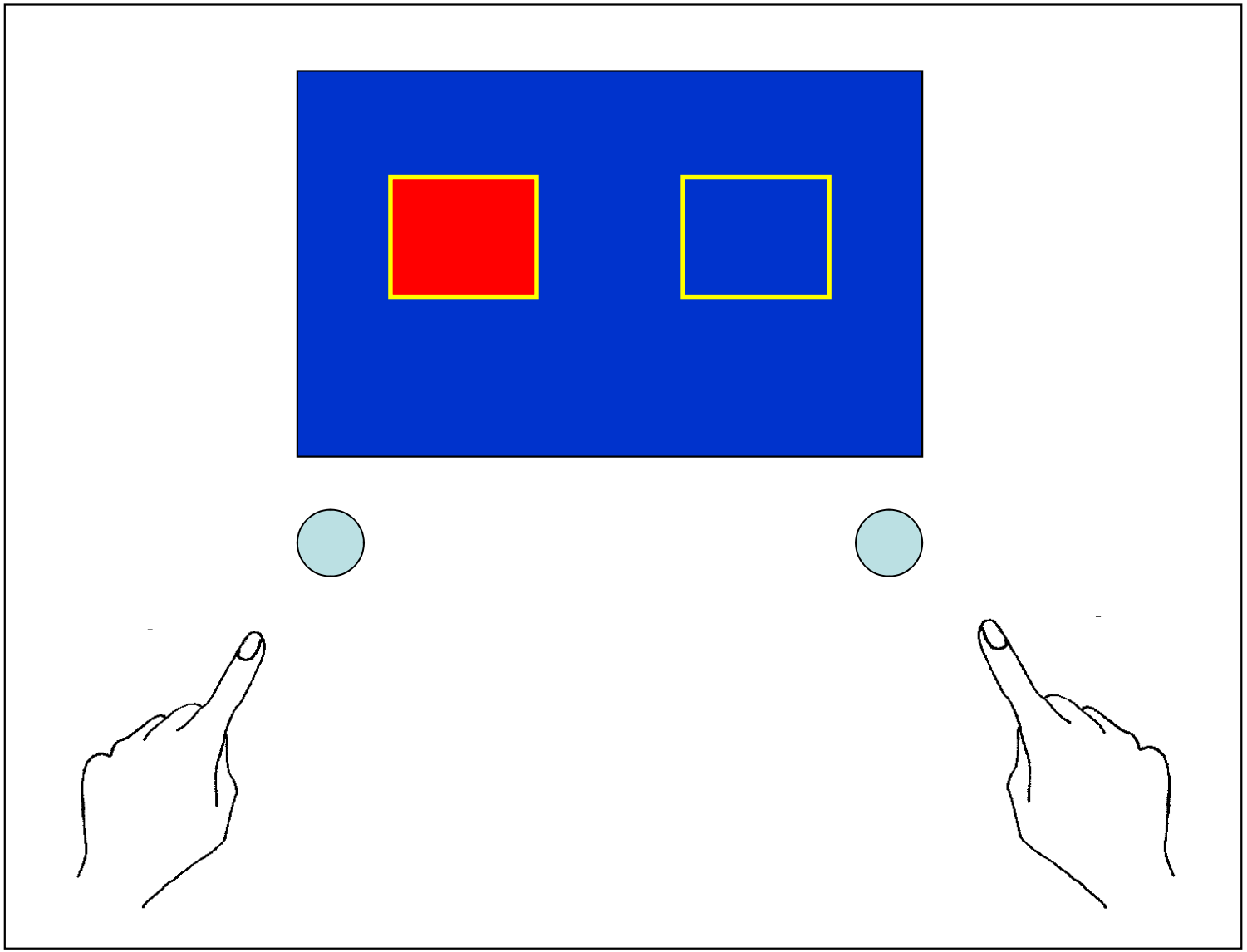
Tâche compatible (C)



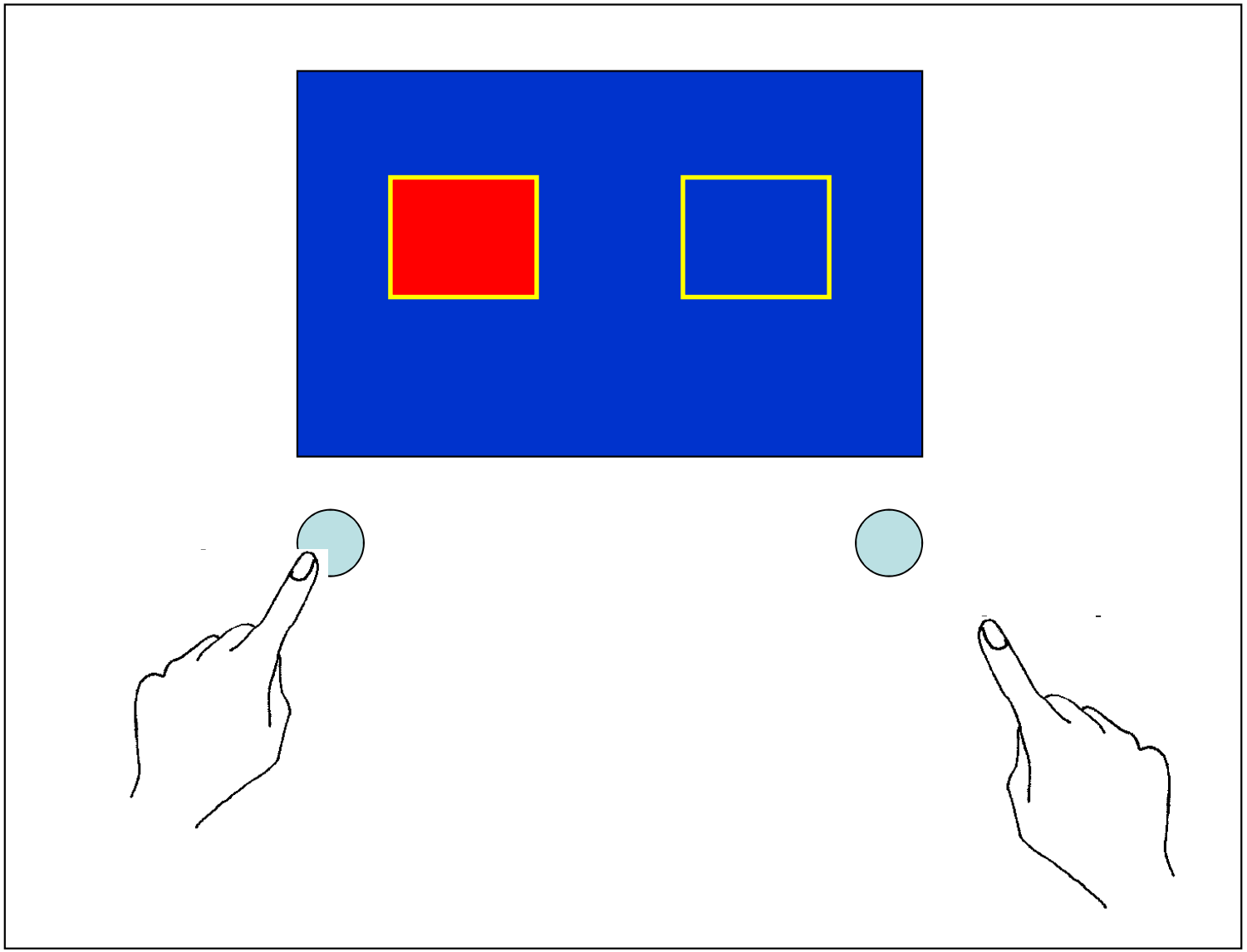
Tâche compatible (C)



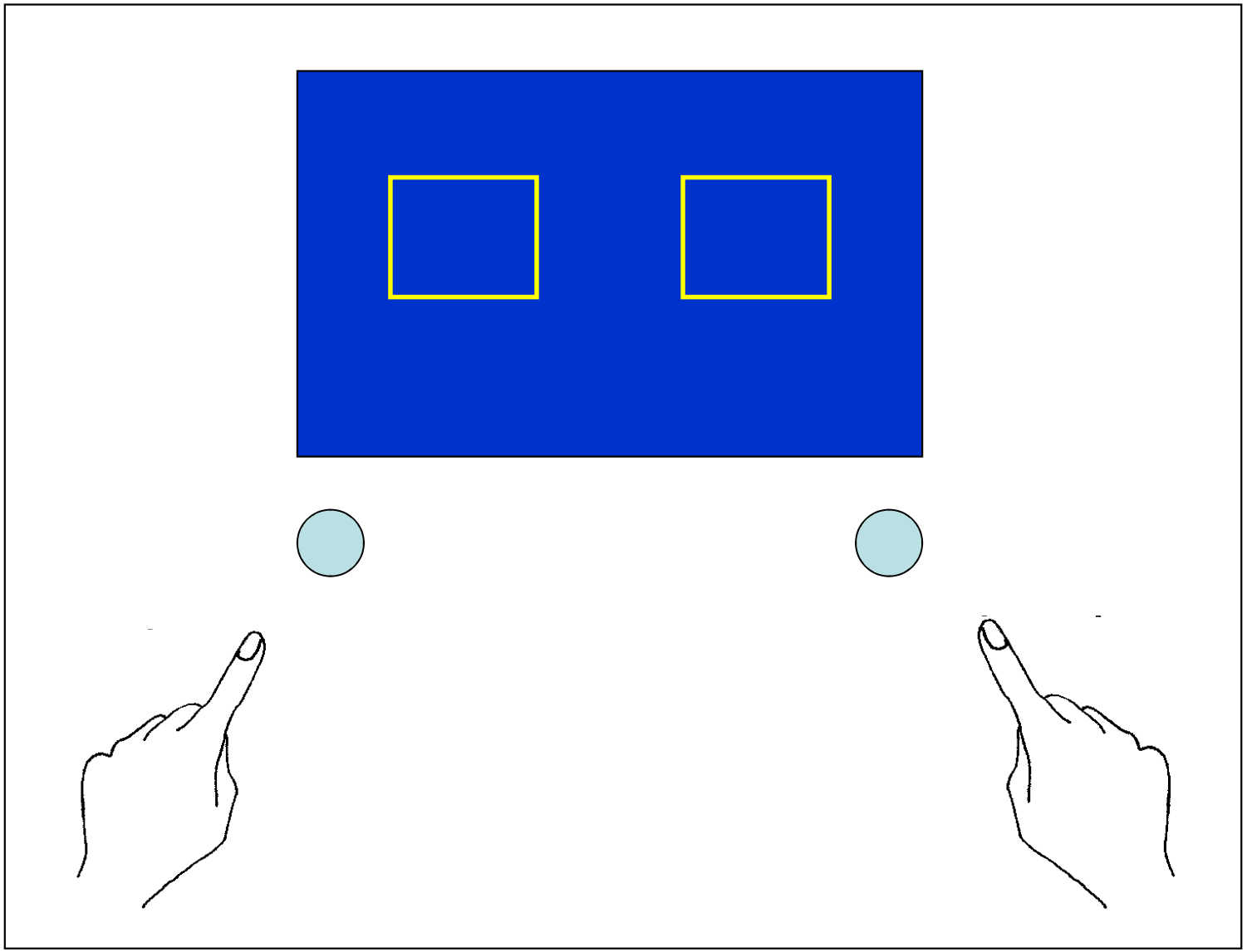
Tâche compatible (C)



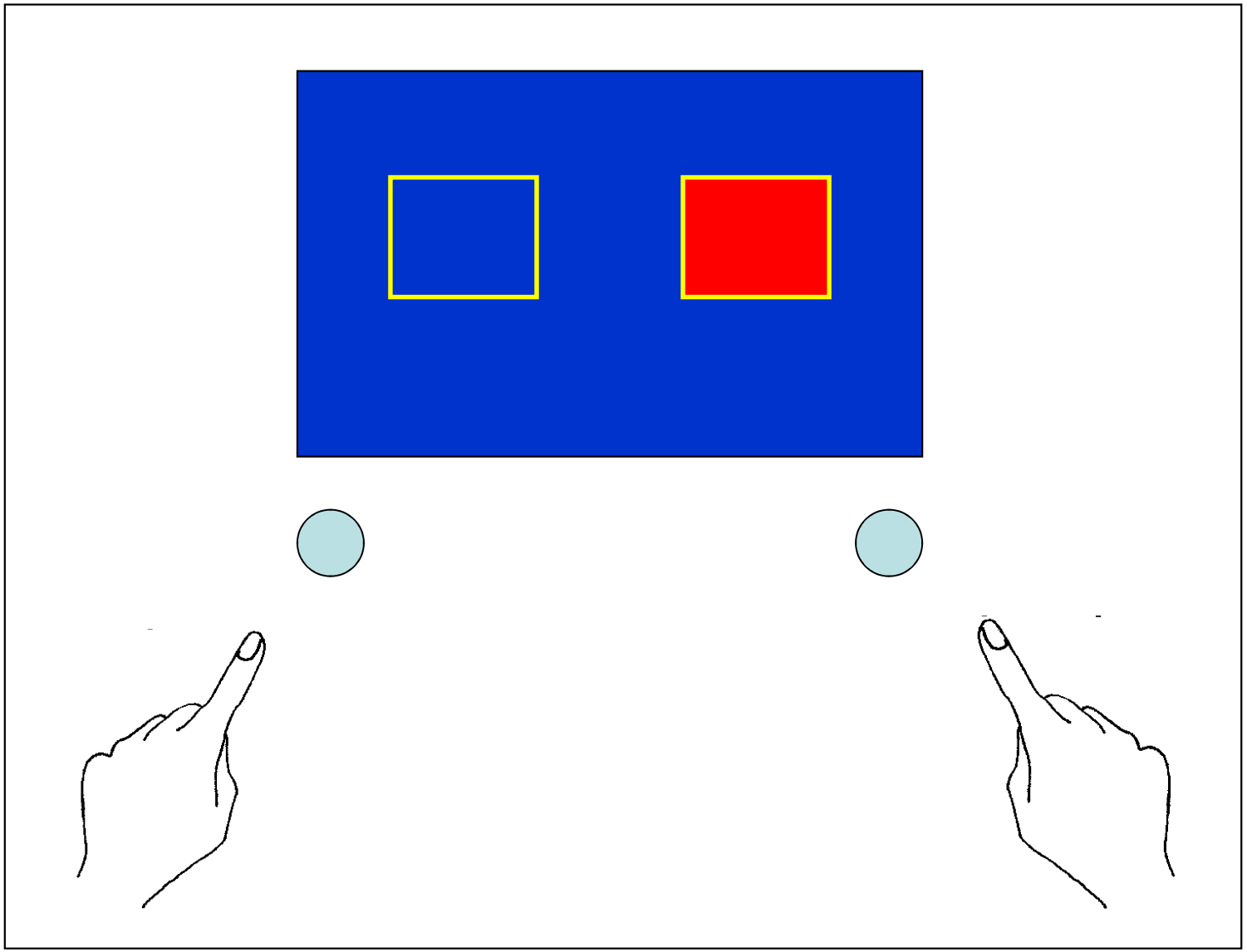
Tâche compatible (C)



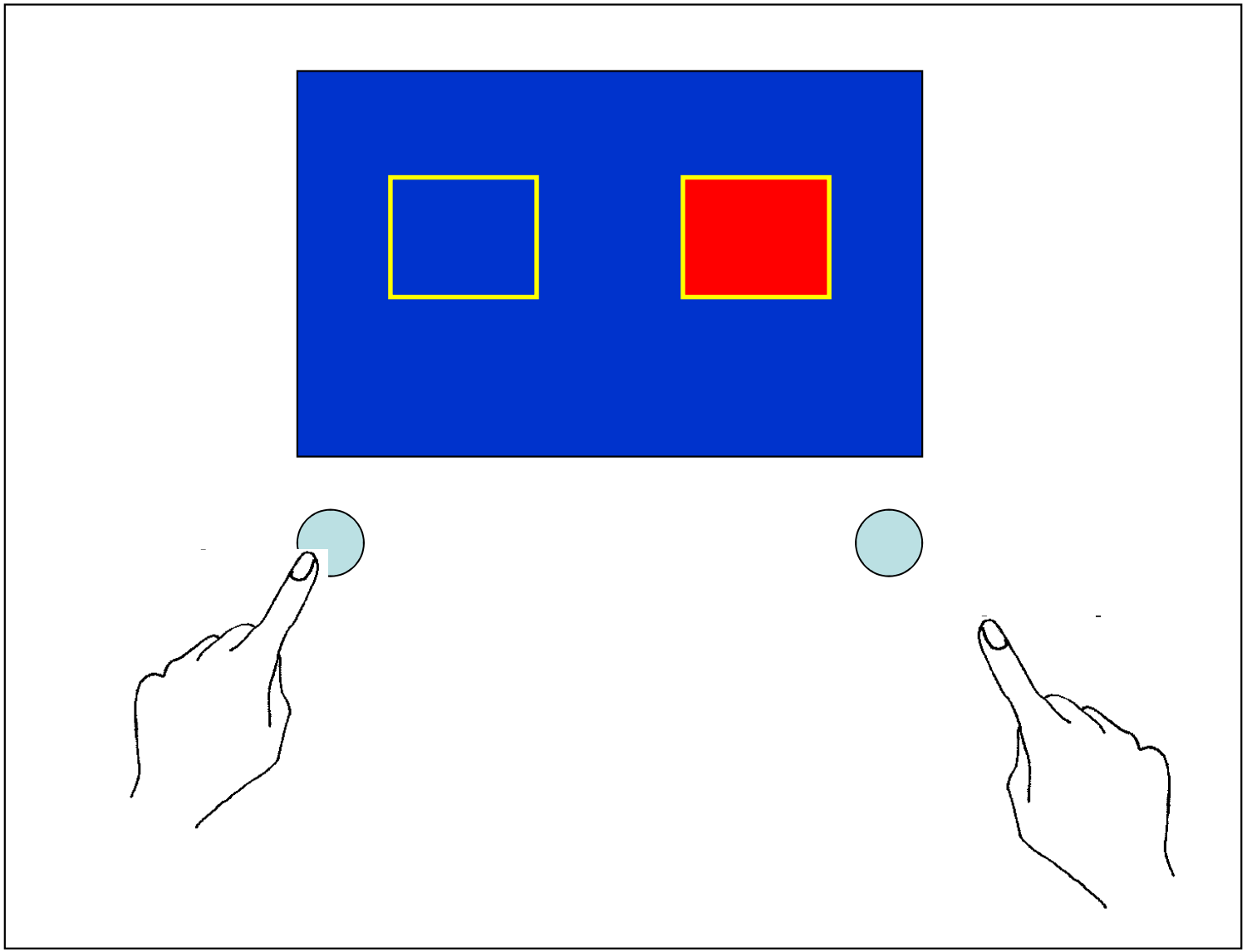
Tâche non compatible (NC)



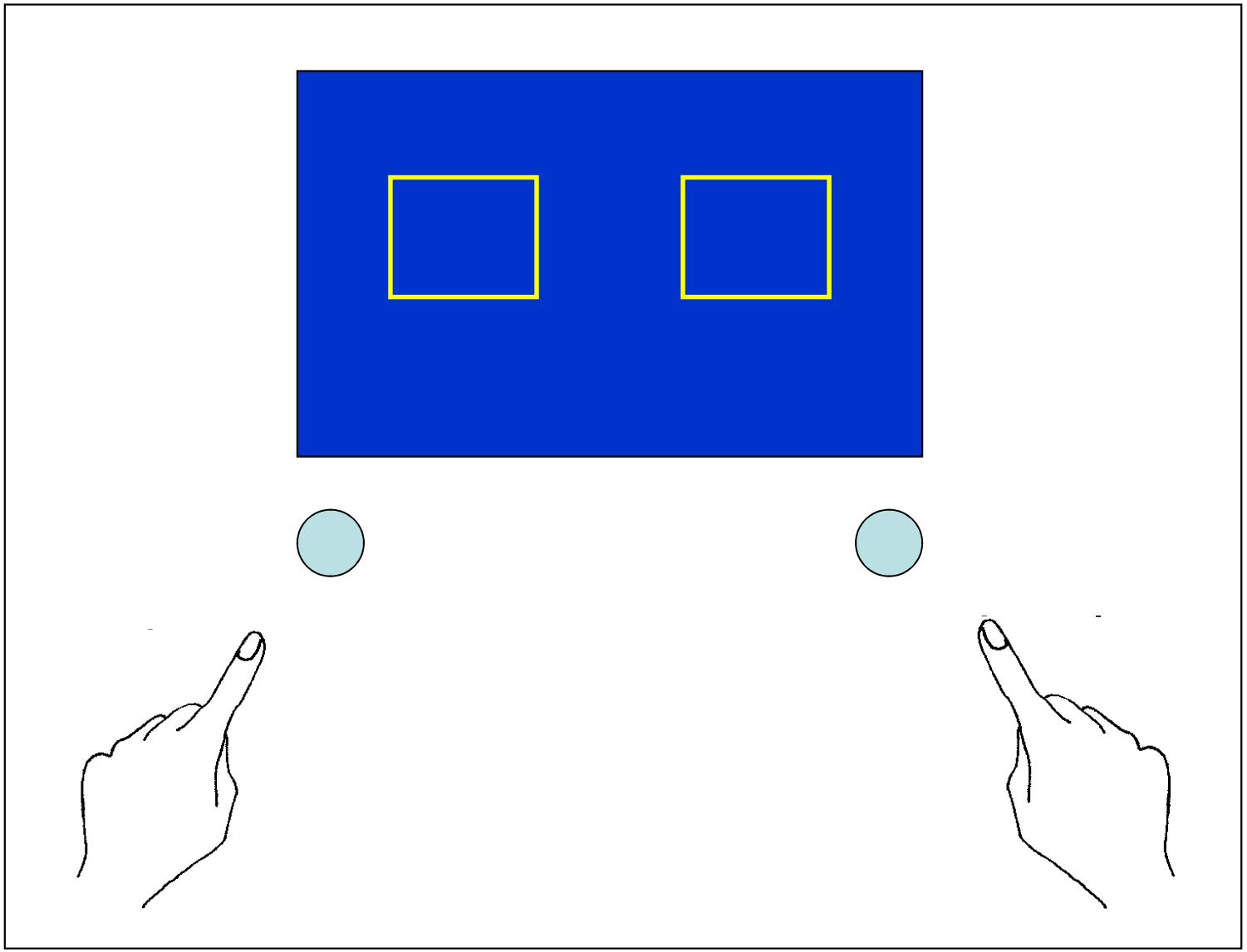
Tâche non compatible (NC)



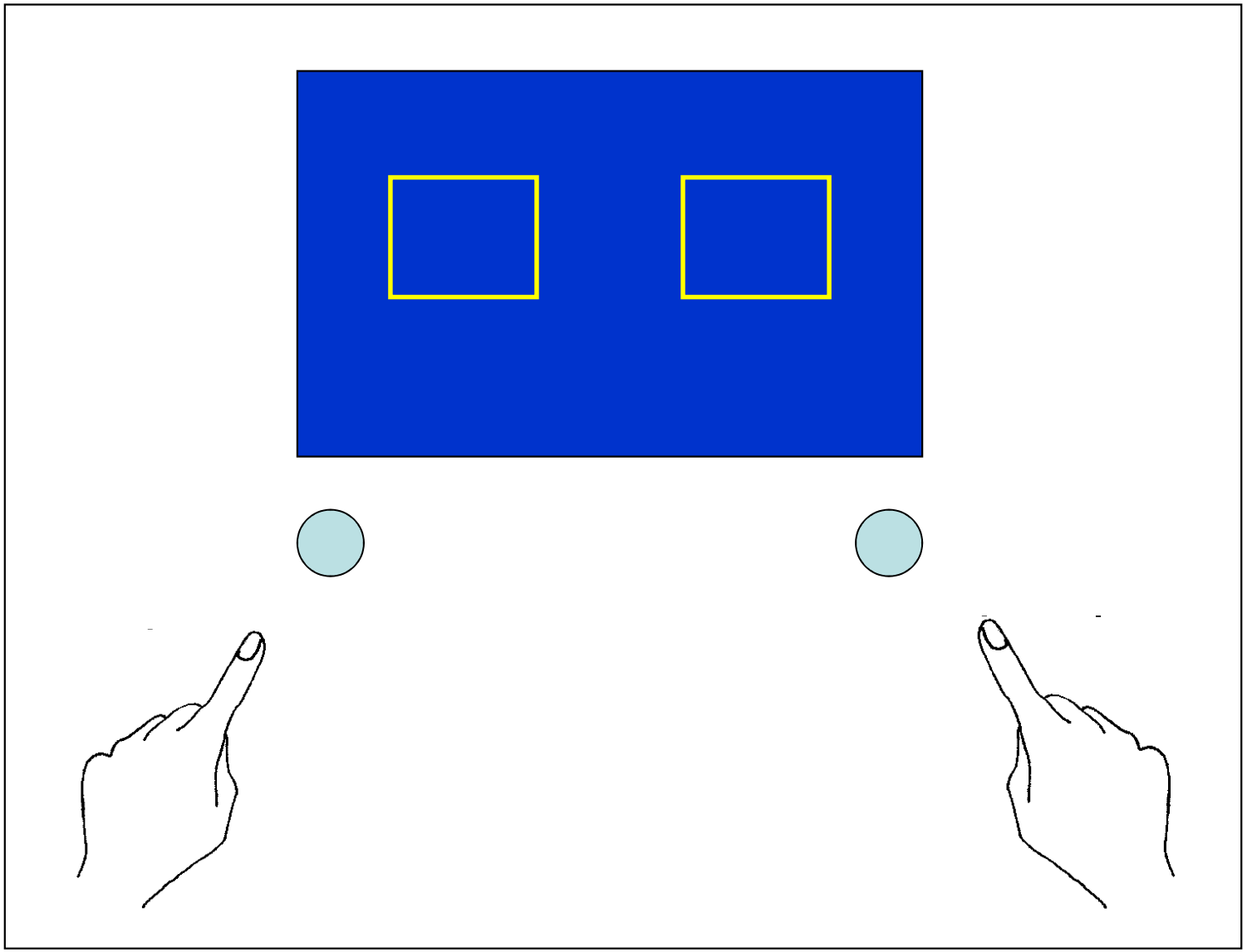
Tâche non compatible (NC)



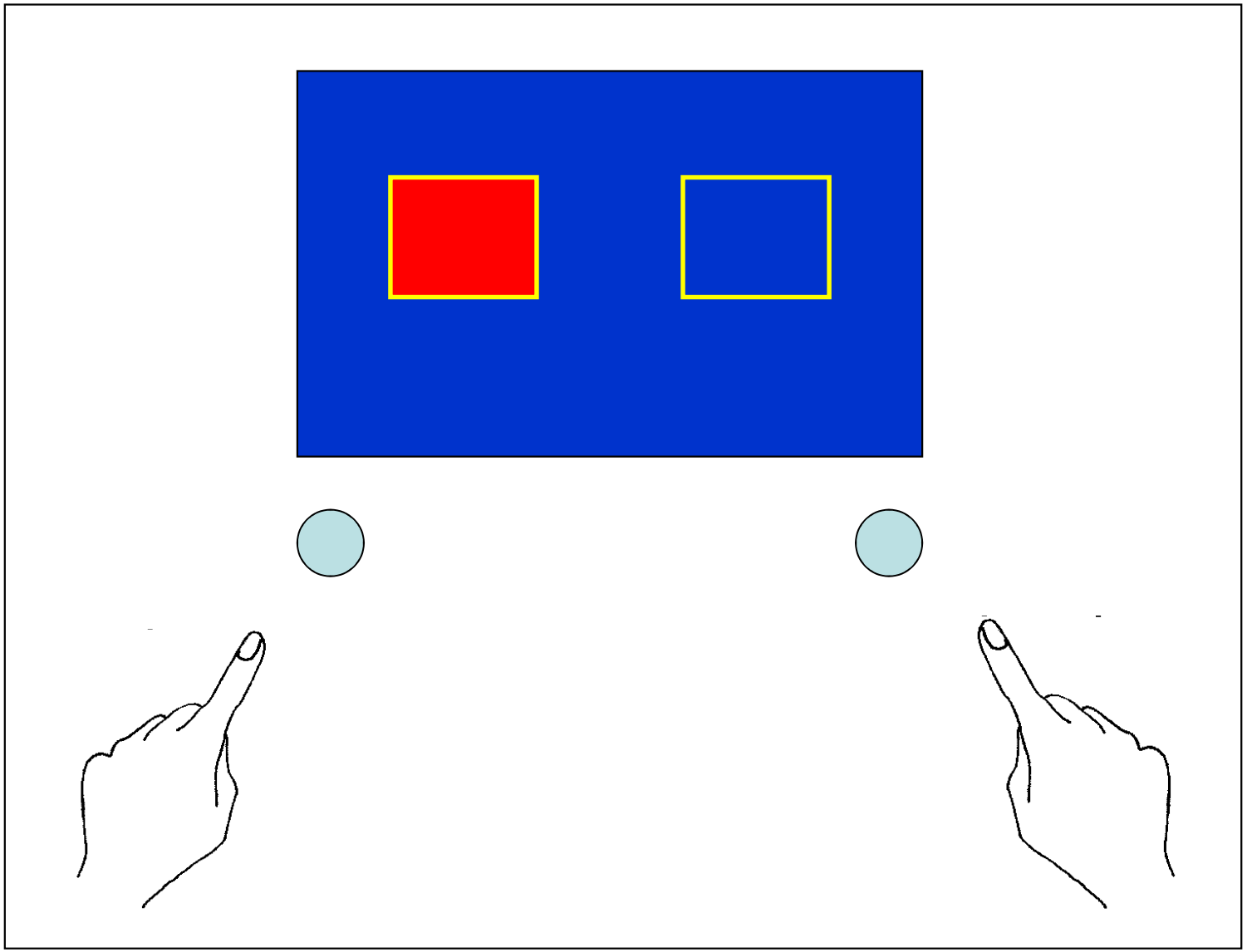
Tâche non compatible (NC)



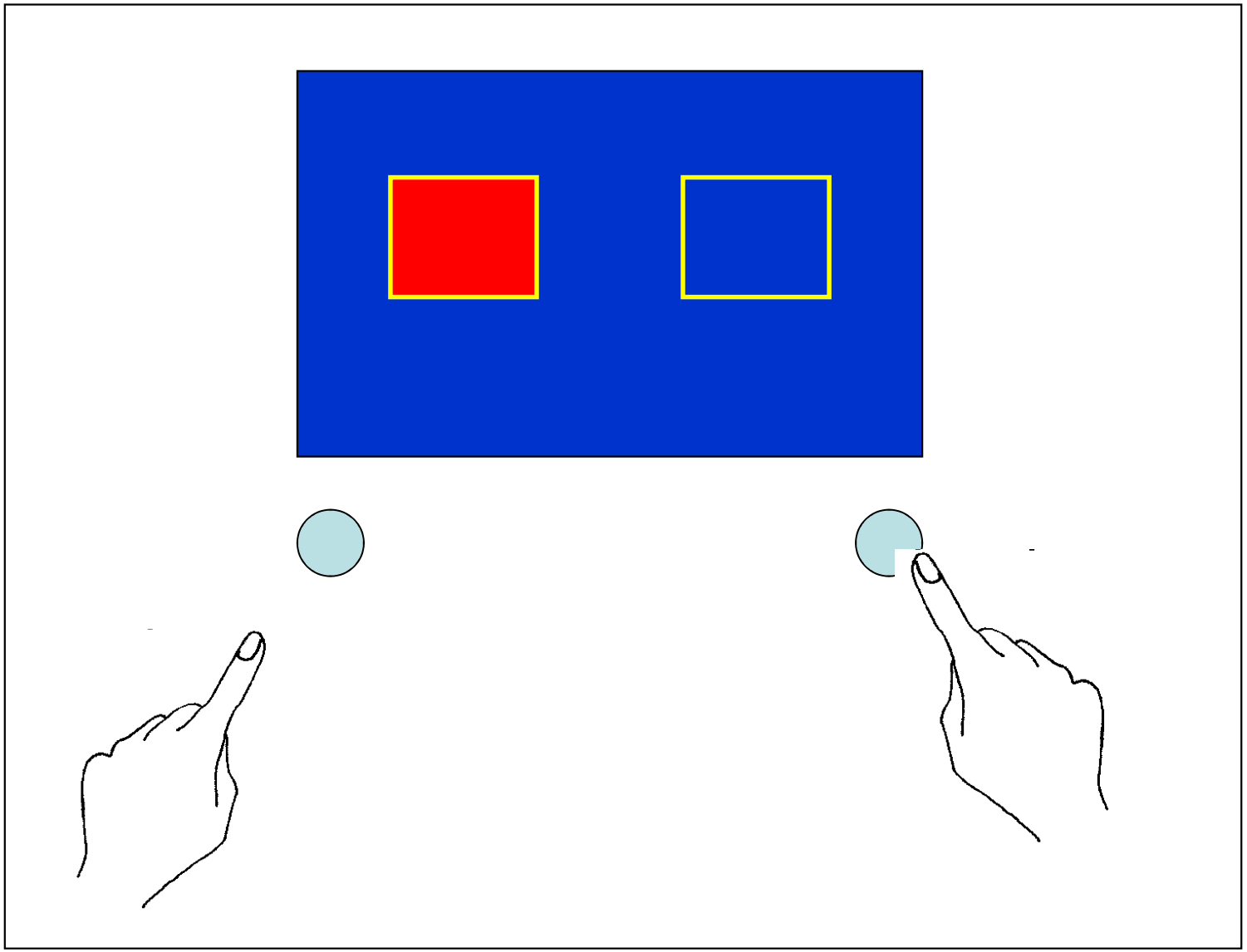
Tâche non compatible (NC)

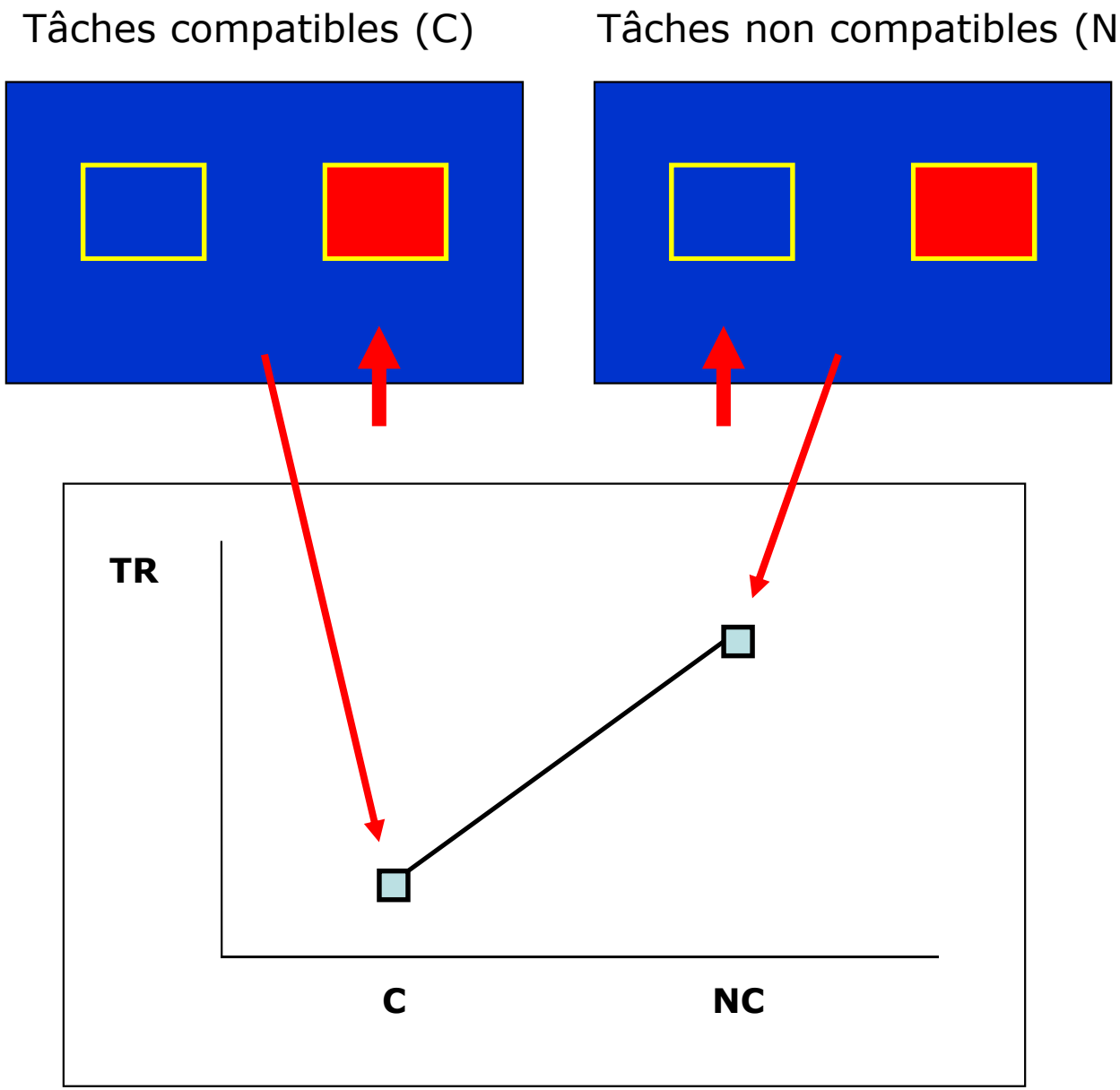


Tâche non compatible (NC)



Tâche non compatible (NC)

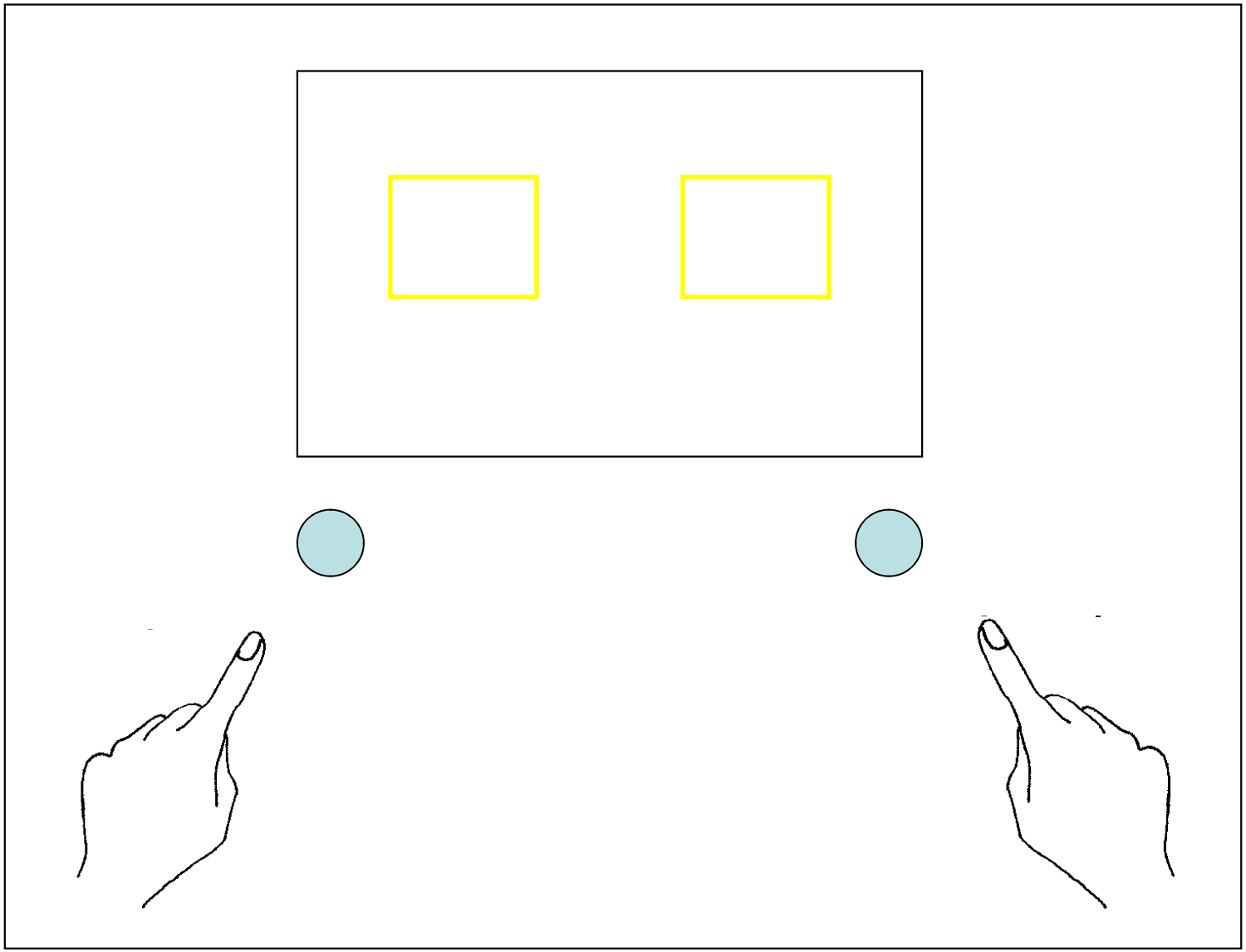



Tâches compatibles (C)
Tâches non compatibles (NC)
TR
C
NC

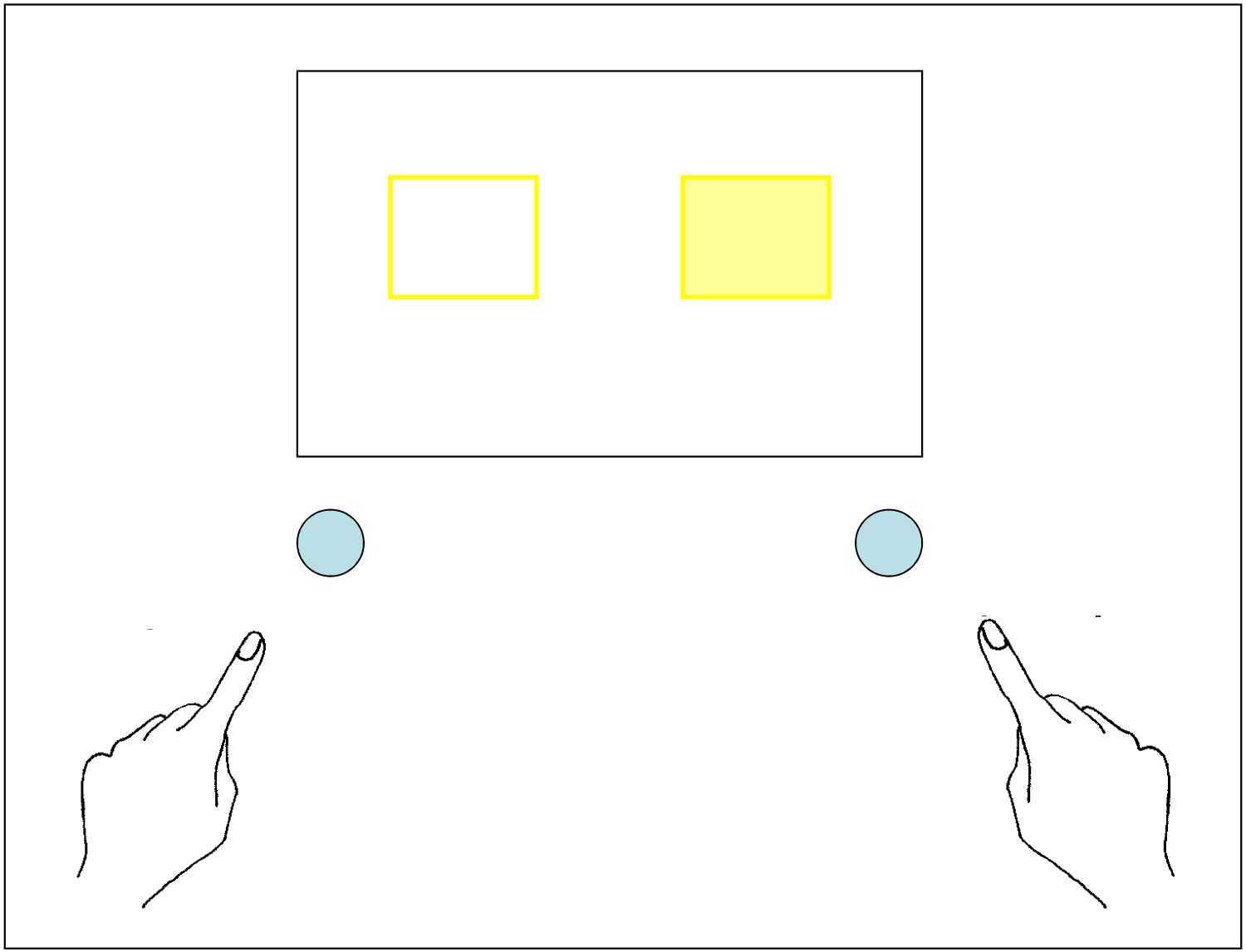
→ Plan expérimental croisé, exploitant toutes les combinaisons de qualité et de compatibilité du signal

	Haute qualité	Faible qualité
Compatible	C-HQ	C-FQ
Non compatible	NC-HQ	NC-FQ

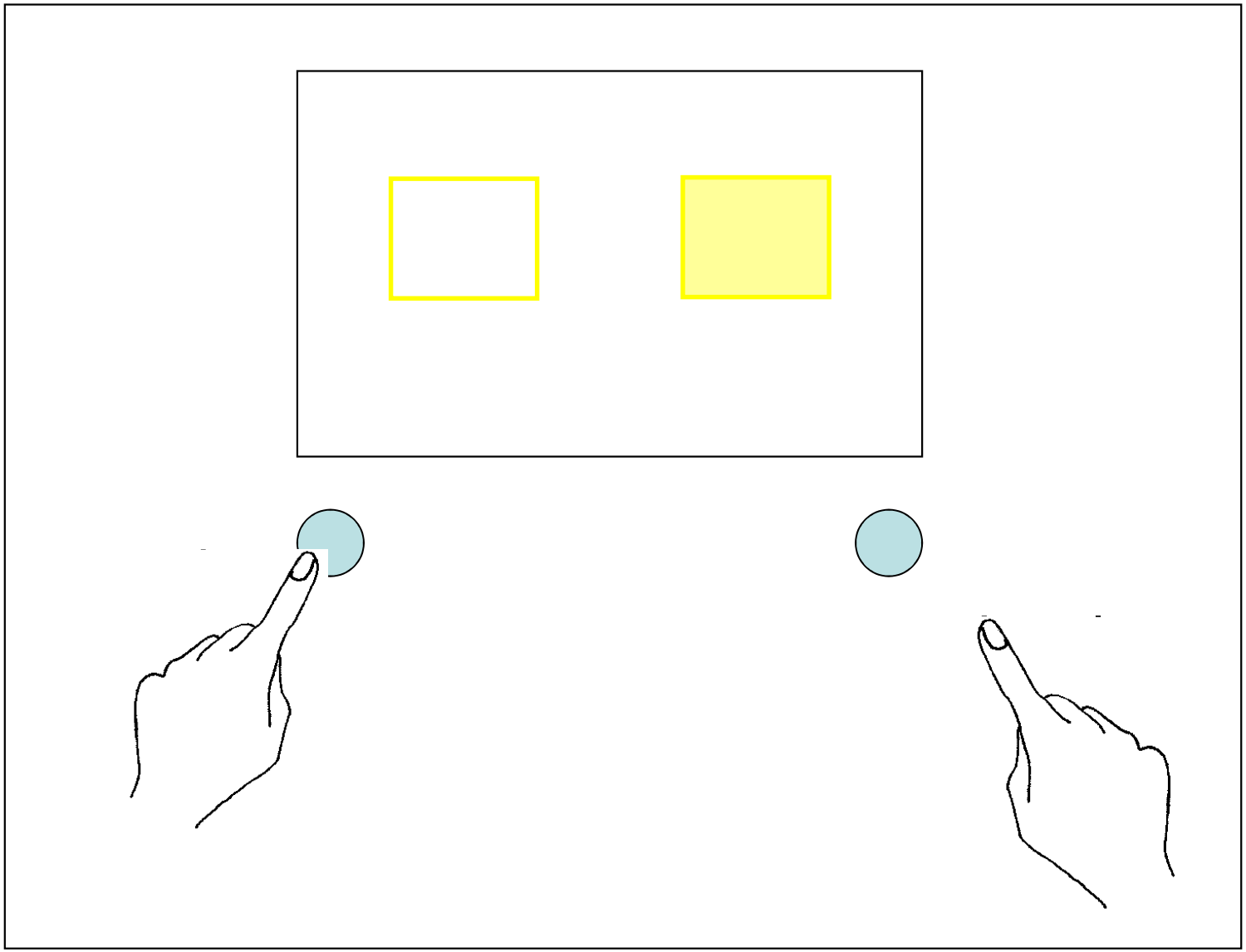
Signal de faible qualité-tâche non compatible (FQ-NC)



Signal de faible qualité-tâche non compatible (FQ-NC)



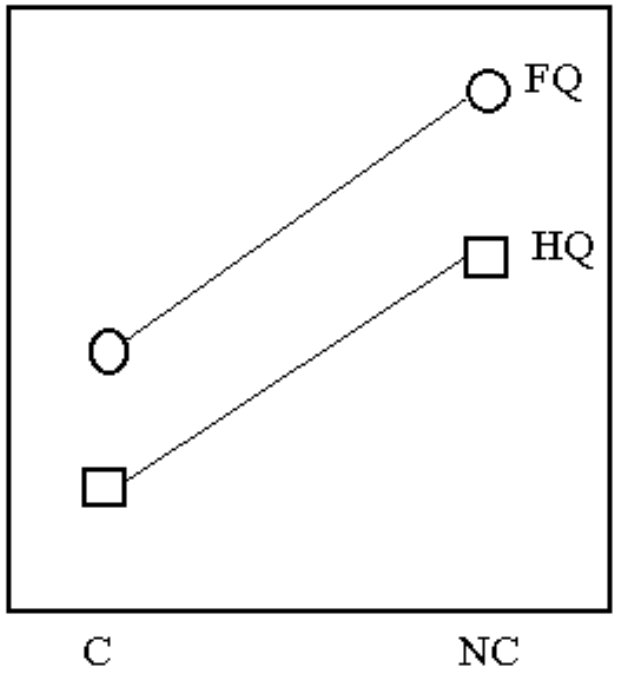
Signal de faible qualité-tâche non compatible (FQ-NC)



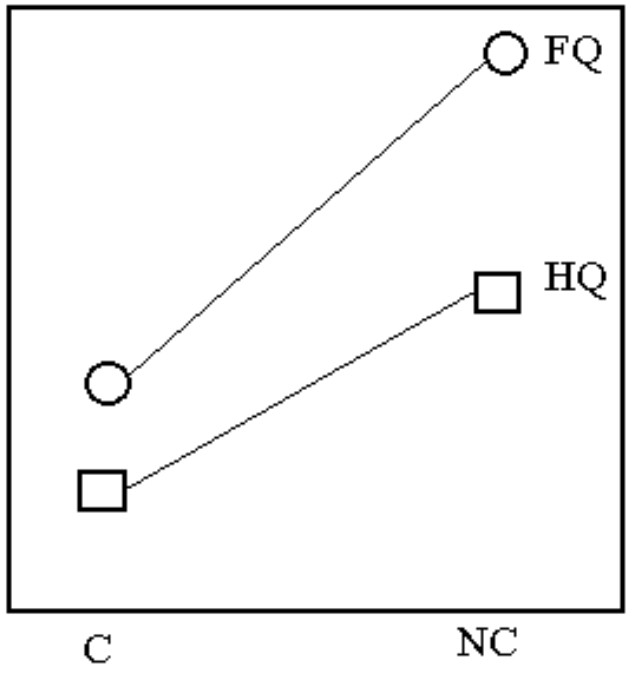
Deux résultats possibles…

Effet additif ou **Effet d'interaction**

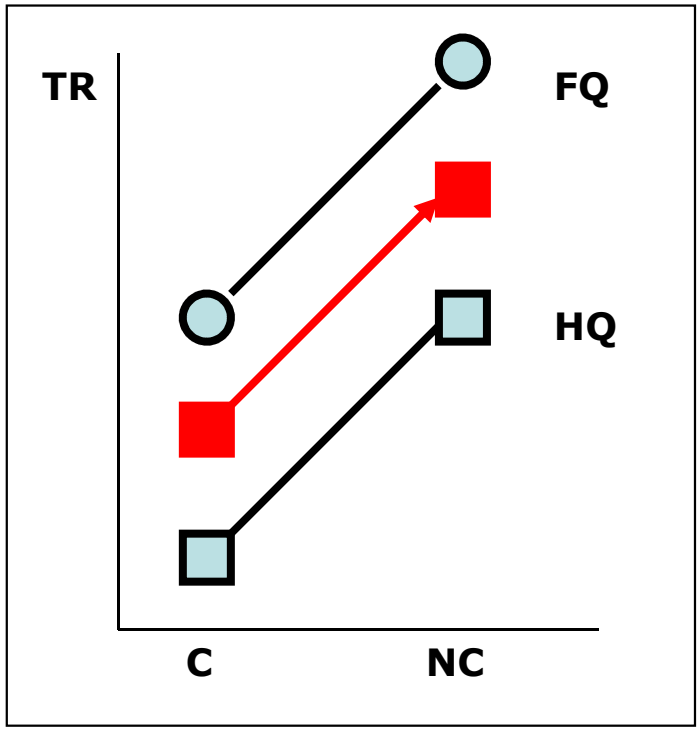
TR



TR

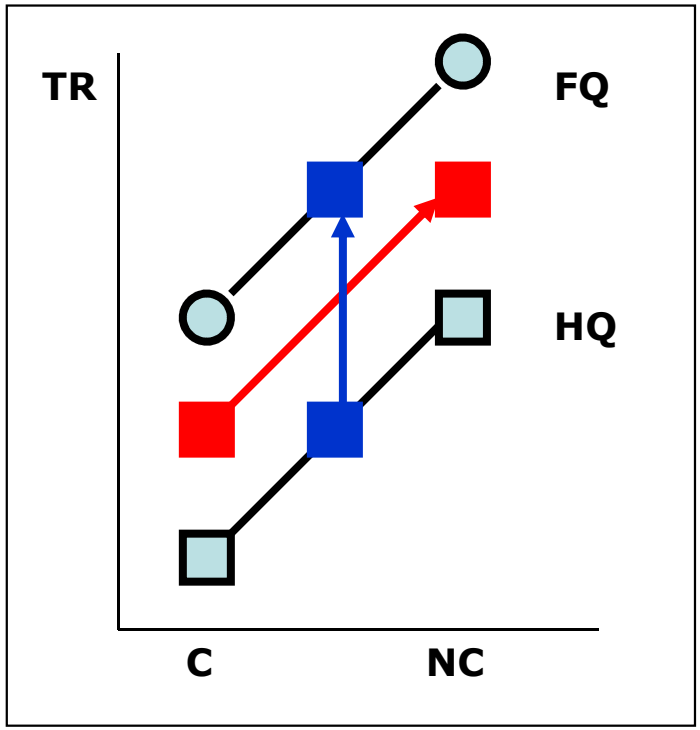


Effet additif



On retrouve l' effet moyen de la compatibilité quelle que soit la qualité du signal

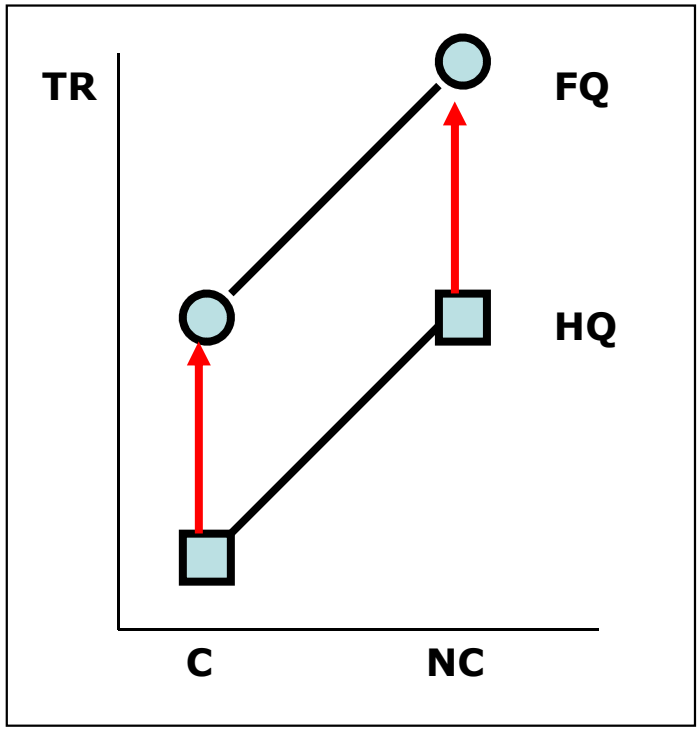
Effet additif



On retrouve l' effet moyen de la compatibilité quelle que soit la qualité du signal

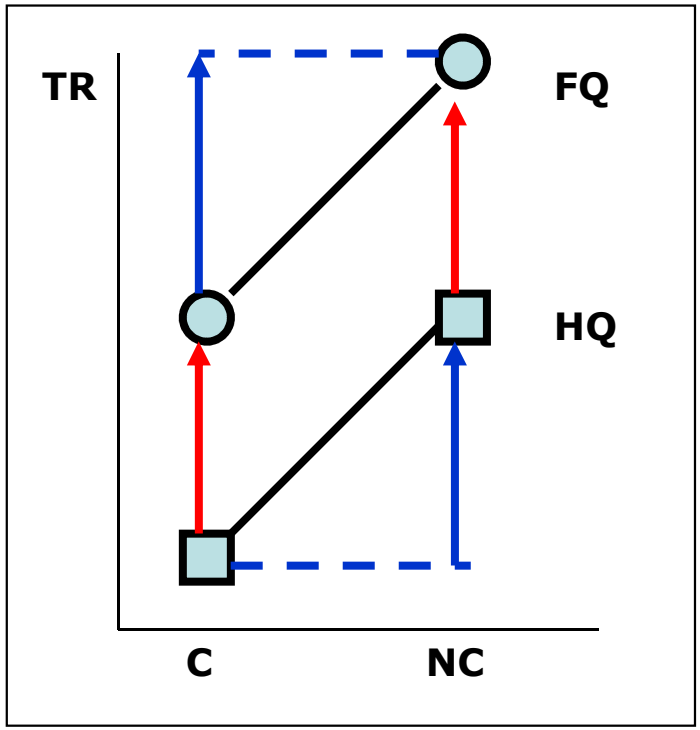
On retrouve l 'effet moyen de la qualité du signal quelle que soit la compatibilité

Effet additif



La grandeur de l'effet qualité est indépendant du niveau de compatibilité

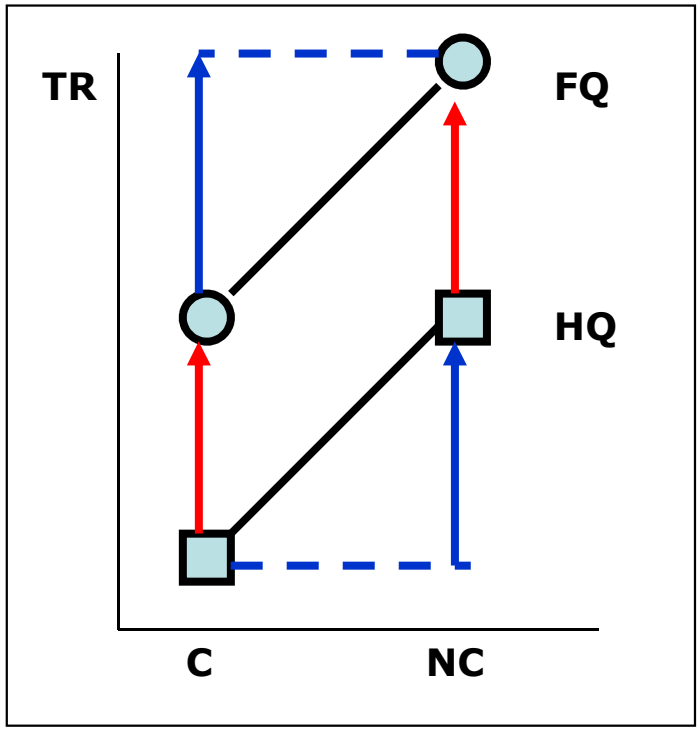
Effet additif



La grandeur de l'effet qualité est indépendant du niveau de compatibilité

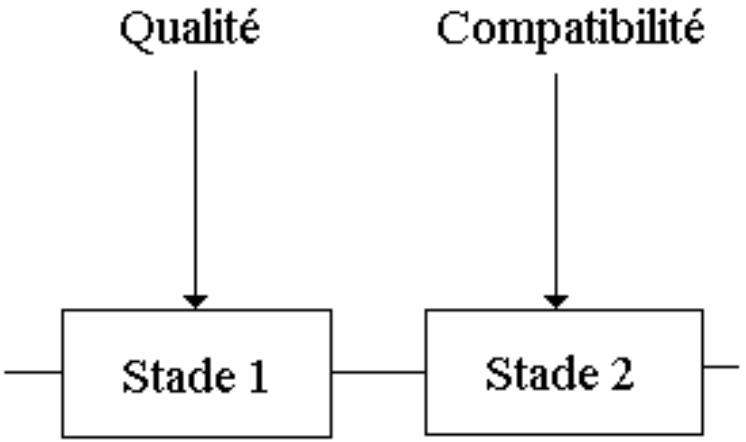
La grandeur de l'effet compatibilité est indépendant du niveau de qualité

Effet additif

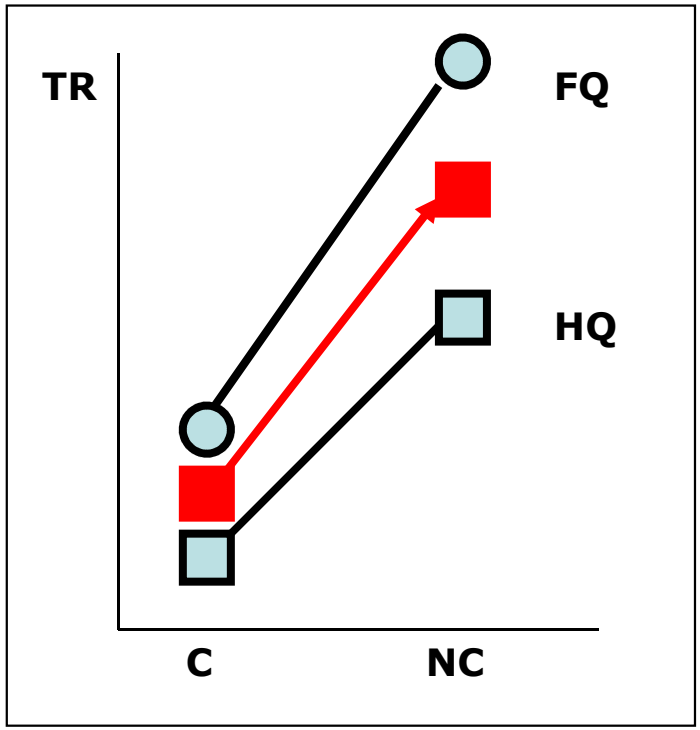


Les deux facteurs affectent de manière indépendante le temps de réaction

→ Il existe donc au moins deux stades indépendants de traitement de l'information

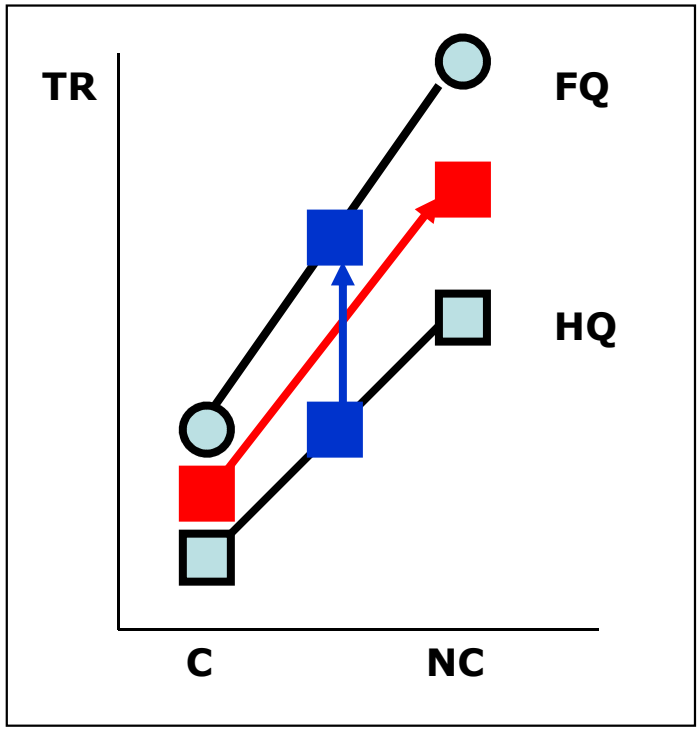


Effet d'interaction



On retrouve l'effet moyen de la compatibilité

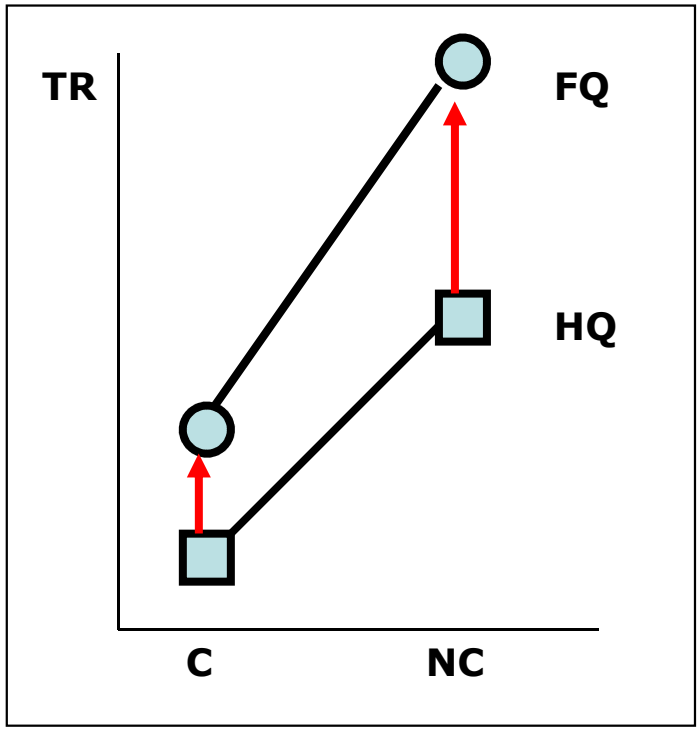
Effet d'interaction



On retrouve l'effet moyen de la compatibilité

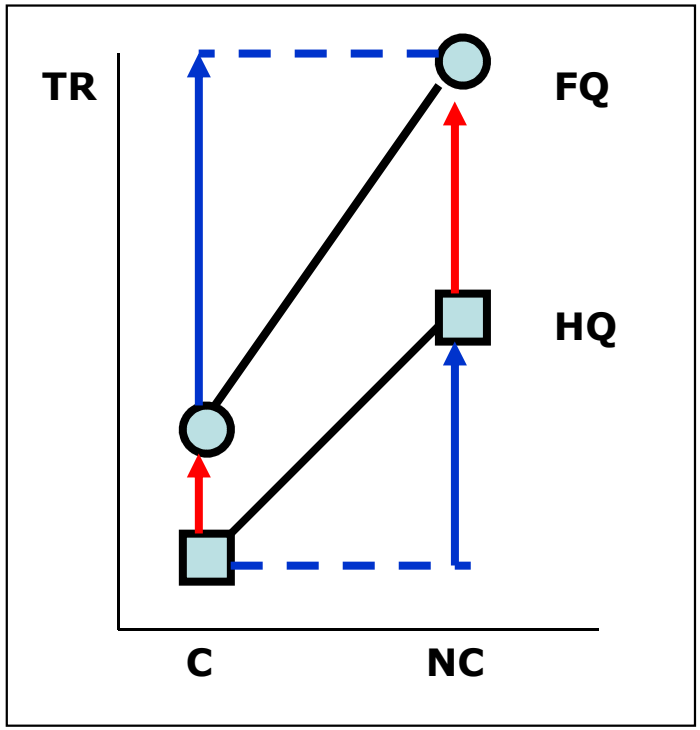
On retrouve l'effet moyen de la qualité du signal

Effet d'interaction



La grandeur de l'effet qualité dépend du niveau de compatibilité

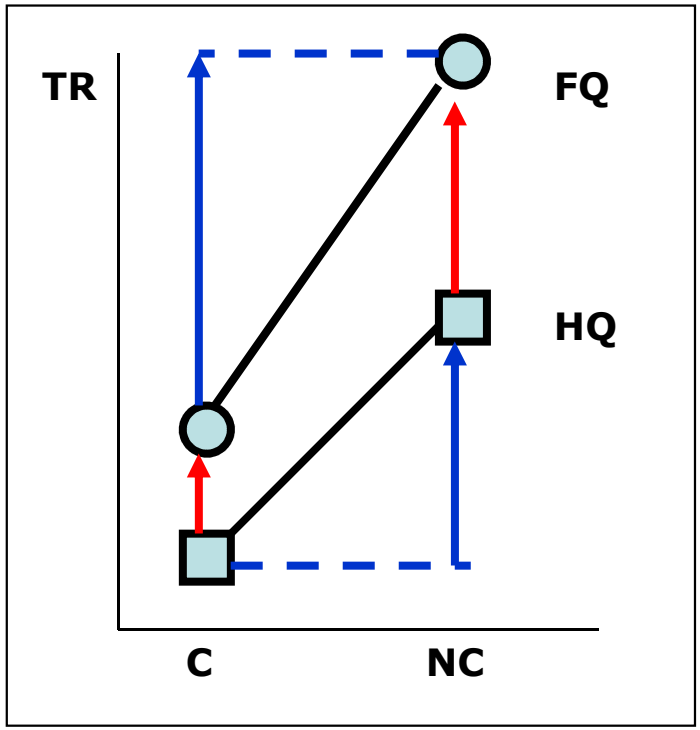
Effet d'interaction



La grandeur de l'effet qualité dépend du niveau de compatibilité

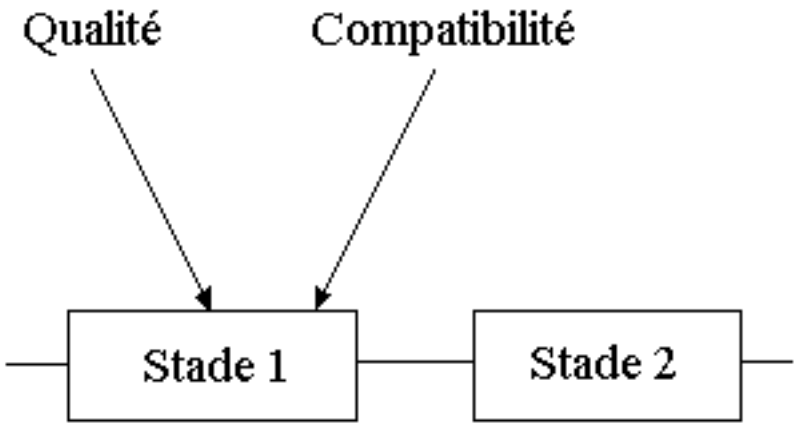
La grandeur de l'effet compatibilité dépend du niveau de qualité

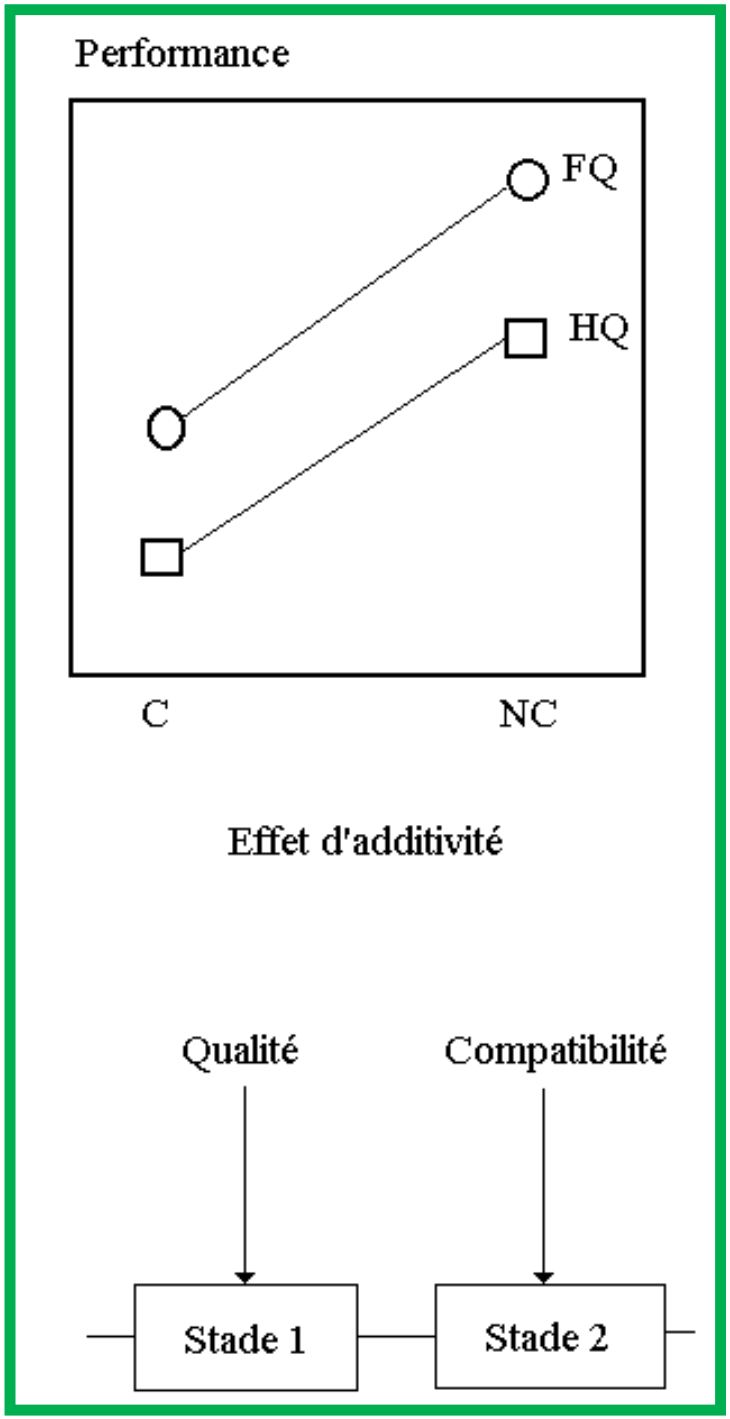
Effet d'interaction

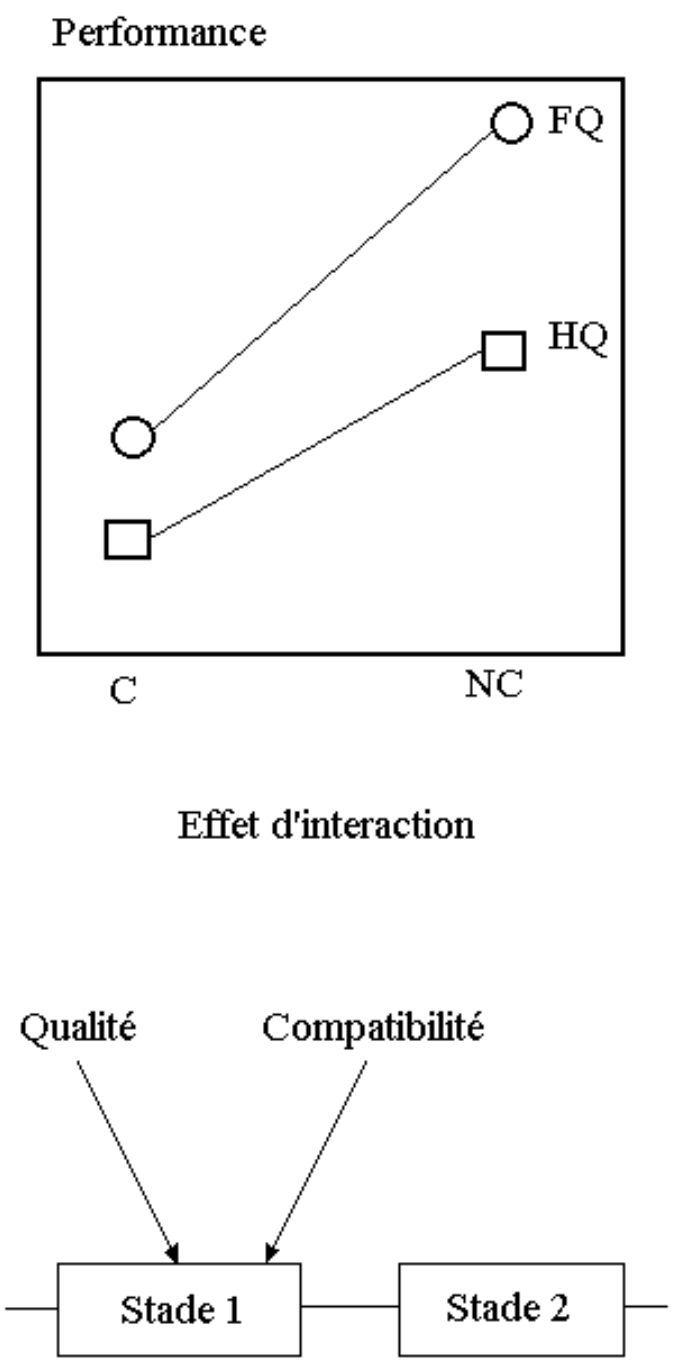


Les deux facteurs affectent de manière interactive le temps de réaction

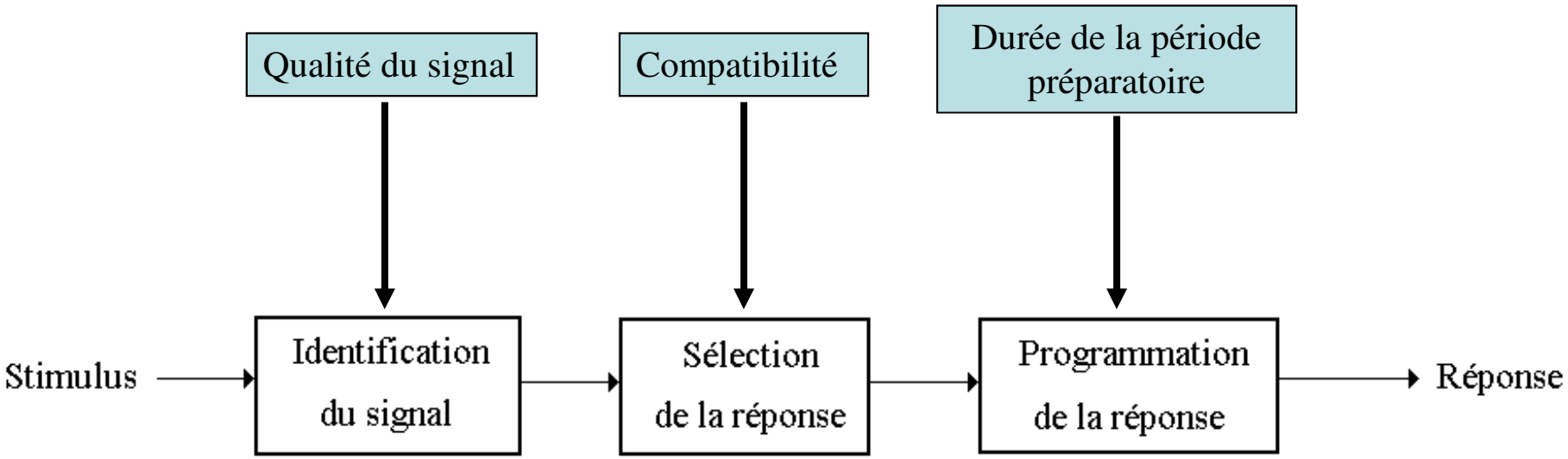
→ Ces deux facteurs affectent simultanément le même stade de traitement




Performance
FQ
HQ
C
NC
Effet d'additivité
Qualité
Compatibilité
Stade 1
Stade 2

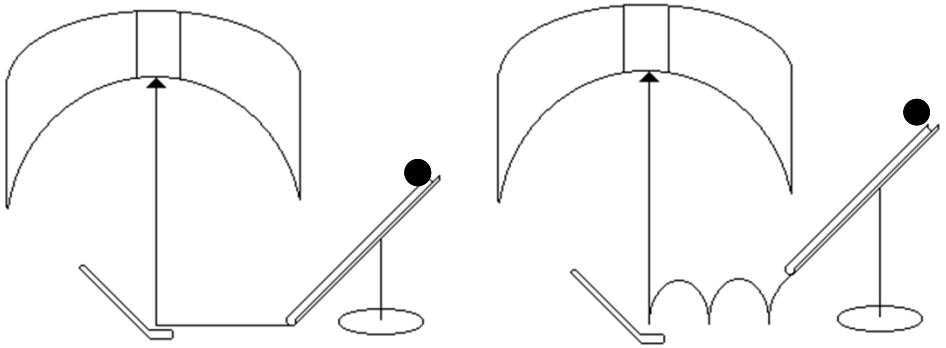

Performance
FQ
HQ
C
NC
Effet d'interaction
Qualité
Compatibilité
Stade 1
Stade 2

Variables manipulées expérimentalement?



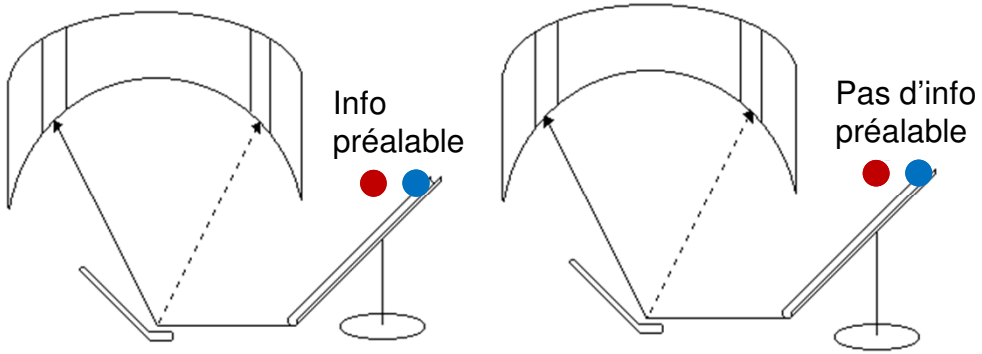
La méthode des facteurs additifs ne permet pas de nommer les différents stades

La méthode des facteurs additifs ne permet pas de déterminer l'ordre des différents stades



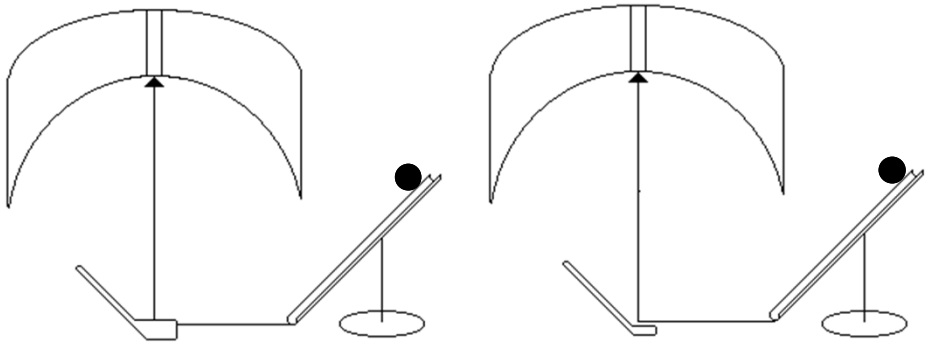
Expé 1: Incertitude spatiale

Stade perceptif



Expé 2: Incertitude évènementielle

Stade décisionnel



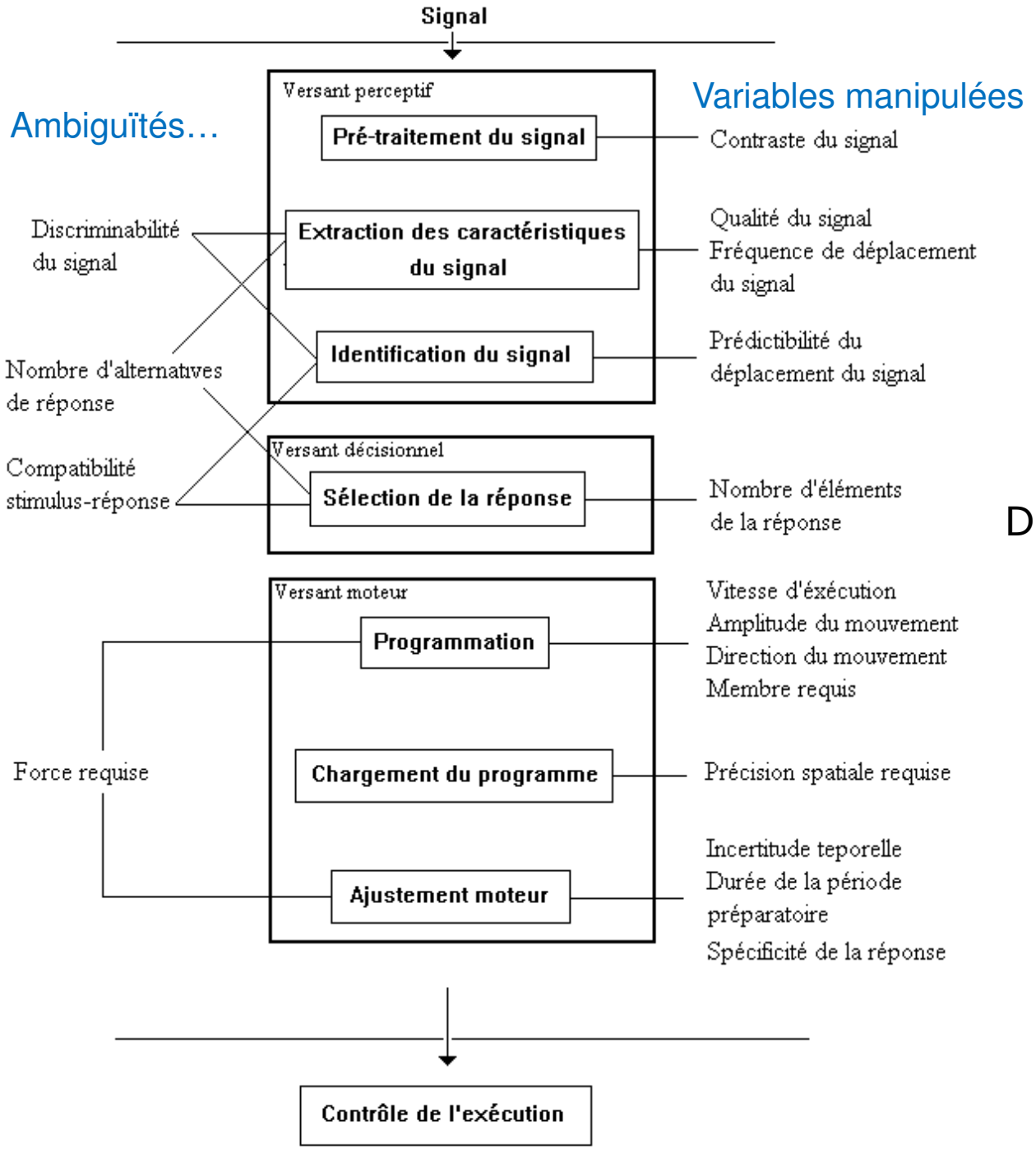
Expé 3: Précision requise

Stade moteur

Famose (1990)

Grille d'analyse des tâches informationnelles (d'après Temprado & Famose, 1993)

Stades	Descripteurs	Echelle de difficulté
Perceptif	Durée de présentation des indices	Longue 1 2 3 4 5 6 7 Courte
	Incertitude sur la localisation des indices	Aucune 1 2 3 4 5 6 7 Forte
	Incertitude sur le moment d'apparition des indices	Aucune 1 2 3 4 5 6 7 Forte
Décisionnel	Nombre d'événements susceptibles de se produire	Aucun 1 2 3 4 5 6 7 Beaucoup
	Compatibilité stimulus-réponse	Maximum 1 2 3 4 5 6 7 Faible
	Temps disponible	Long 1 2 3 4 5 6 7 Court
Moteur	Précision spatiale requise	Faible 1 2 3 4 5 6 7 Forte
	Précision temporelle requise	Faible 1 2 3 4 5 6 7 Forte
	Coordination avec déplacement	Non 1 2 3 4 5 6 7 Oui



Modèle séquentiel du traitement de l'information

D'après Temprado (1994)

1. Habileté et traitement de l'information

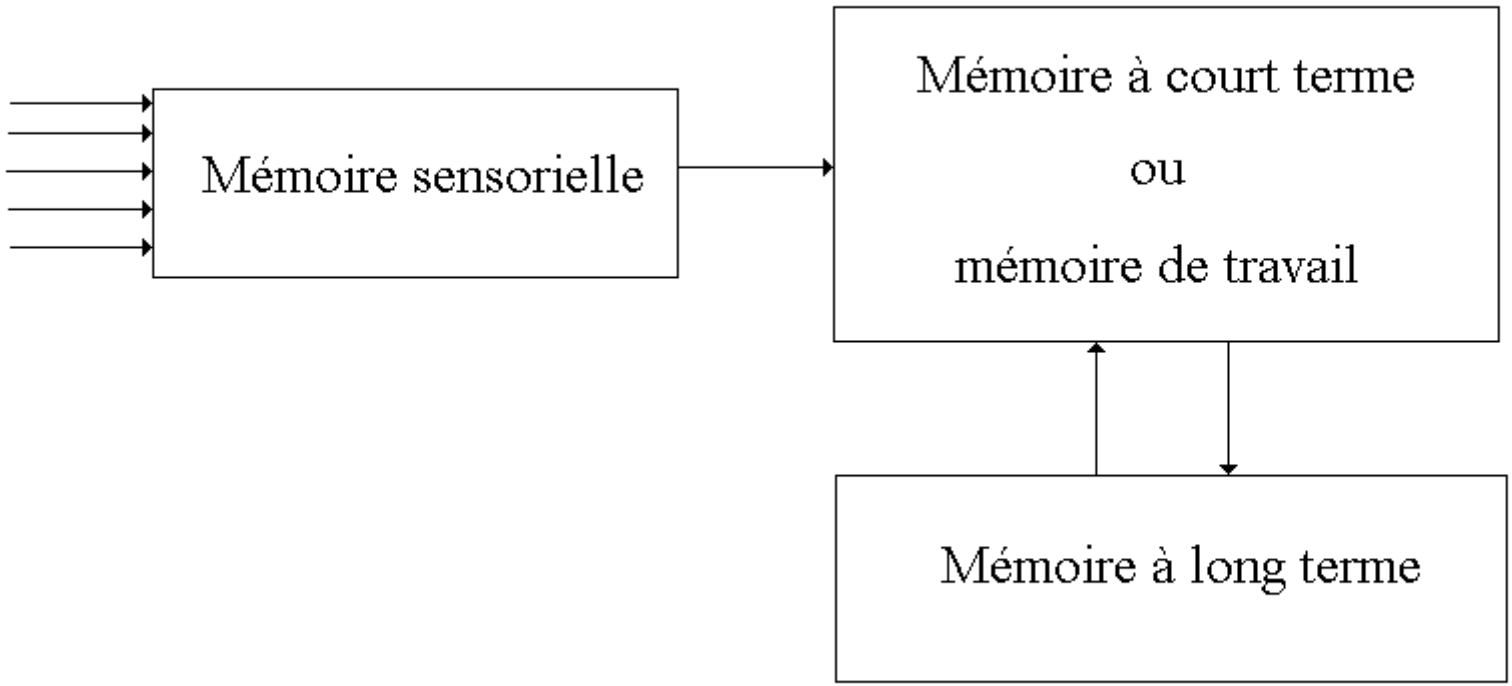
1.1. La théorie de l'information

1.2. Chronométrie mentale et traitement de l'information

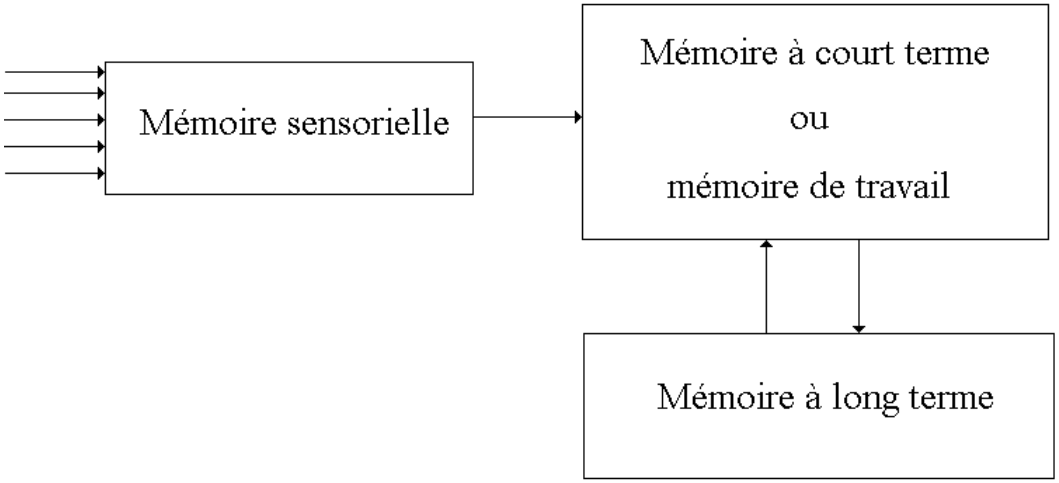
1.3. Les stades de traitement de l'information

1.4. Mémoire à court terme et mémoire à long terme

1.5. Les programmes moteurs et la théorie du schéma



Le système des mémoires (d'après Thomas, 1980)



Filtre sélectif

Traitement de l'info

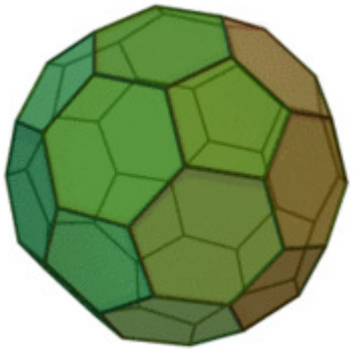
Stockage apprentissages

	Capacité	Durée
Mémoire sensorielle	Grande	Très courte (1 seconde)
Mémoire de travail	Limitée (7 éléments)	Courte (10-30 secondes)
Mémoire à long terme	Illimitée	Illimitée

Les processus cognitifs servent à assurer le transit de l'information entre ces différentes mémoires

- le codage: ce processus consiste à labelliser un ensemble d'information sous un code en facilitant l'accès.

- le re
même
écono



- la ré
inform
dizain
réactivation.

- le stockage: ce processus renvoie à un archivage de l'information en mémoire à long terme.

- le rappel: ce processus est responsable de la réactivation, en mémoire de travail, d'informations stockées en mémoire à long terme.

Les processus cognitifs servent à assurer le transit de l'information entre ces différentes mémoires

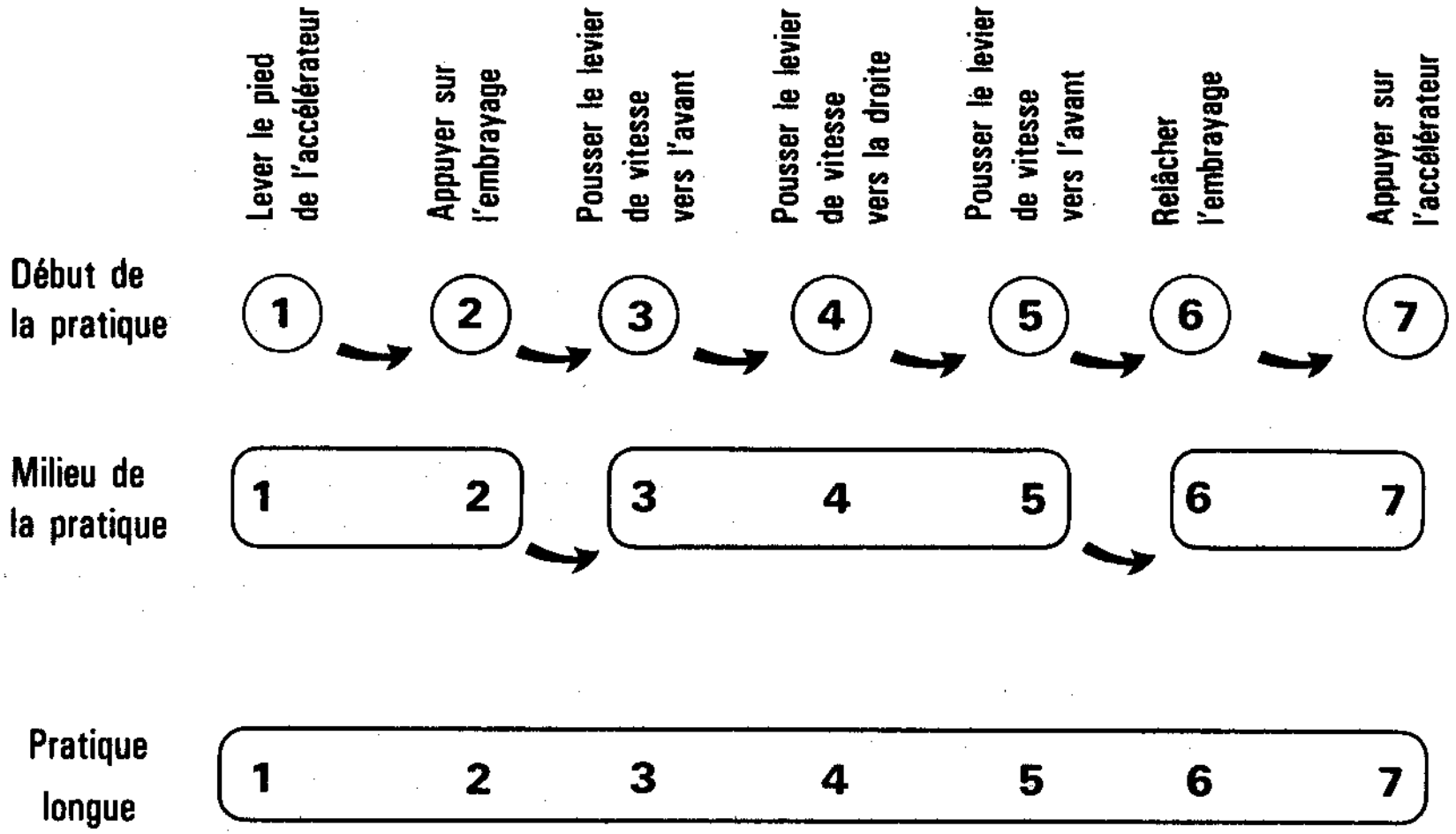
- le codage: ce processus consiste à labelliser un ensemble d'information sous un code en facilitant l'accès.

- le regroupement: ce processus vise à regrouper dans une même unité des informations disparates. Il permet des économies de gestion de la capacité du système.

- la répétition: ce processus permet de maintenir des informations en mémoire de travail, au-delà des quelques dizaine de secondes caractérisant son terme, par une réactivation.

- le stockage: ce processus renvoie à un archivage de l'information en mémoire à long terme.

- le rappel: ce processus est responsable de la réactivation, en mémoire de travail, d'informations stockées en mémoire à long terme.



Le processus de regroupement

Lors de l'apprentissage, les informations sont progressivement regroupées et traitées en blocs (d'après Keele, 1982)

Les processus cognitifs servent à assurer le transit de l'information entre ces différentes mémoires

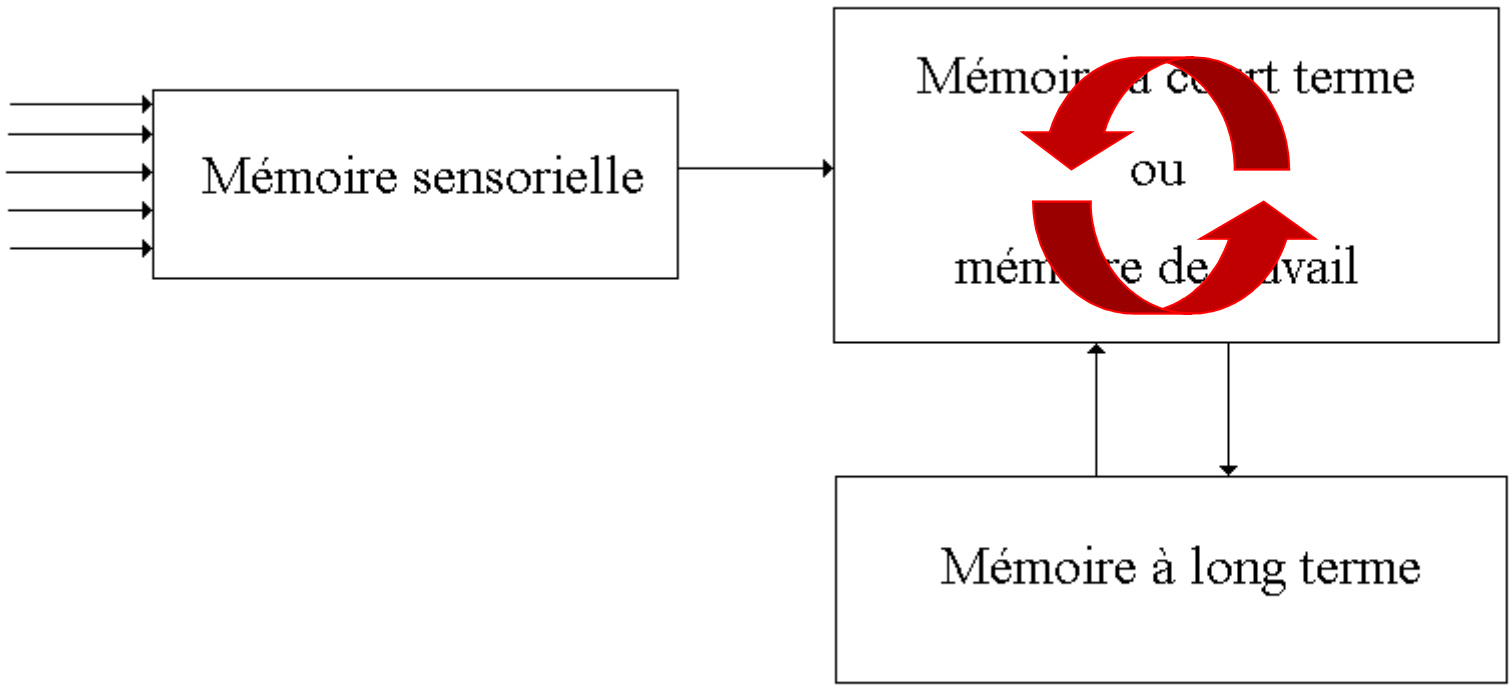
- le codage: ce processus consiste à labelliser un ensemble d'information sous un code en facilitant l'accès.

- le regroupement: ce processus vise à regrouper dans une même unité des informations disparates. Il permet des économies de gestion de la capacité du système.

- la répétition: ce processus permet, par une réactivation, de maintenir des informations en mémoire de travail au-delà des quelques dizaine de secondes caractérisant son terme.

- le stockage: ce processus renvoie à un archivage de l'information en mémoire à long terme.

- le rappel: ce processus est responsable de la réactivation, en mémoire de travail, d'informations stockées en mémoire à long terme.



Le processus de répétition

Les processus cognitifs servent à assurer le transit de l'information entre ces différentes mémoires

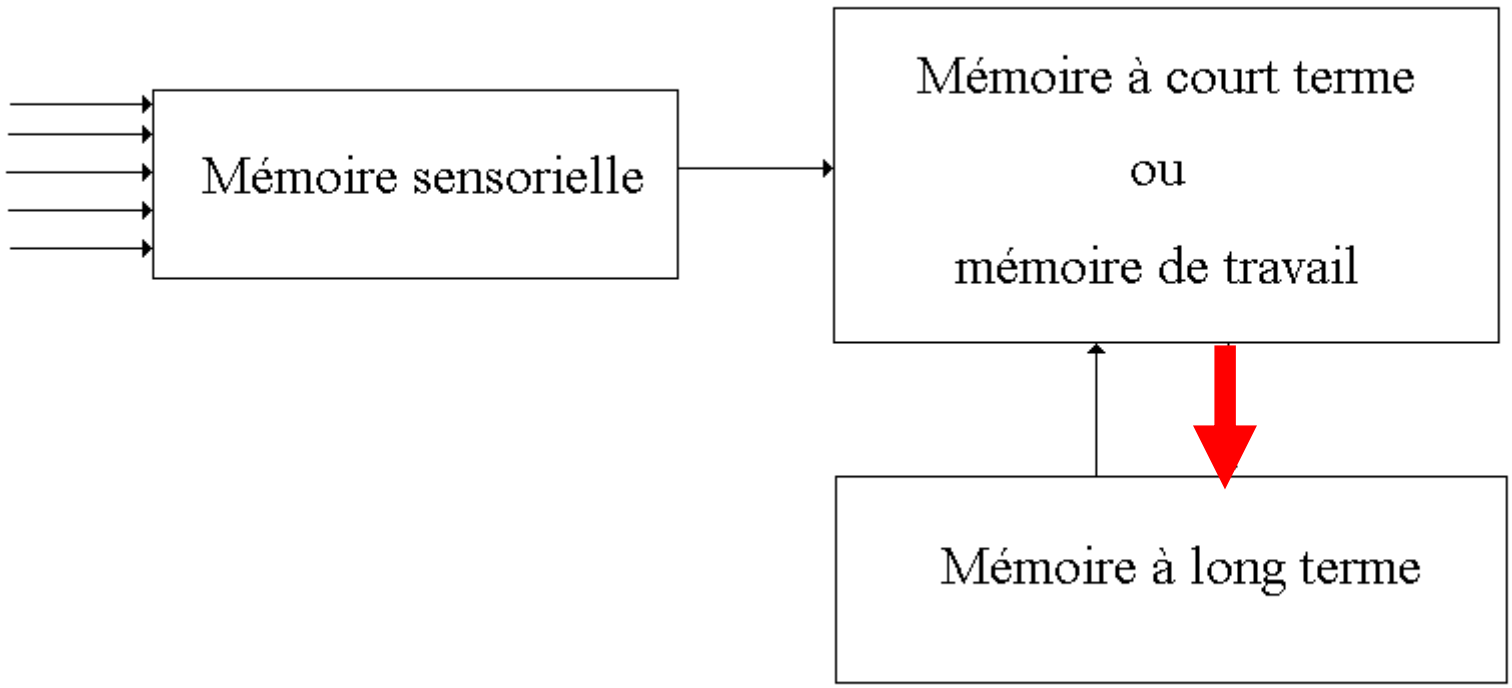
- le codage: ce processus consiste à labelliser un ensemble d'information sous un code en facilitant l'accès.

- le regroupement: ce processus vise à regrouper dans une même unité des informations disparates. Il permet des économies de gestion de la capacité du système.

- la répétition: ce processus permet de maintenir des informations en mémoire de travail, au-delà des quelques dizaine de secondes caractérisant son terme, par une réactivation.

- le stockage: ce processus renvoie à un archivage de l'information en mémoire à long terme.

- le rappel: ce processus est responsable de la réactivation, en mémoire de travail, d'informations stockées en mémoire à long terme.



Le processus de stockage

Les processus cognitifs servent à assurer le transit de l'information entre ces différentes mémoires

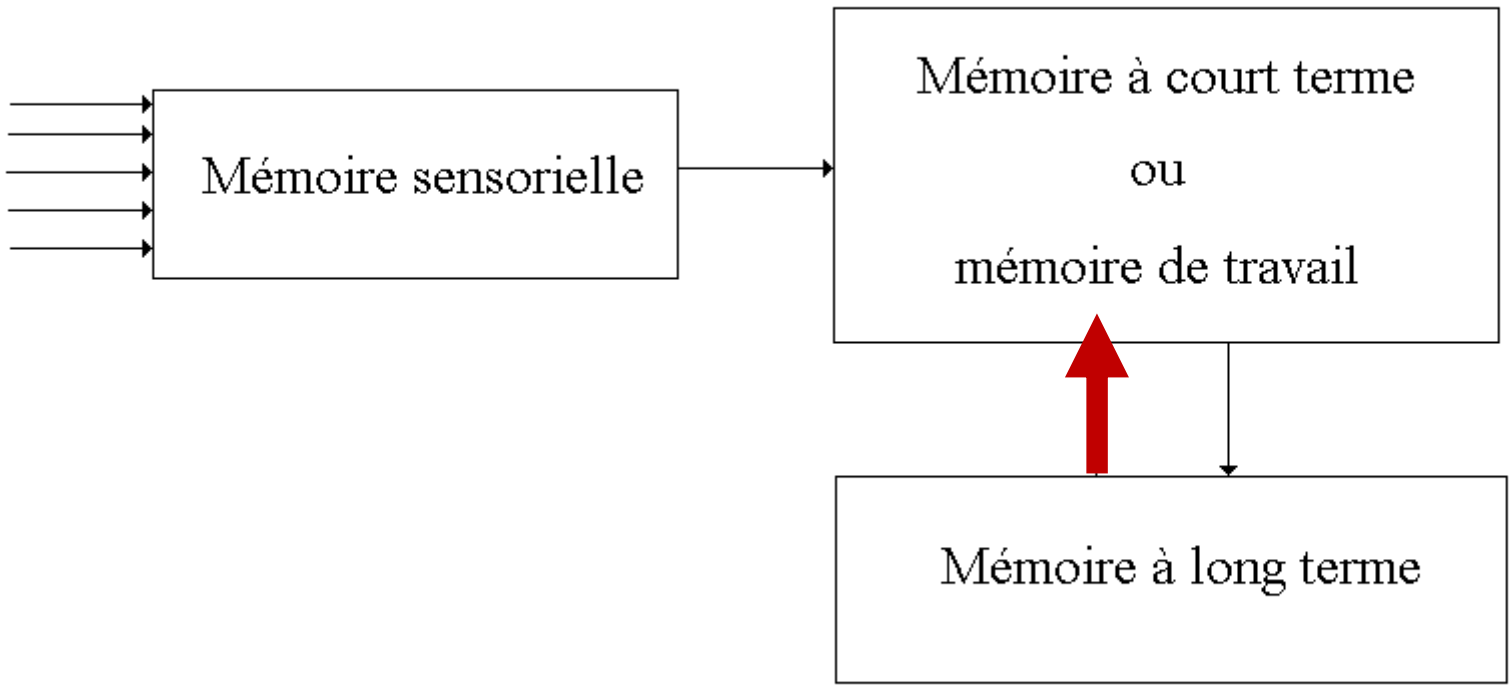
- le codage: ce processus consiste à labelliser un ensemble d'information sous un code en facilitant l'accès.

- le regroupement: ce processus vise à regrouper dans une même unité des informations disparates. Il permet des économies de gestion de la capacité du système.

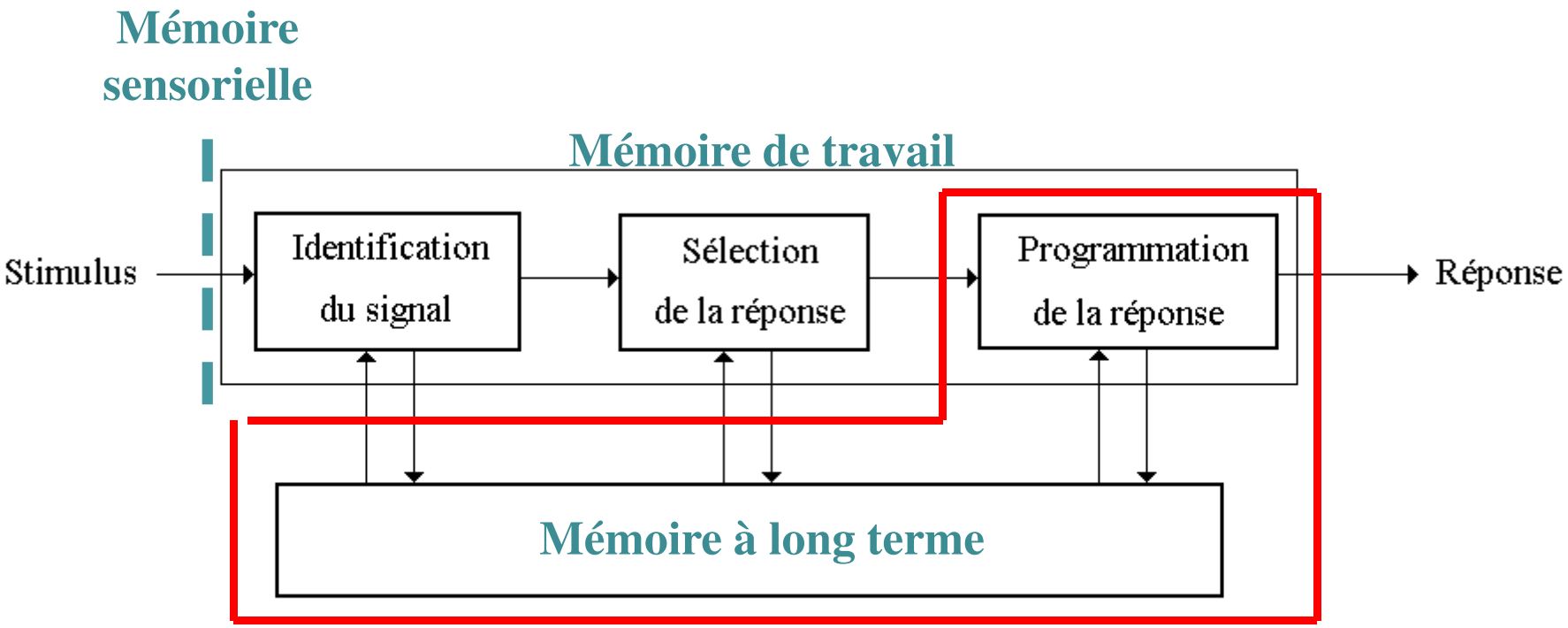
- la répétition: ce processus permet de maintenir des informations en mémoire de travail, au-delà des quelques dizaine de secondes caractérisant son terme, par une réactivation.

- le stockage: ce processus renvoie à un archivage de l'information en mémoire à long terme.

- le rappel: ce processus est responsable de la réactivation, en mémoire de travail, d'informations stockées en mémoire à long terme.



Le processus de rappel


Mémoire sensorielle
Mémoire de travail
Stimulus
Identification du signal
Sélection de la réponse
Programmation de la réponse
Réponse
Mémoire à long terme

1. Habileté et traitement de l'information

1.1. La théorie de l'information

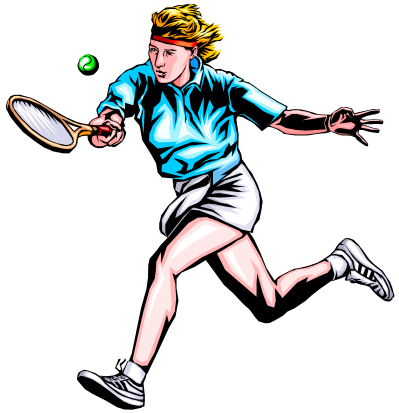
1.2. Chronométrie mentale et traitement de l'information

1.3. Les stades de traitement de l'information

1.4. Mémoire à court terme et mémoire à long terme

1.5. Les programmes moteurs et la théorie du schéma

La métaphore informatique



Processeur → Système de traitement de l'information

Mémoire vive → Mémoire à court terme

Disque dur → Mémoire à long terme

Logiciel → Programme moteur

Le programme informatique:

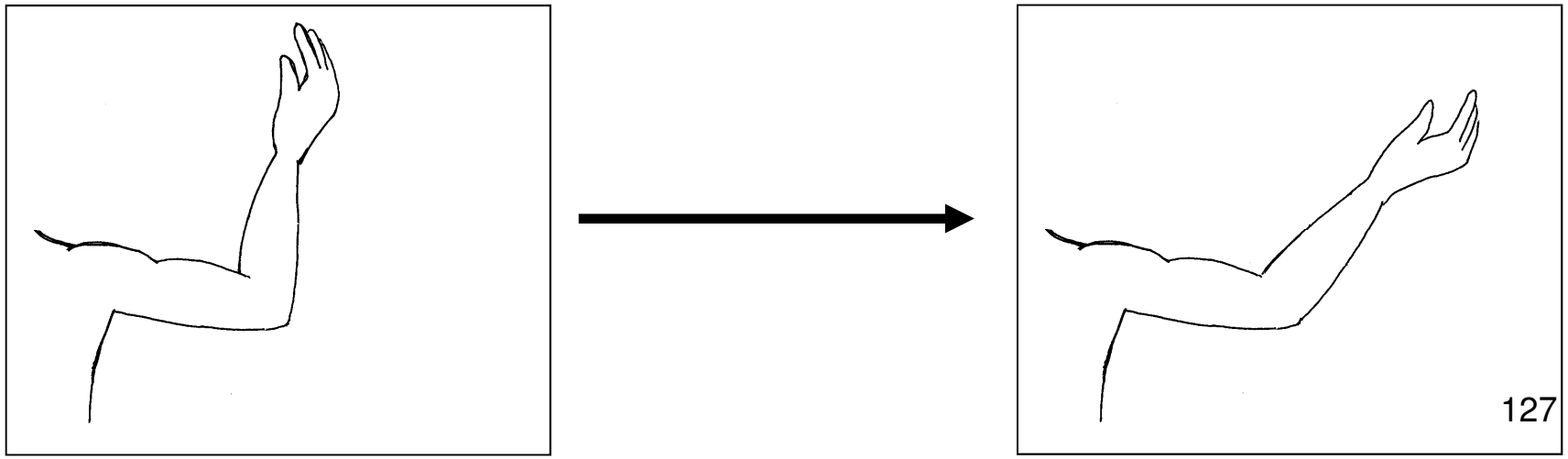
Une suite d'instructions séquentielles

```
10 CLS
20 PRINT « BONJOUR »
30 FOR I=1 to 1000: NEXT I
40 FOR I=1 to 5
50 PRINT « ARRET DANS » 6-I « SECONDES »
60 FOR J=1 TO 1000:NEXT J
70 NEXT I
80 END
```

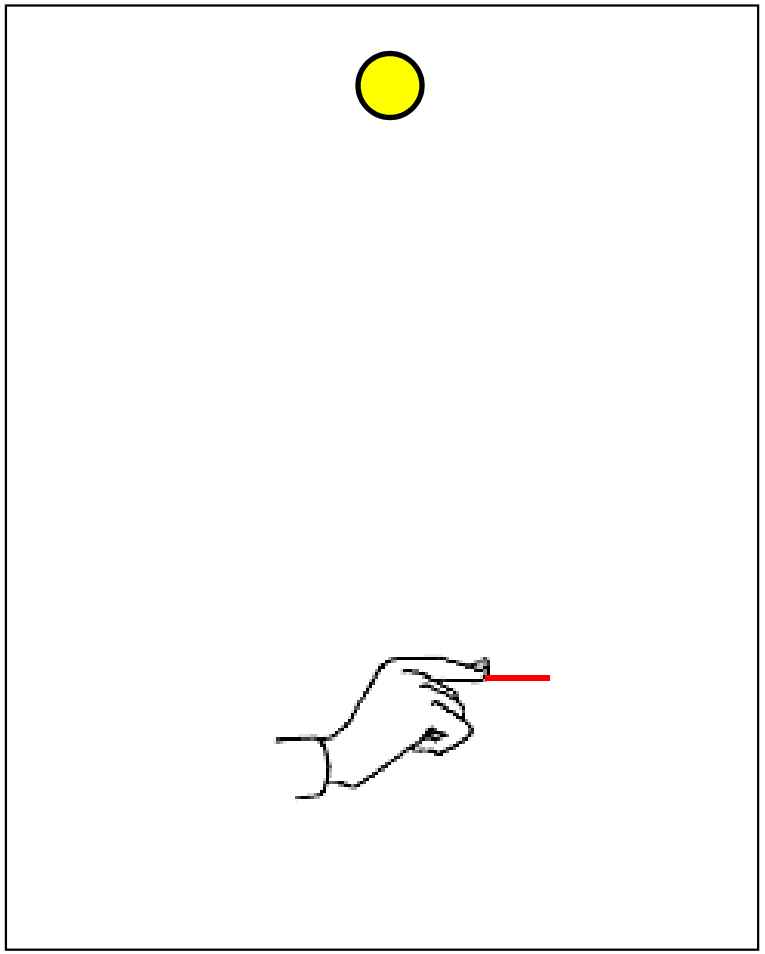
Le programme moteur?

Avant de réaliser le mouvement il faut le planifier / le programmer

Le Programme Moteur est le produit des processus de Traitement de l'Information

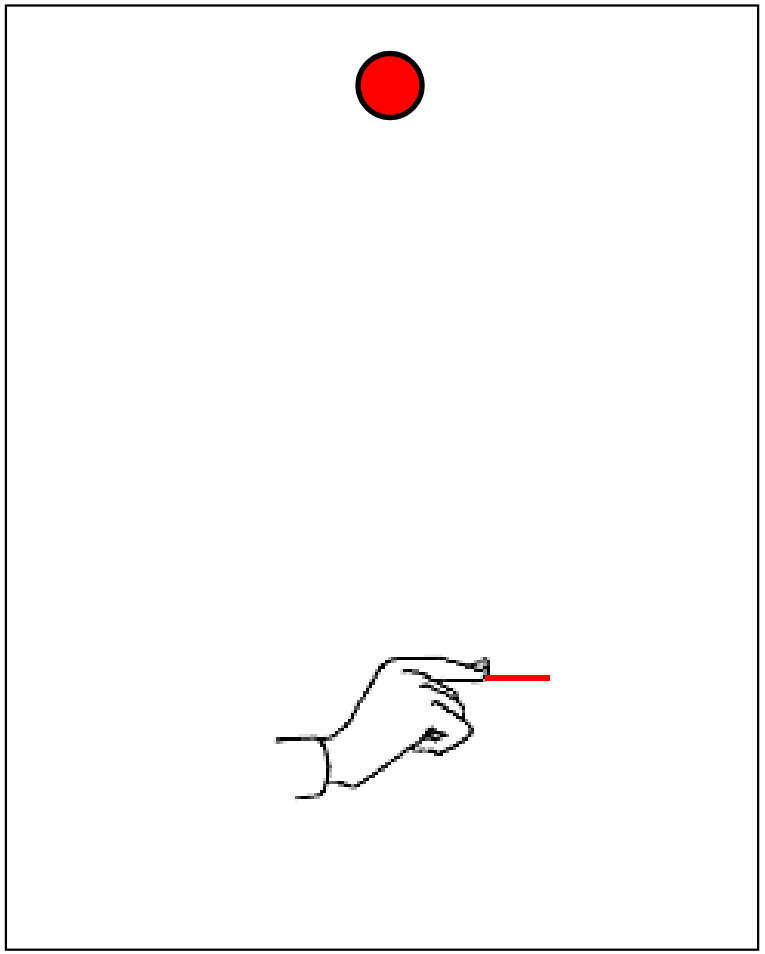


Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



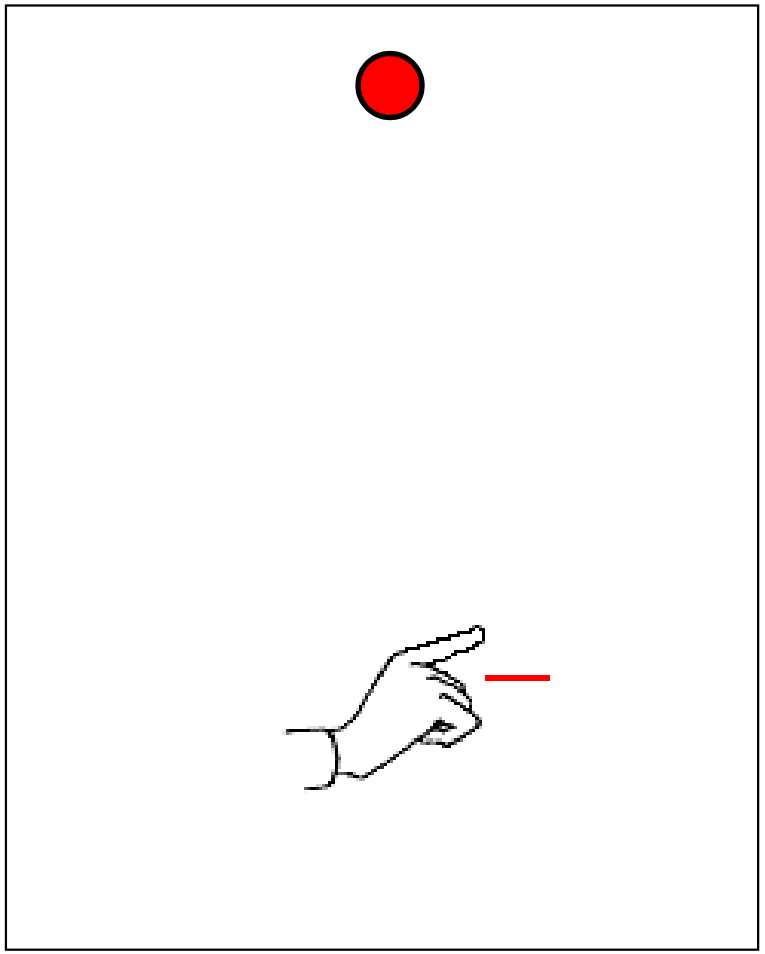
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



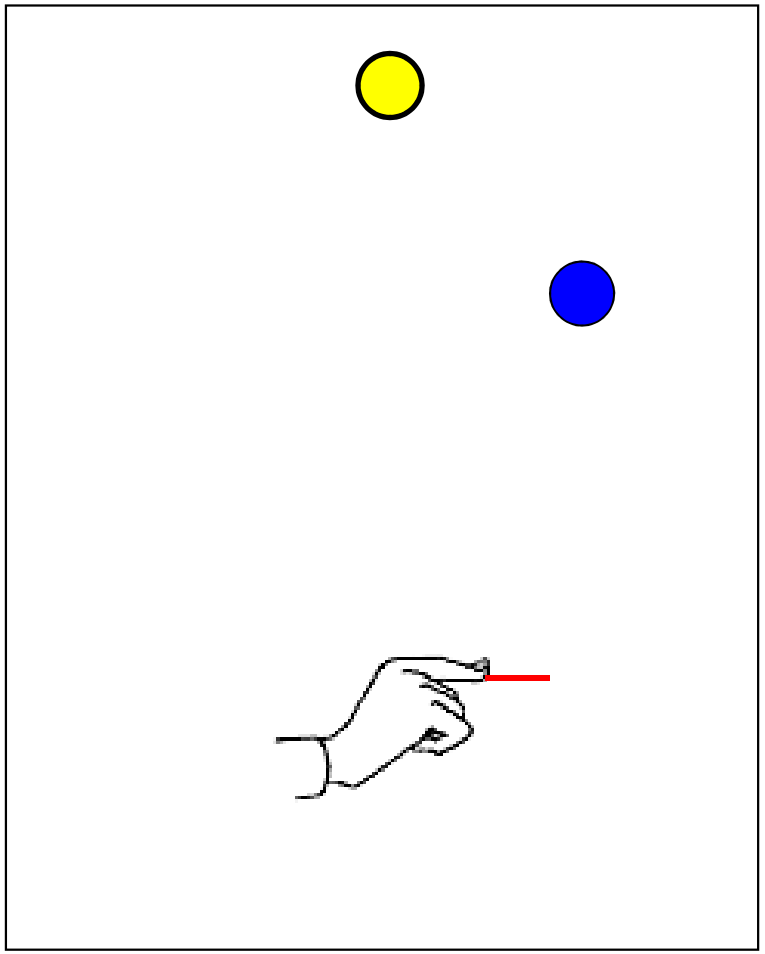
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



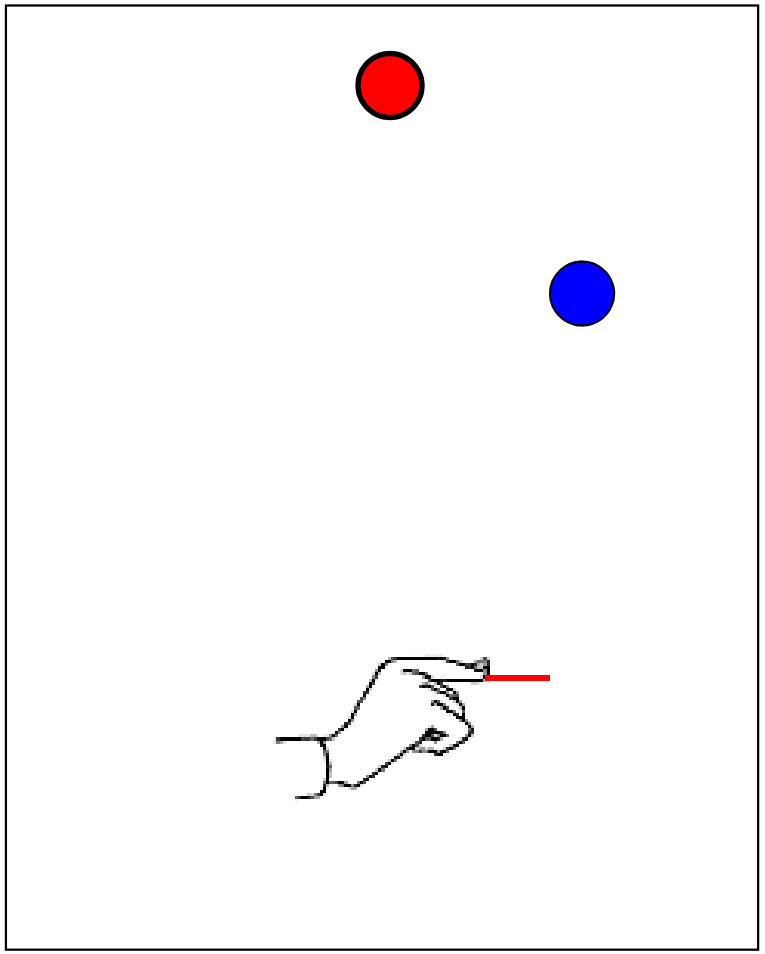
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



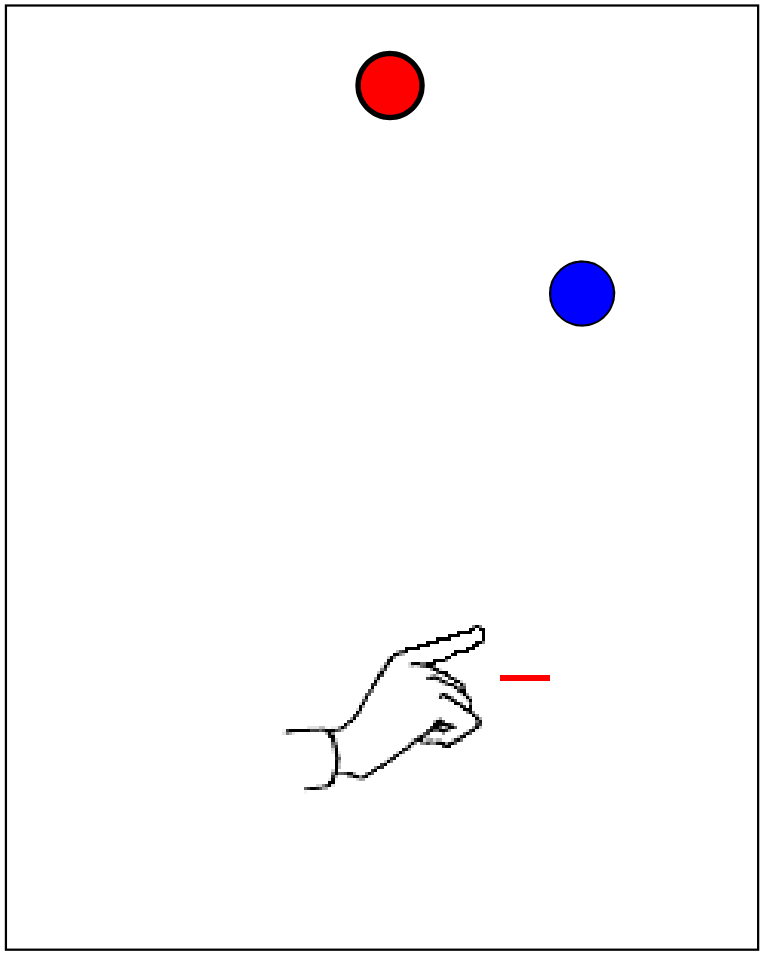
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



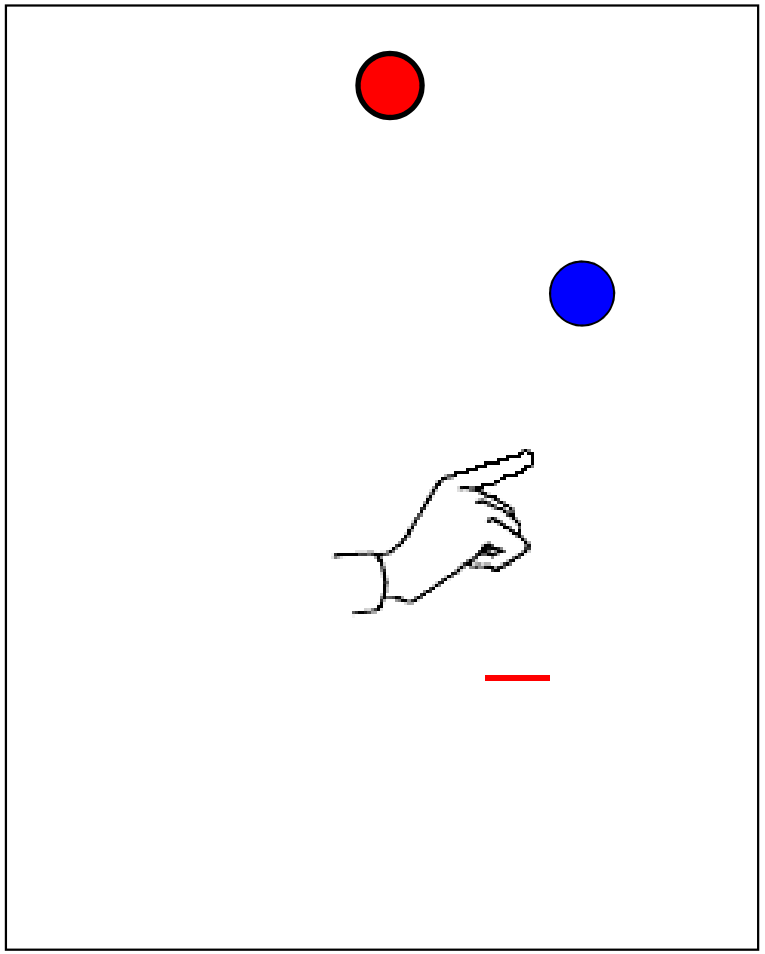
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



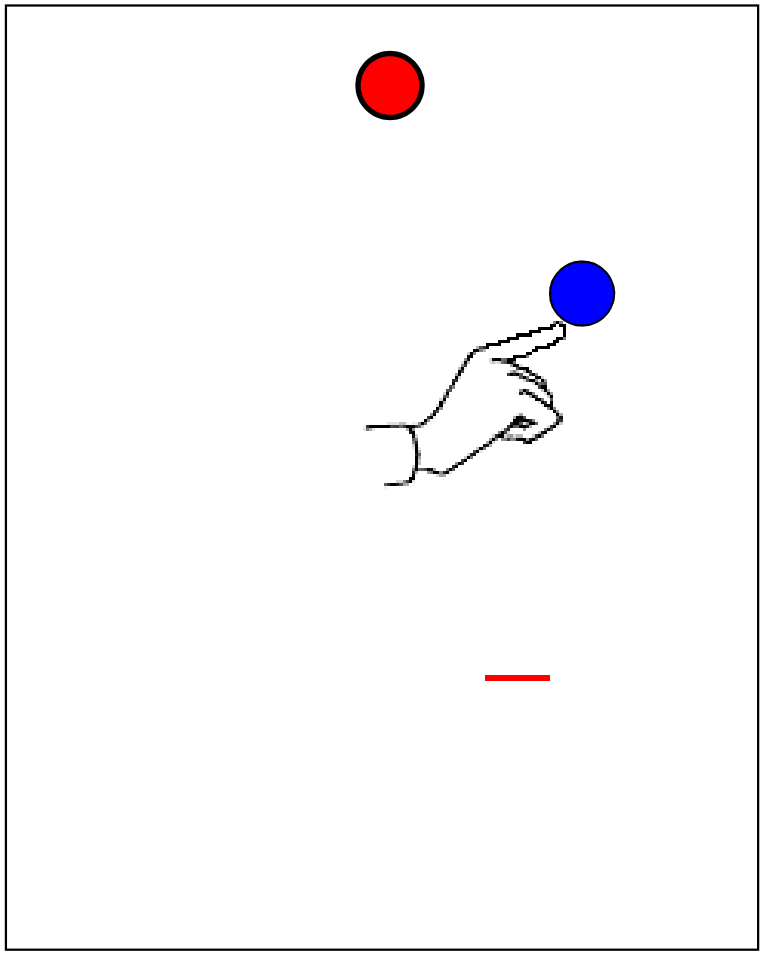
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



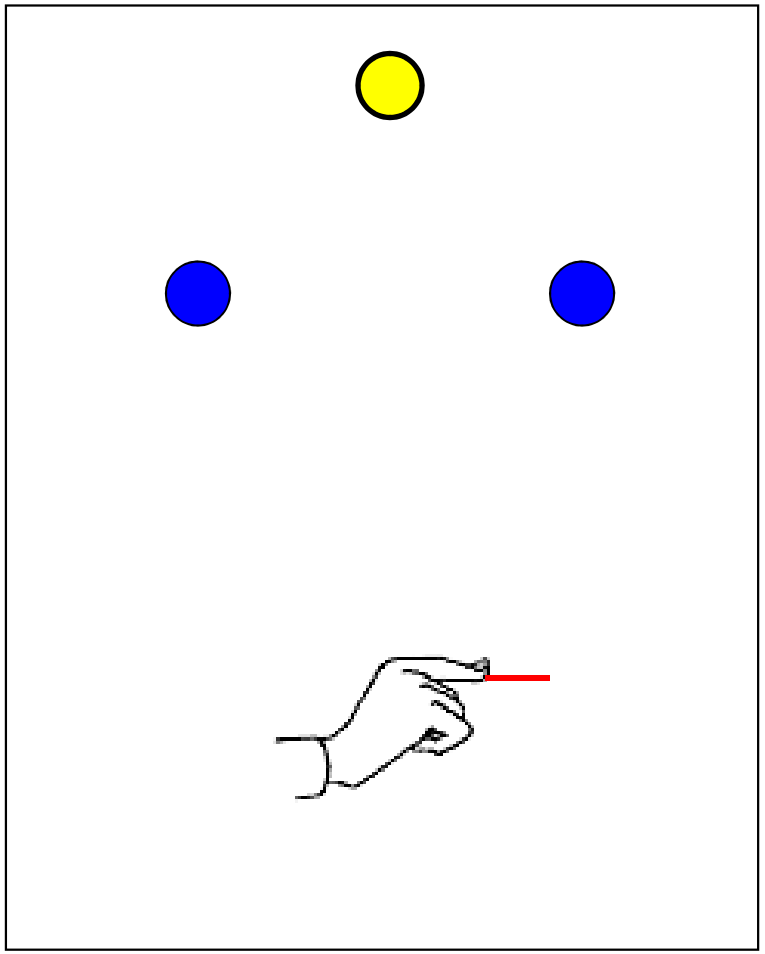
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



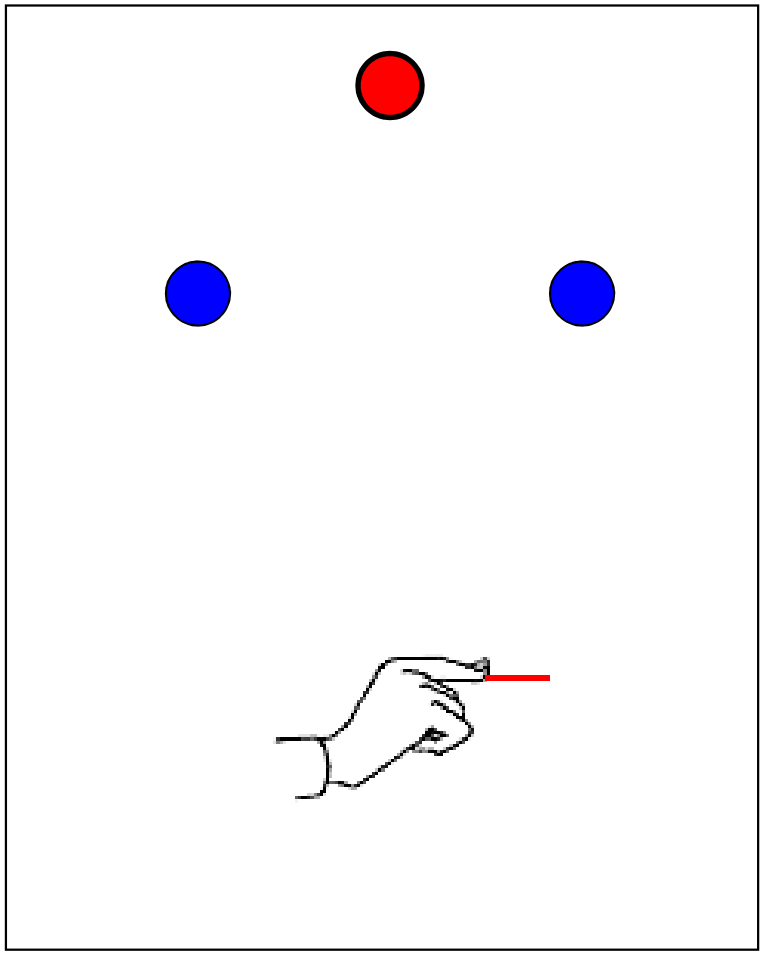
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



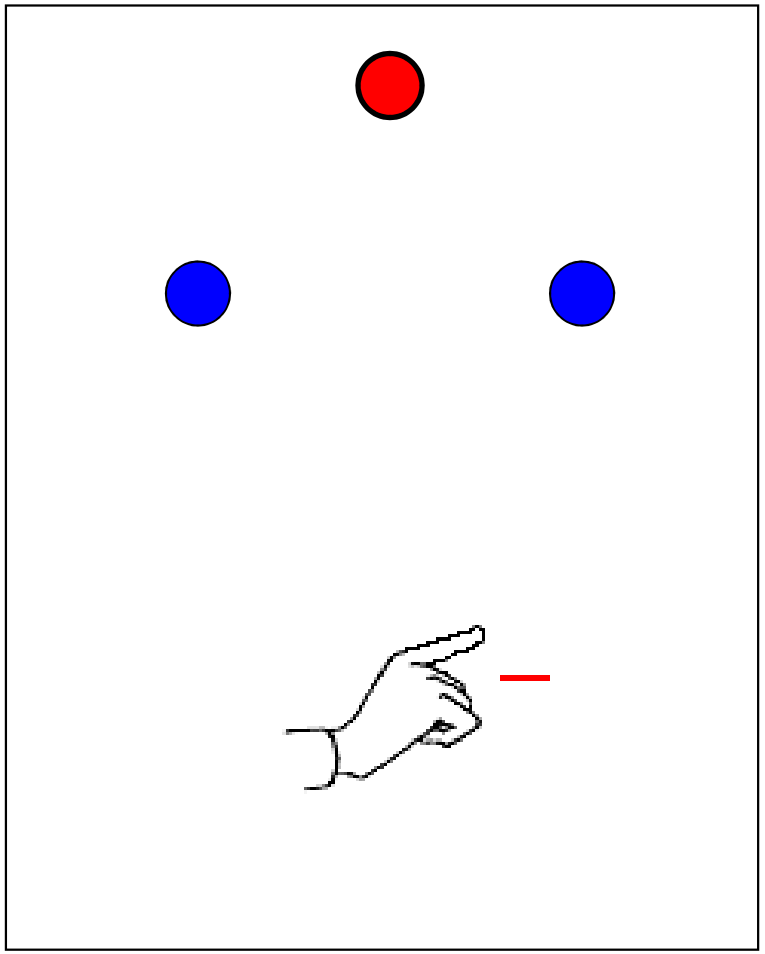
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



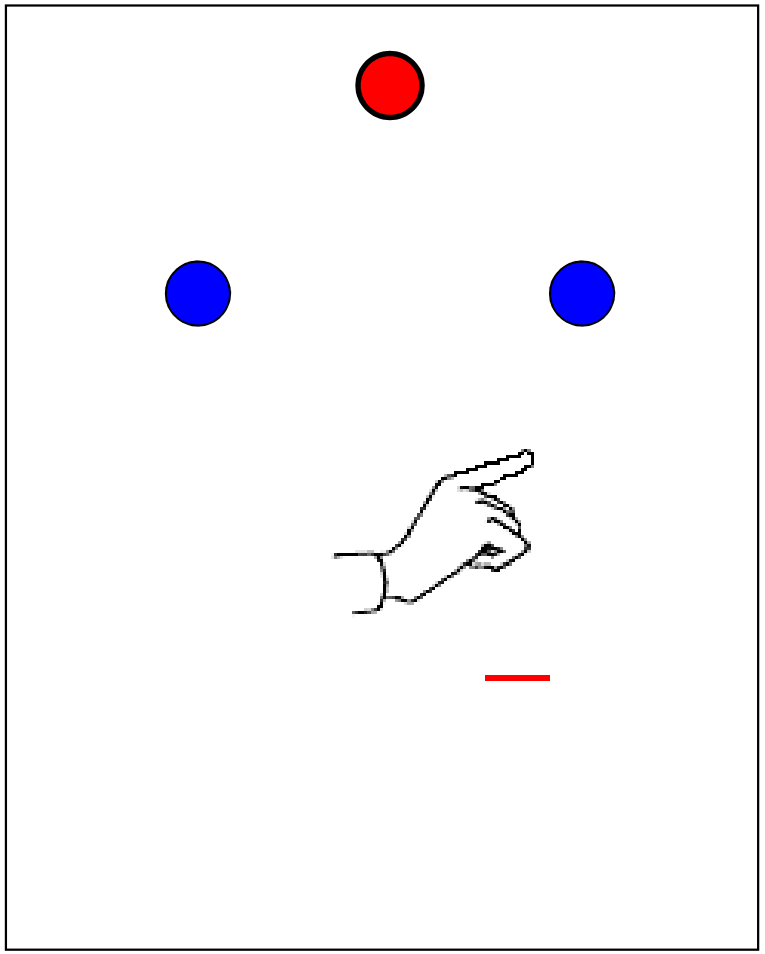
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



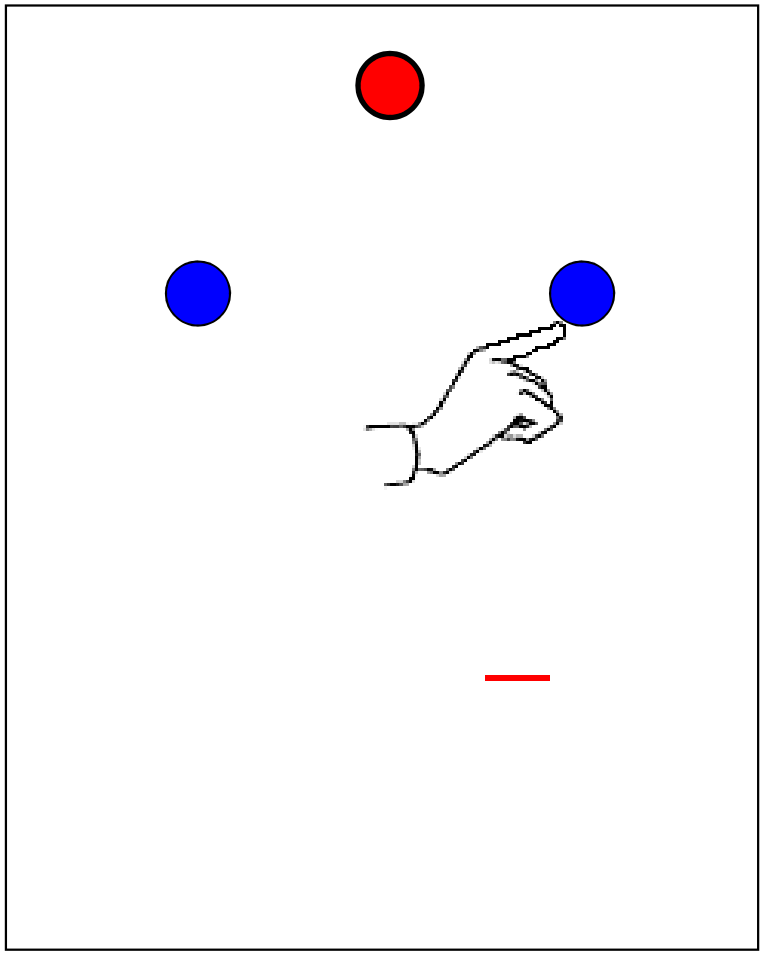
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



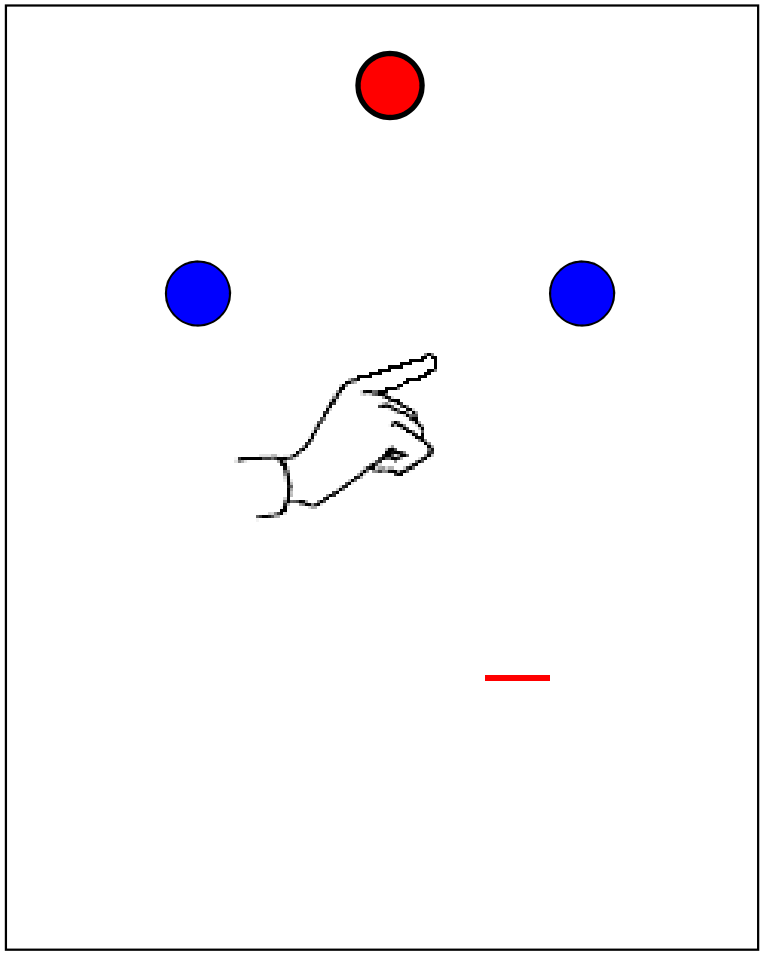
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



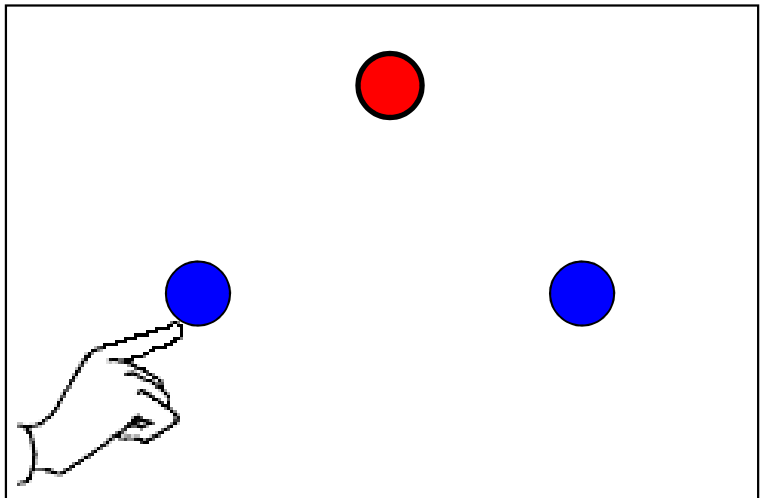
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



L'expérience de Henry et Rogers (1961)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



S'il n'y a pas de programmation du mouvement, les sujets ne font que réagir au signal

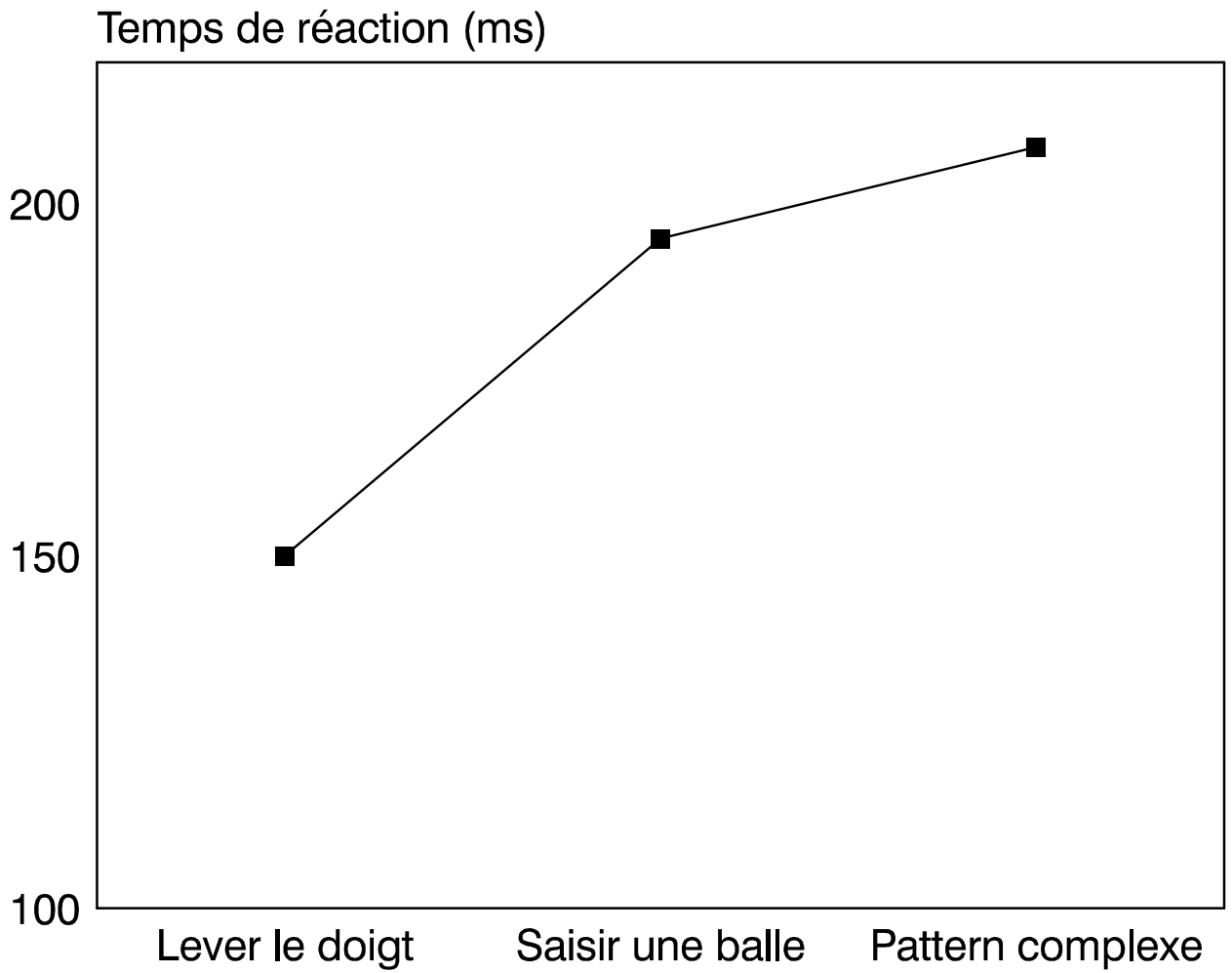
→ Quelle que soit la complexité du mouvement, le TR sera identique

Si le mouvement est programmé à l'avance

→ Le TR doit être plus long quand la séquence de mouvement à réaliser est plus complexe

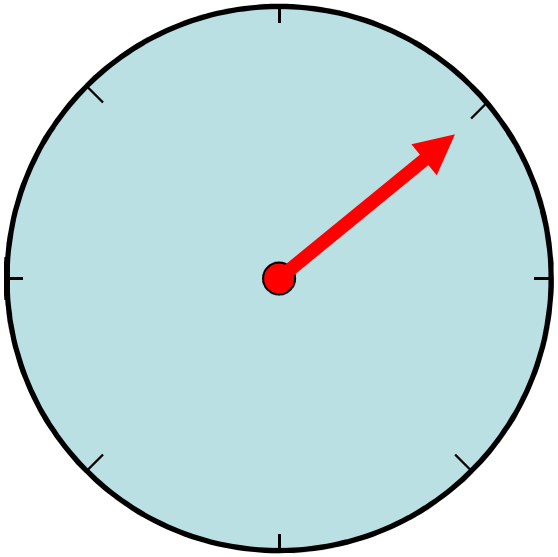
L'expérience de Henry et Rogers (1961)

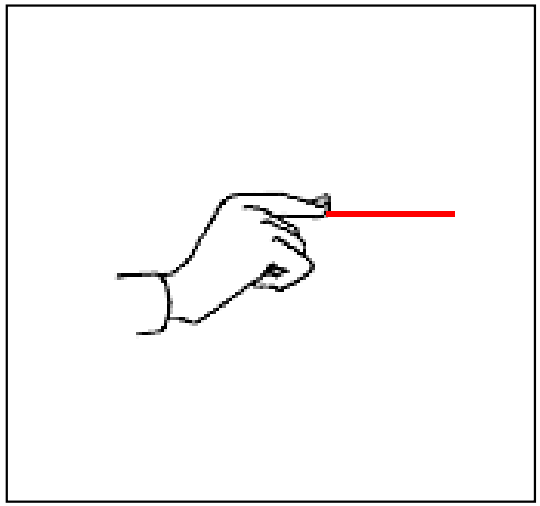
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



Influence de la complexité du mouvement
sur le temps de réaction
(d'après Henry & Rogers, 1961)

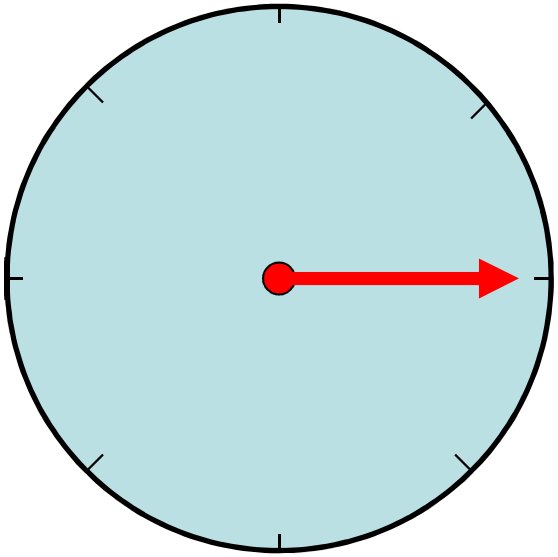
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

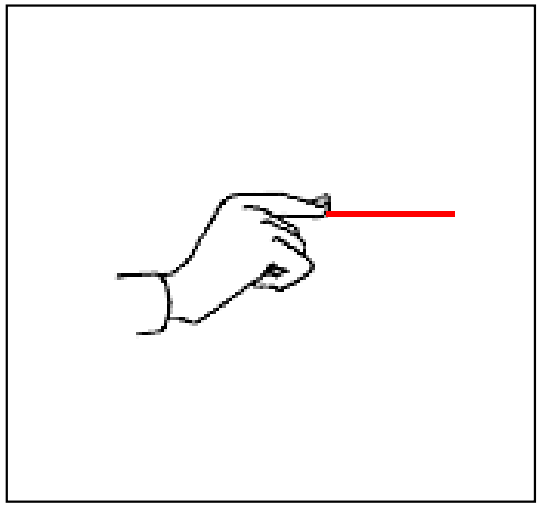




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

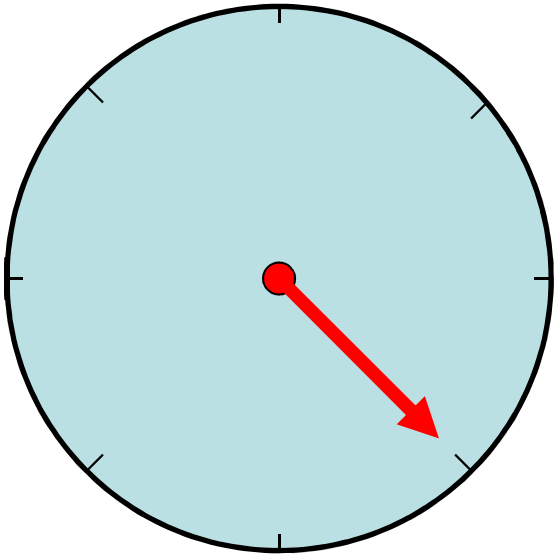
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

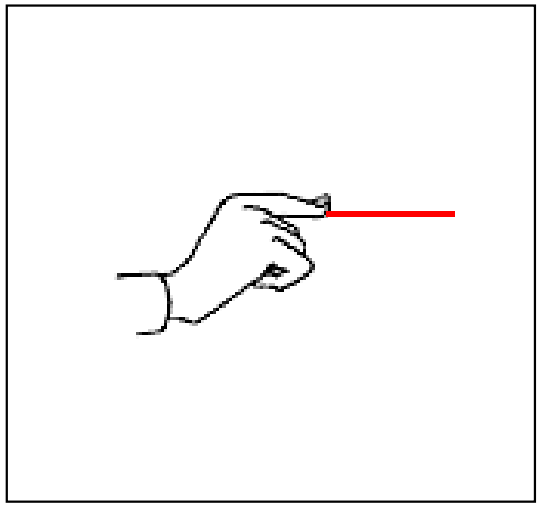




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

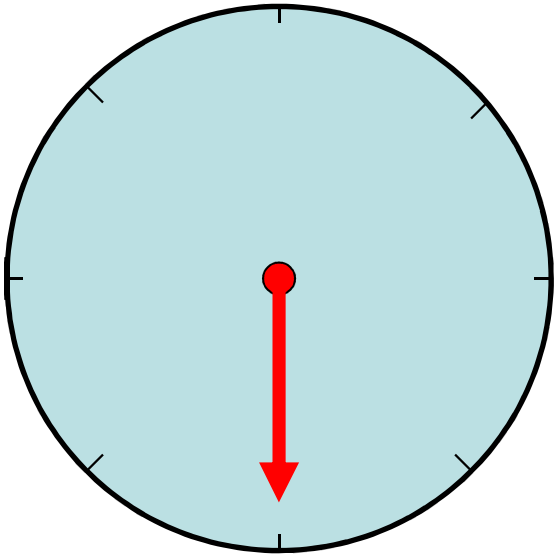
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

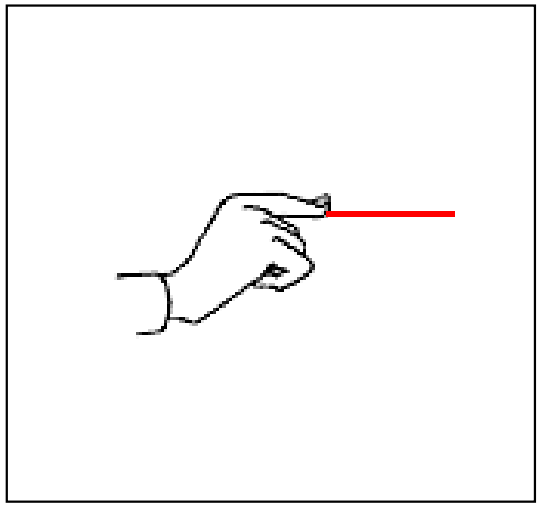




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

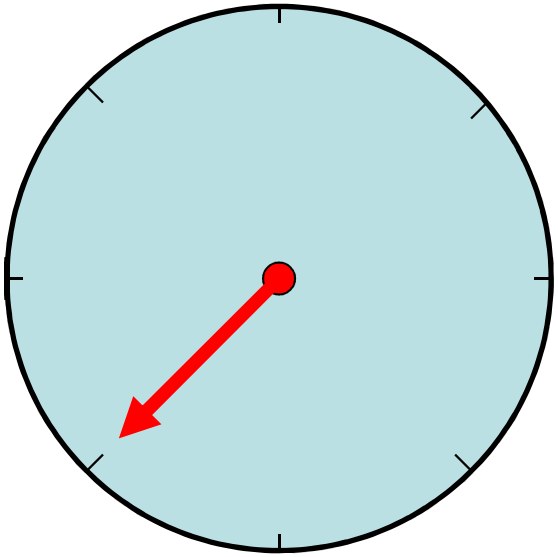
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

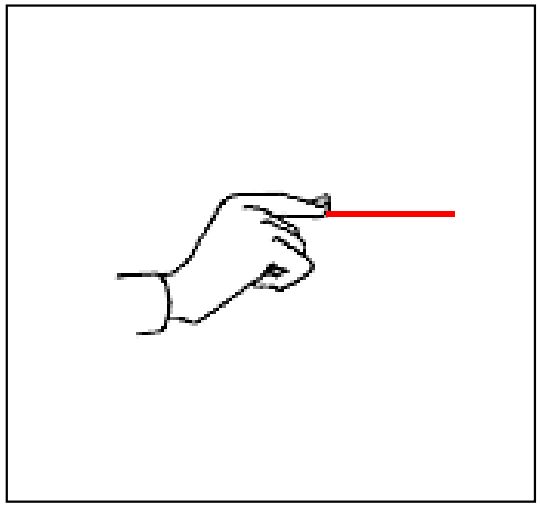




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

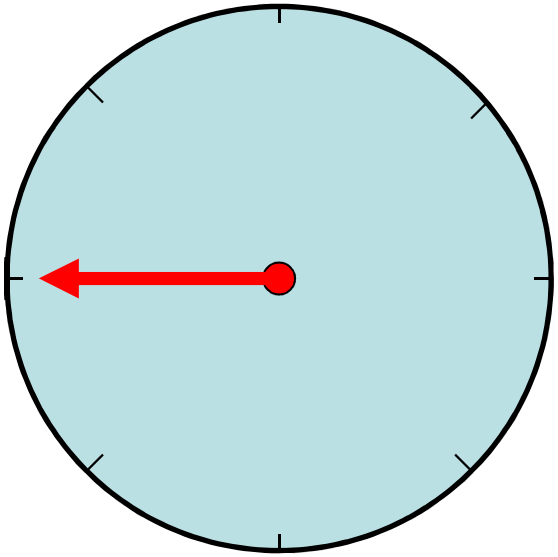
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

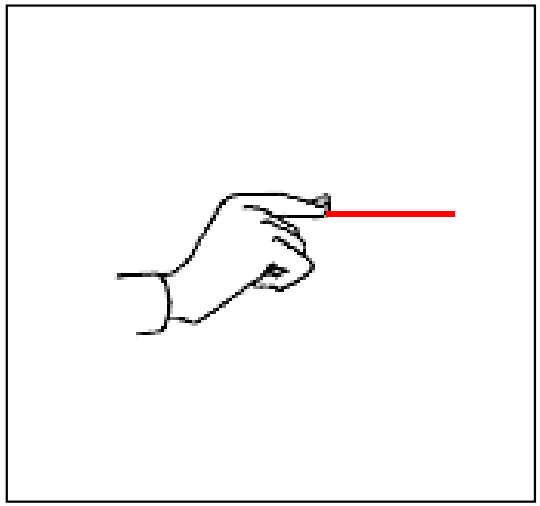




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

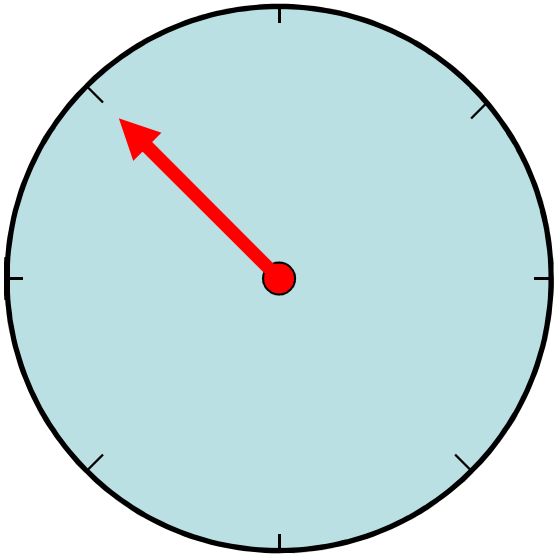
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

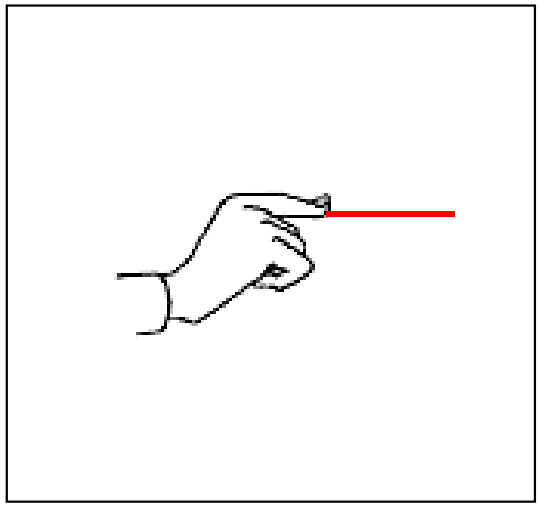




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

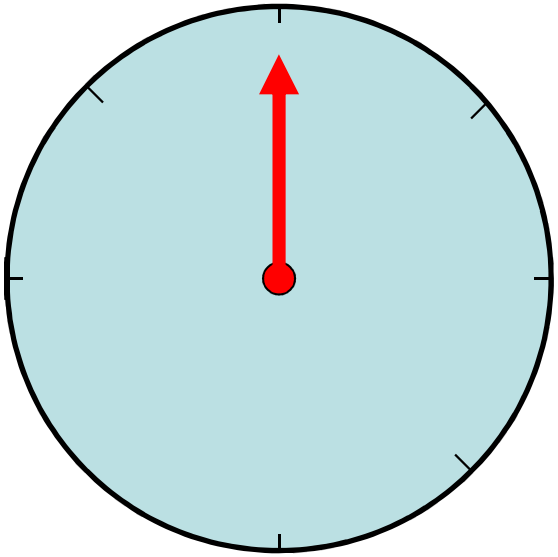
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

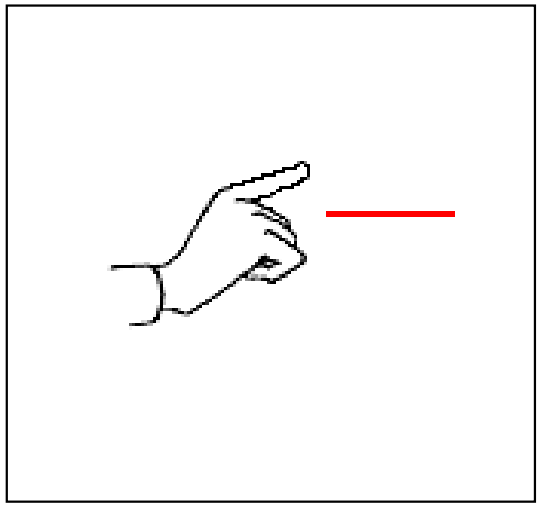




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

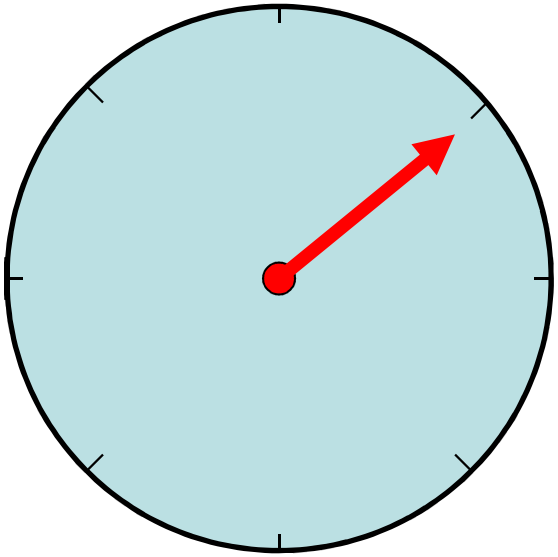
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

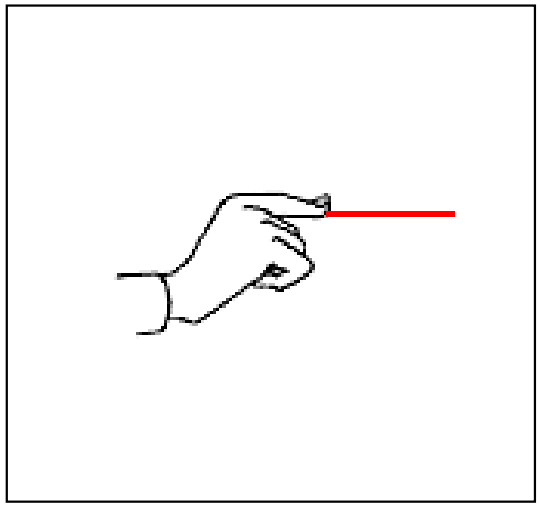




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

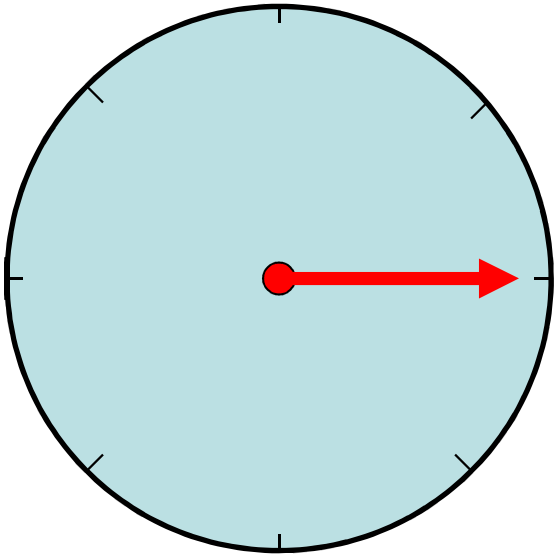
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

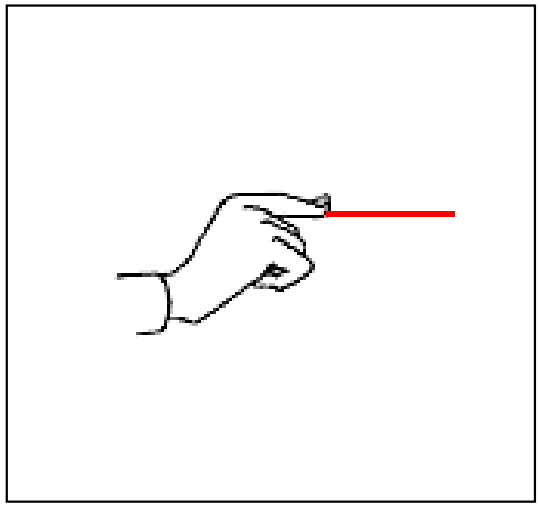




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

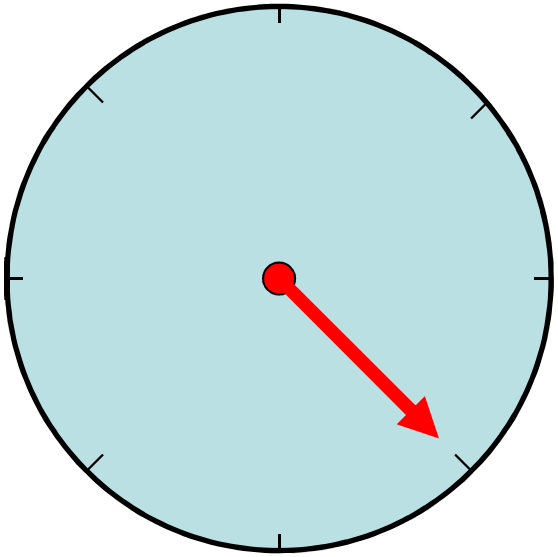
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

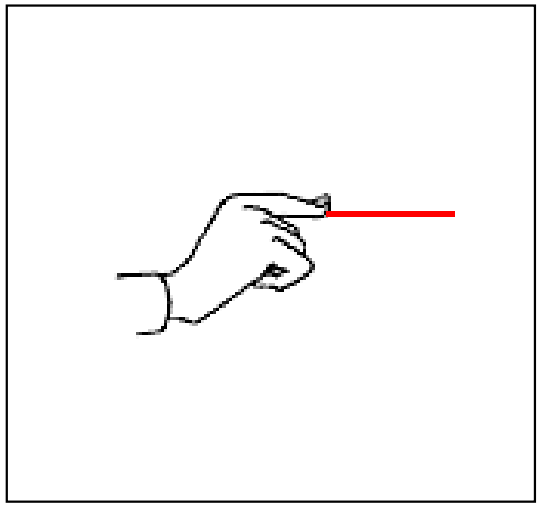




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

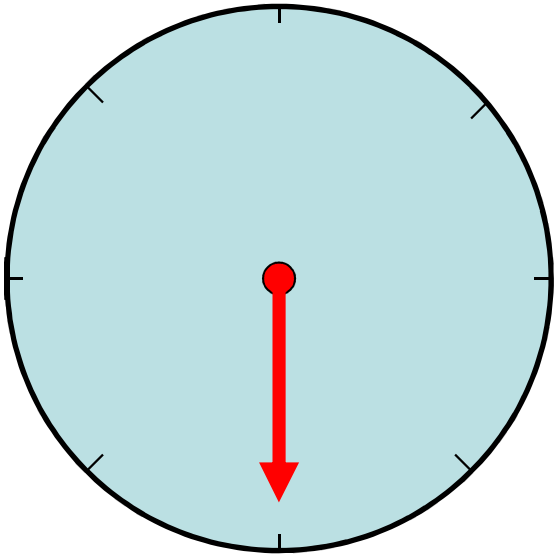
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

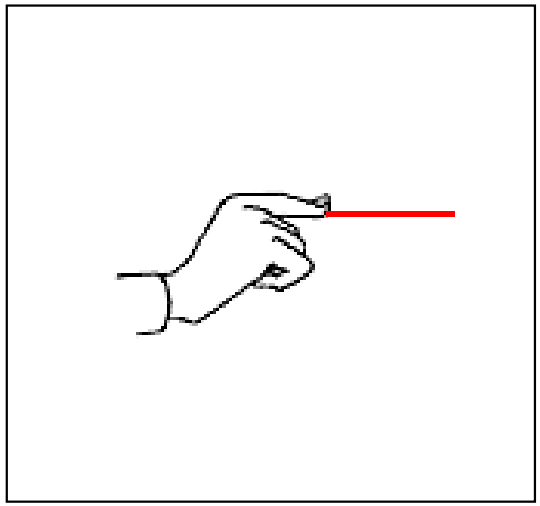




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

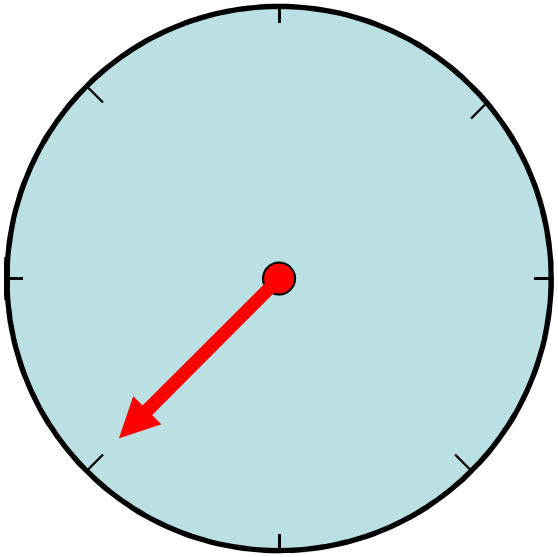
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

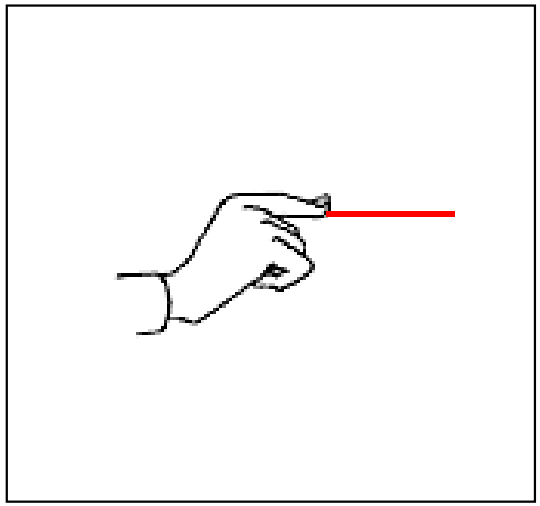




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

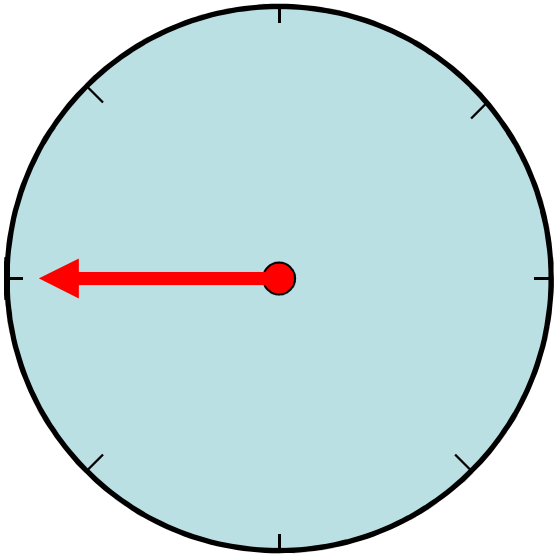
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

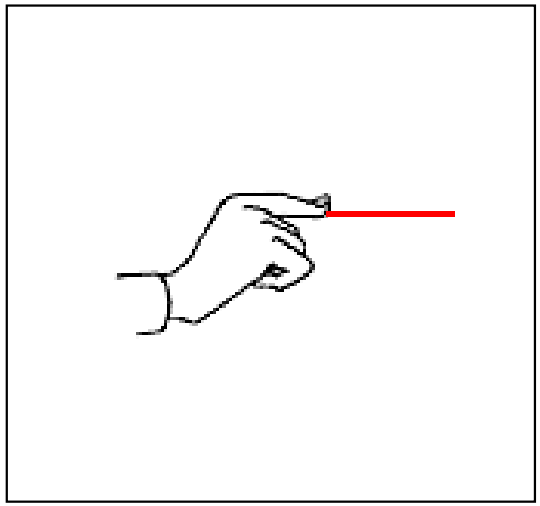




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

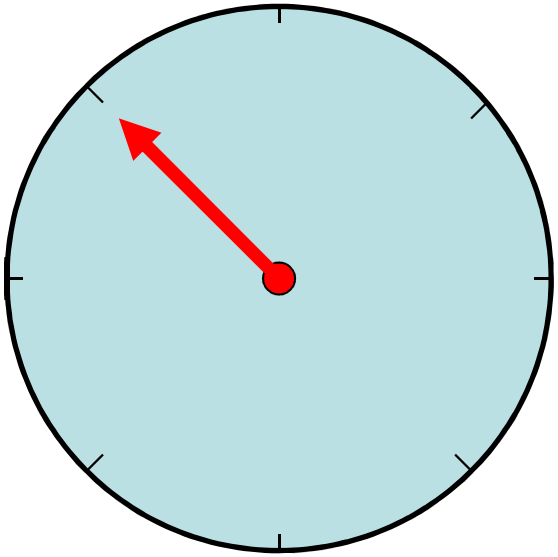
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

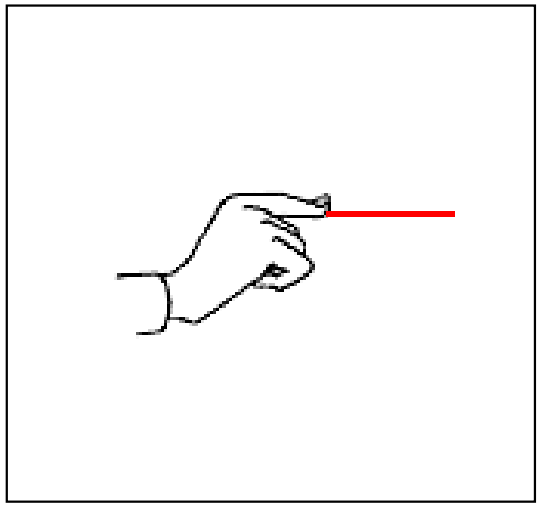




L'expérience de Stater-Hammer (1960)

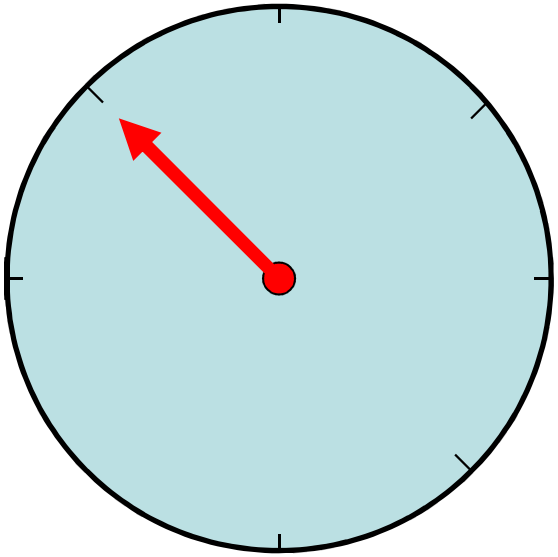
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

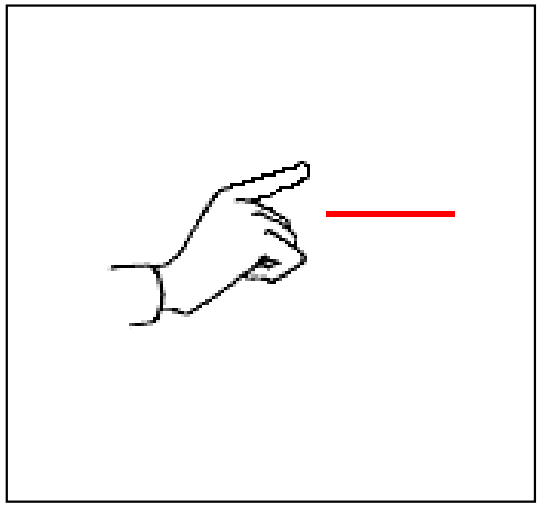




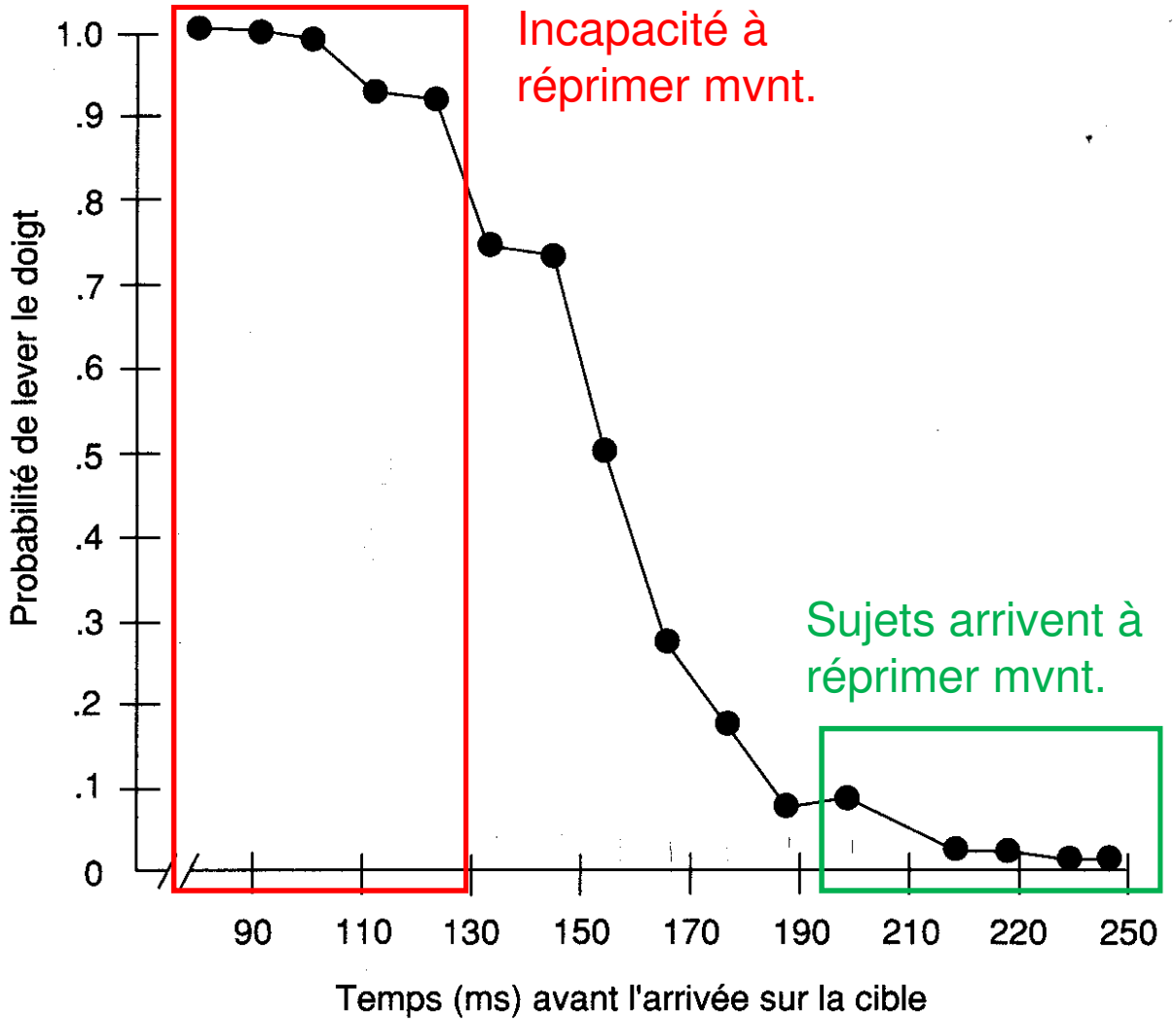
L'expérience de Stater-Hammer (1960)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

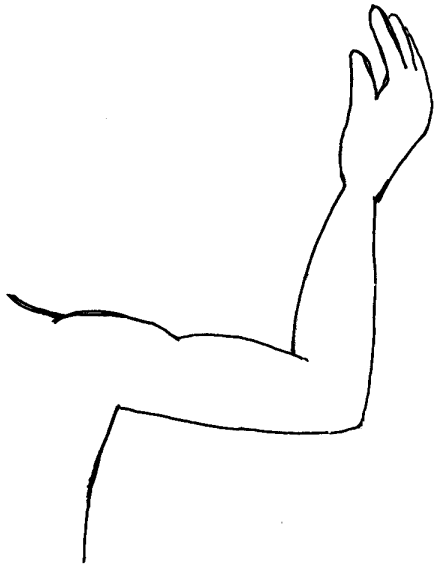




L'expérience de Stater-Hammer (1960)



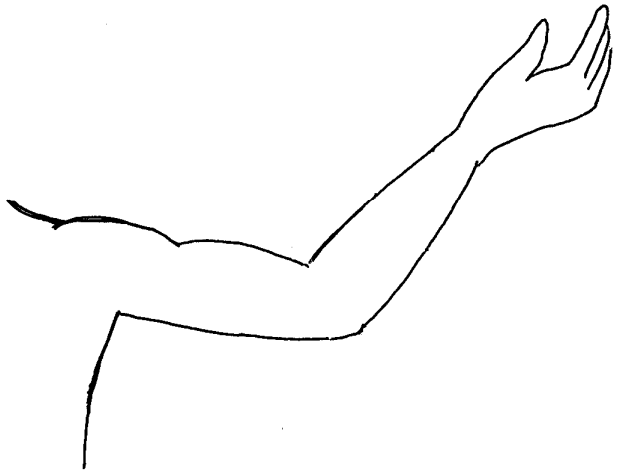
Probabilité de lever le doigt, malgré l'arrêt de l'aiguille, en fonction de l'intervalle temporel avant la graduation cible, dans l'expérience de Slater-Hammer (1960)



Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

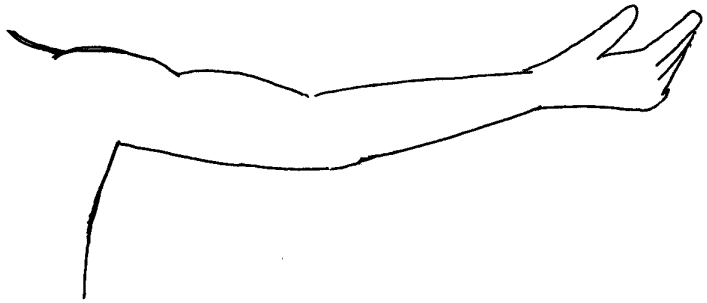
L'expérience de Wadman,
Denier van der Gon, Geuze et Mol (1979)

Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs

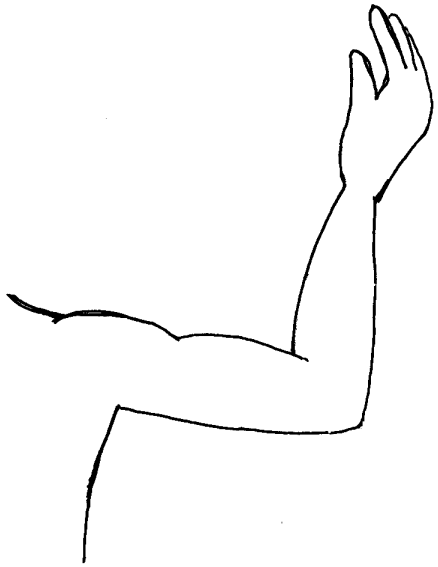


L'expérience de Wadman,
Denier van der Gon, Geuze et Mol (1979)

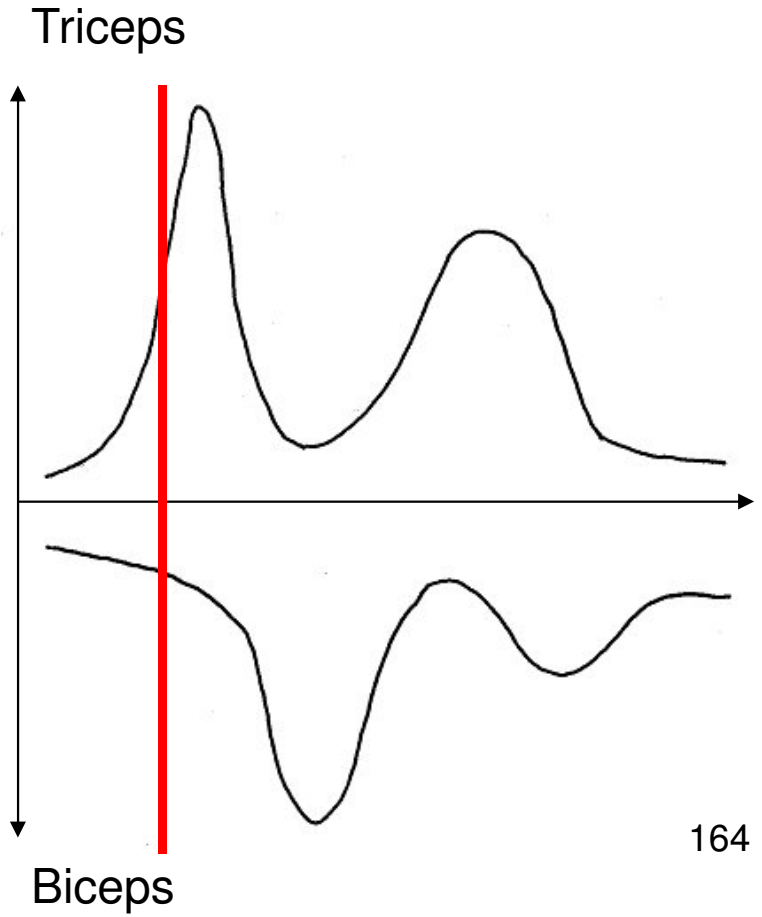
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



L'expérience de Wadman,
Denier van der Gon, Geuze et Mol (1979)

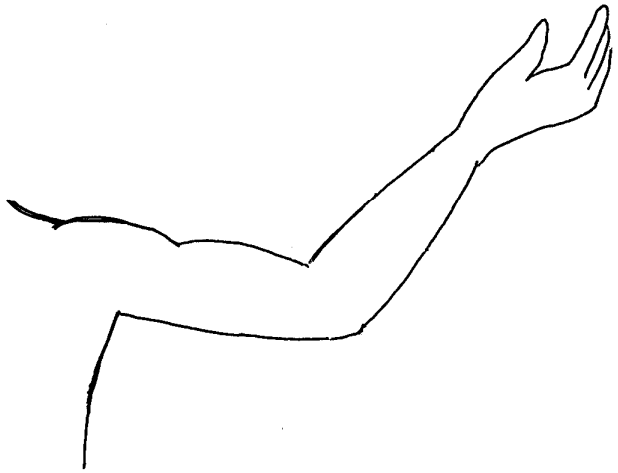


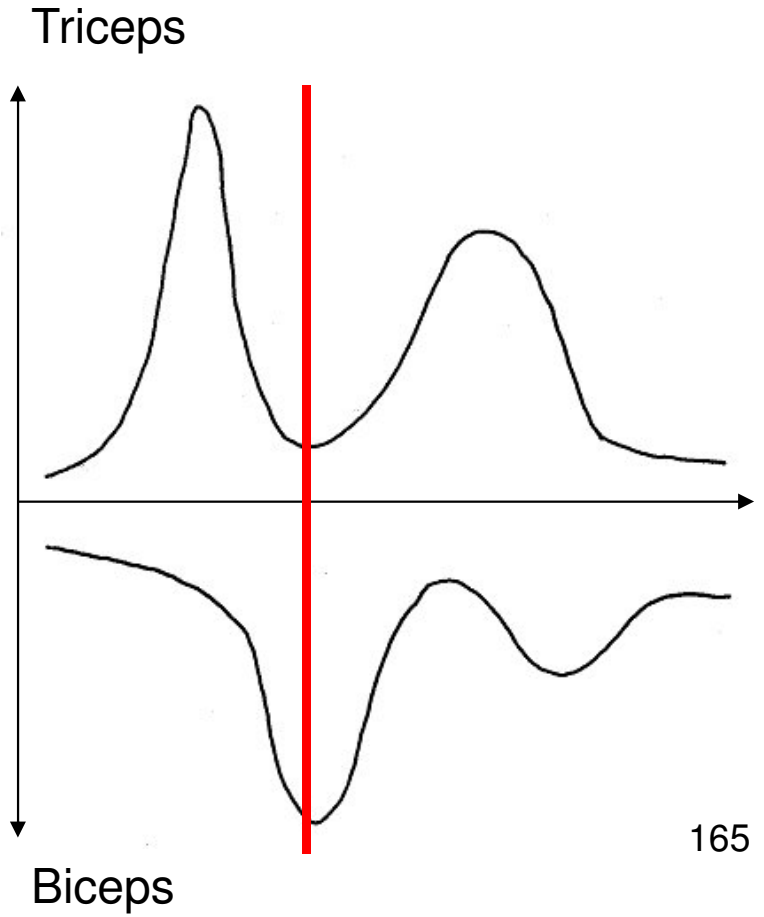
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



L'expérience de Wadman,
Denier van der Gon, Geuze et Mol (1979)

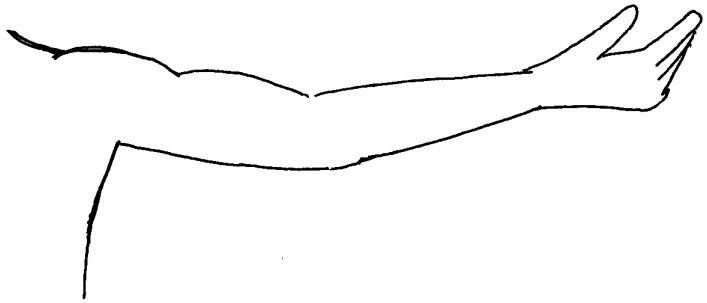
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



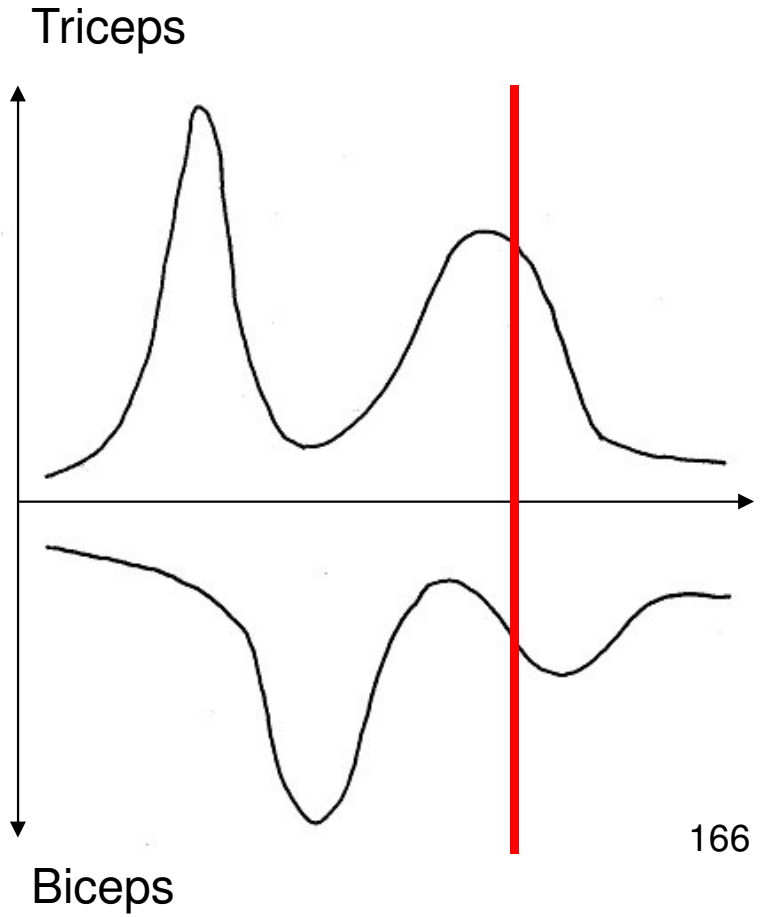


L'expérience de Wadman,
Denier van der Gon, Geuze et Mol (1979)

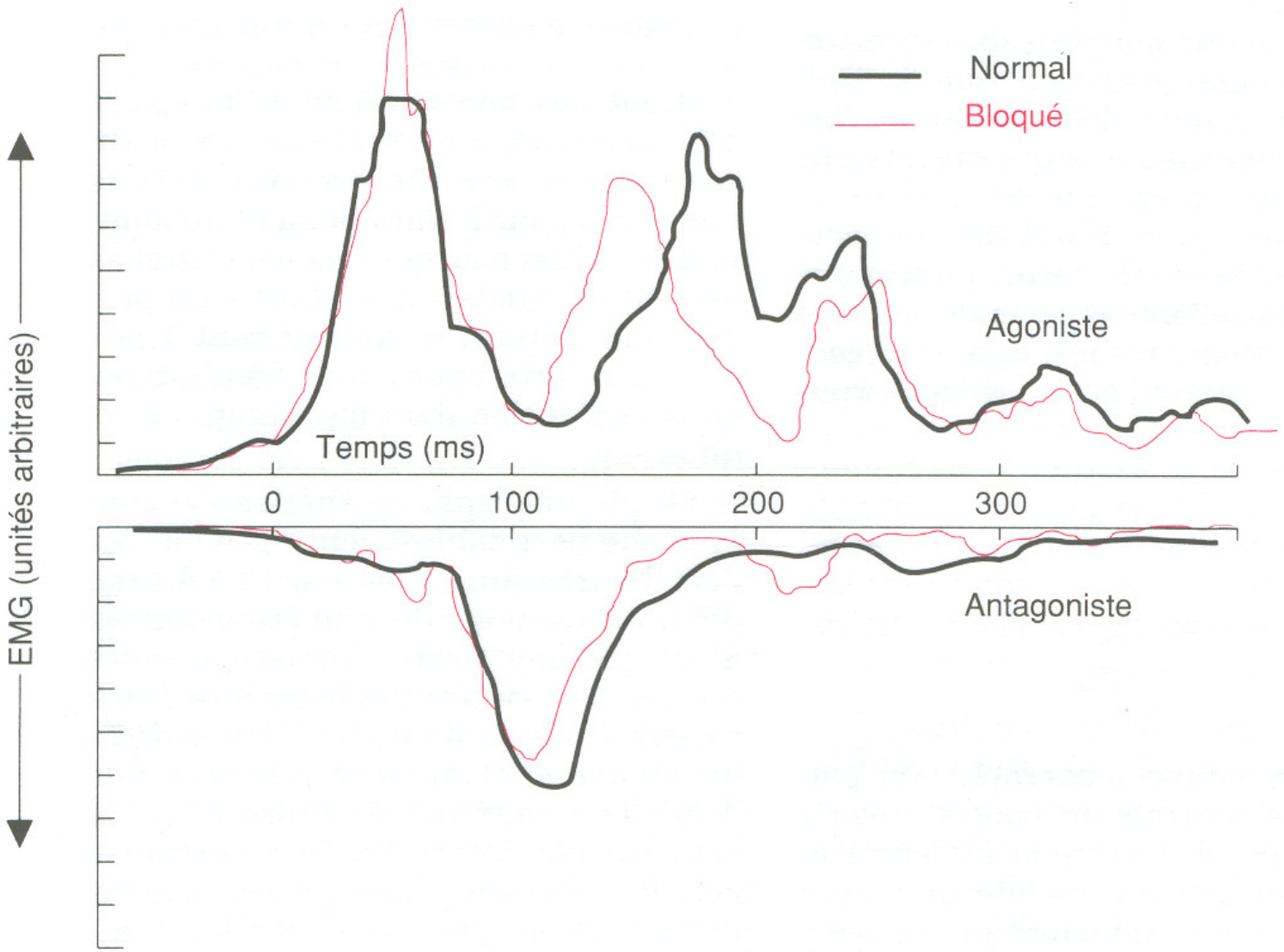
Des arguments en faveur de la théorie des programmes moteurs



Condition "contrôle" *vs.* **Condition "blocage aléatoire"**



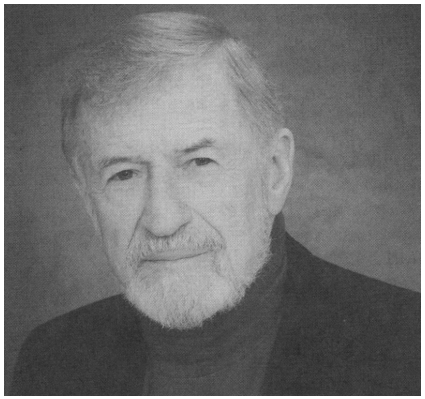
L'expérience de Wadman,
Denier van der Gon, Geuze et Mol (1979)



Activité EMG de l'agoniste (triceps) et de l'antagoniste (biceps) dans un mouvement rapide d'extension du coude. Les tracés rouges représentent un mouvement qui a été bloqué mécaniquement au départ (d'après Wadman, Denier van der Gon, Geuze & Mol, 1979)

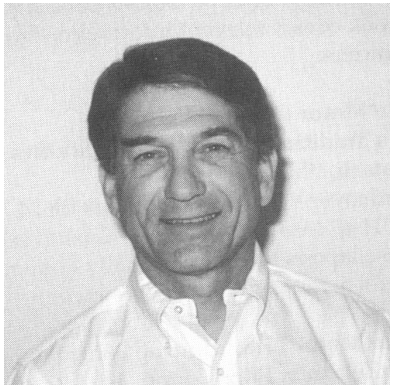
Programmes et Schémas moteurs

Que comportent-ils?



Début des années 70: le concept de programme moteur est admis par Adams (1971), sur le mode « one-to-one »

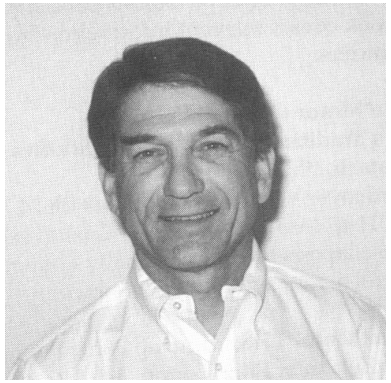
En 1975, l'argument économique de Schmidt: une telle spécialisation des programmes finirait par poser des problèmes de stockage/restitution



Schmidt propose une alternative plus réaliste:

la Théorie du Schéma

La théorie du Schéma de Schmidt (1975)



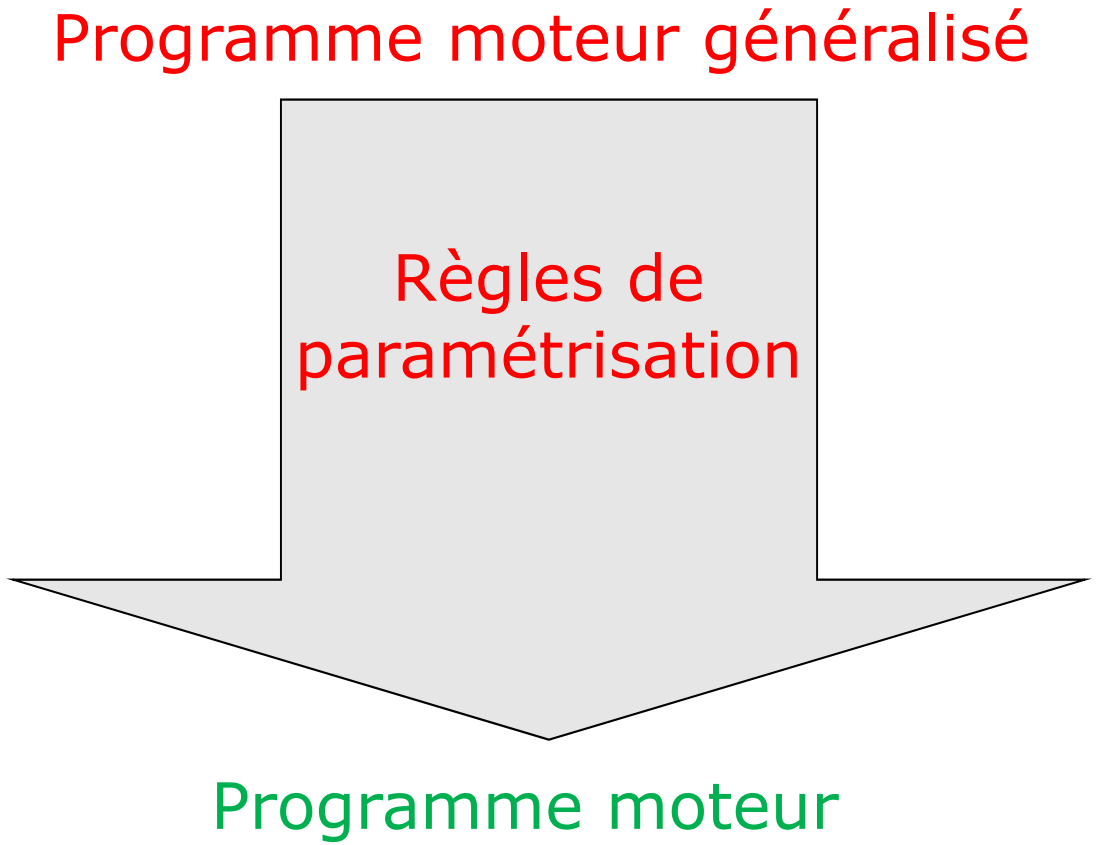
L'habileté est sous-tendue par deux types de représentations:

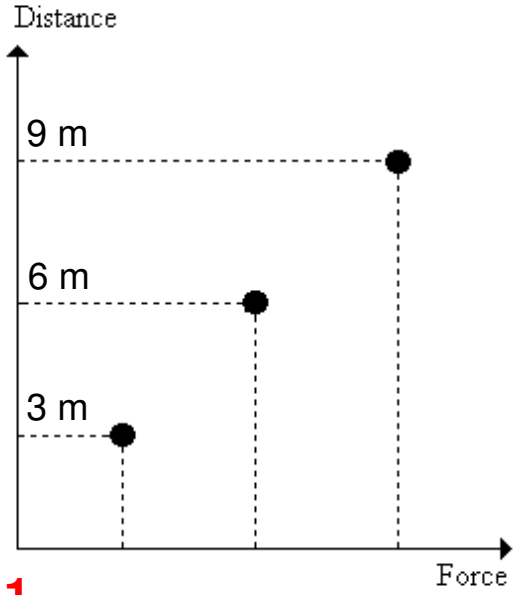
- Le programme moteur généralisé (PMG)
- Les règles de paramétrisation

Ces représentations sont construites au cours de l'apprentissage et stockées en mémoire

Un programme moteur généralisé (PMG) n'est pas spécifique à une tâche, mais s'applique à une catégorie de tâches

Les règles de paramétrisation permettent d'adapter le PMG aux spécificités de la tâche





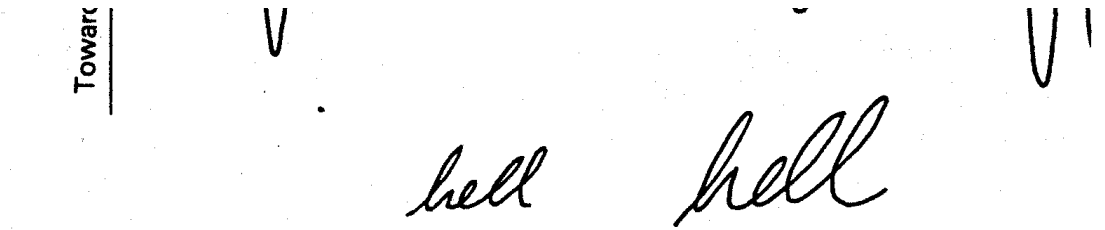
1.

Les étapes de construction d'une règle de paramétrisation d'un programme de lancer (d'après Schmidt, 1982).

"Apprendre"
=
construire le Programme Moteur Généralisé et construire les règles de paramétrisation

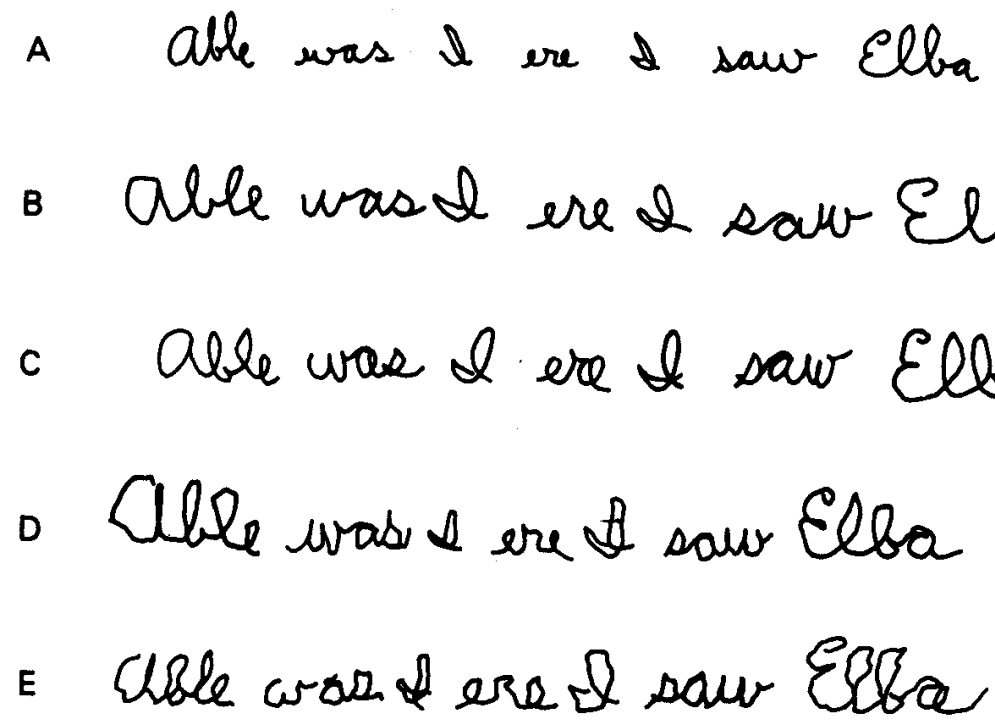
Qu'est-ce qui est codé dans les PMG?

C'est la structure rythmique du mouvement qui est codée dans le PMG, non pas le détail des actions des effecteurs



Patterns d'accélération produits en écrivant le mot "hell",
en fonction de l'amplitude de l'écriture
(d'après Hollerbach, 1978)

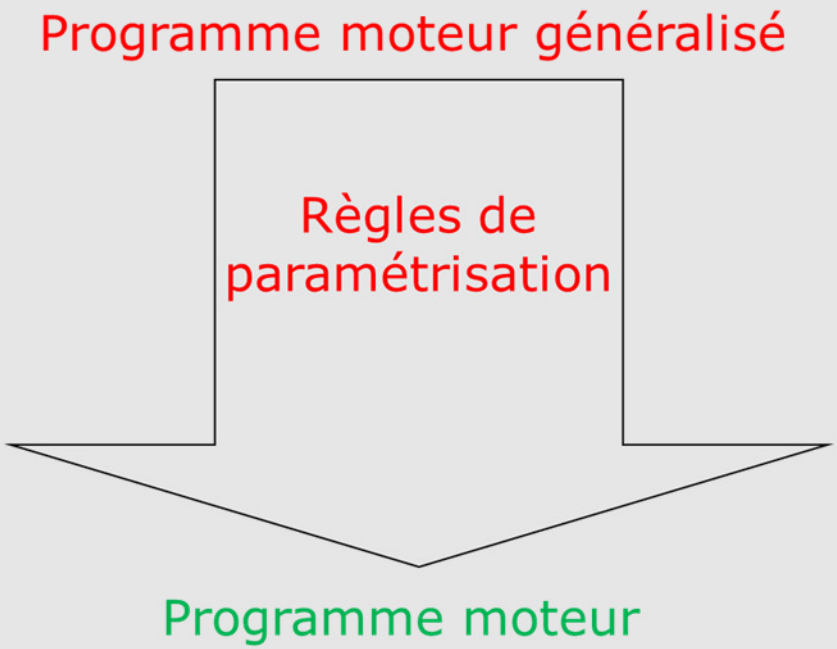
Qu'est-ce qui est codé dans les PMG?



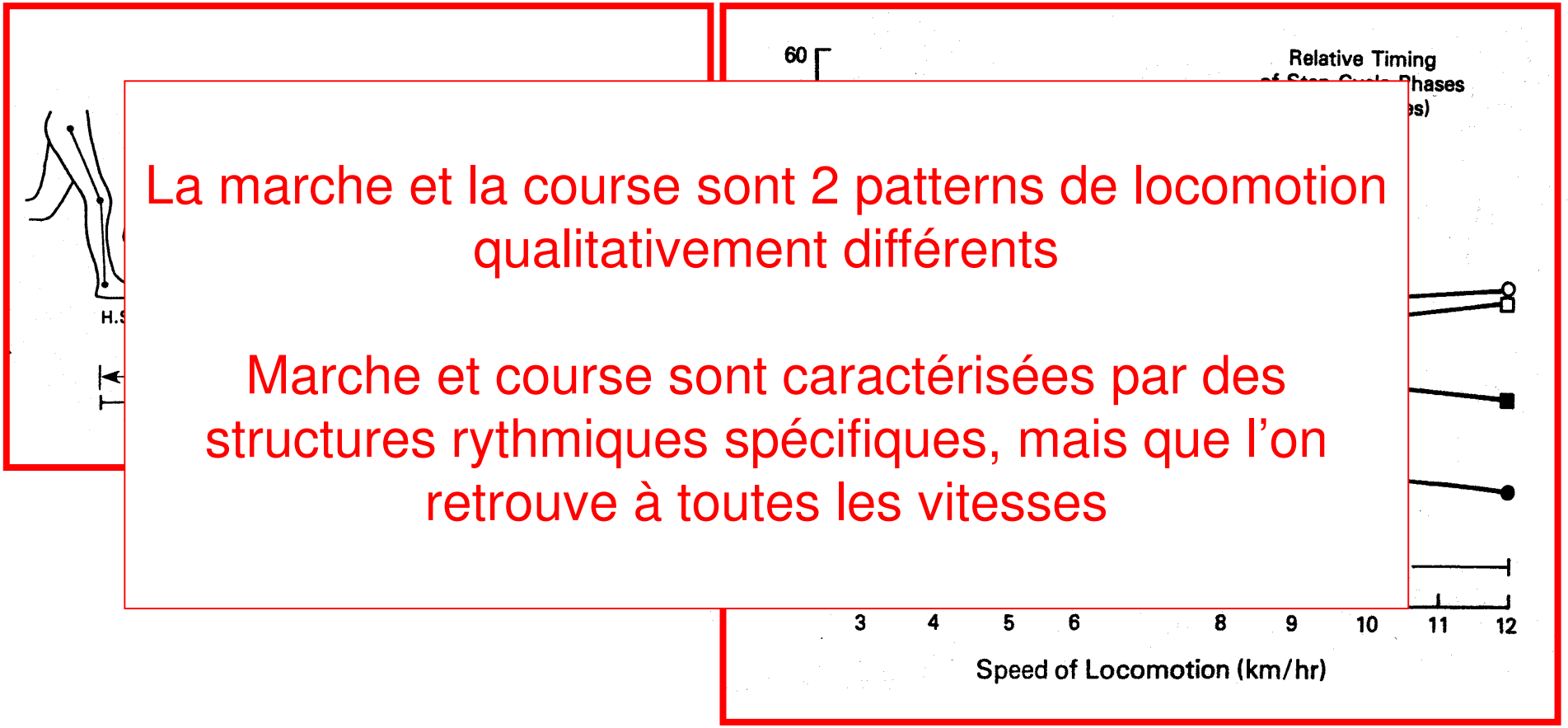
Similarités d'écriture obtenues avec différents effecteurs.
a.: Main droite (dominante)
b.: Main droite avec poignet immobilisé
c.: Main gauche
d.: Stylo entre les dents
e.: Stylo scotché sur le pied
(d'après Raibert, 1977)

Qu'est-ce qui est codé dans les PMG?

Les règles de paramétrisation permettent d'adapter le PMG aux spécificités de la tâche



Qu'est-ce qui est codé dans les PMG?



La marche et la course sont 2 patterns de locomotion qualitativement différents

Marche et course sont caractérisées par des structures rythmiques spécifiques, mais que l'on retrouve à toutes les vitesses

Pourcentage de la durée du cycle représentée par les quatre phases du pas, pour la marche (de 3 à 6 km/h) et pour la course (de 8 à 12 km/h)

Shapiro, Zernicke, Gregor & Diestel (1981)

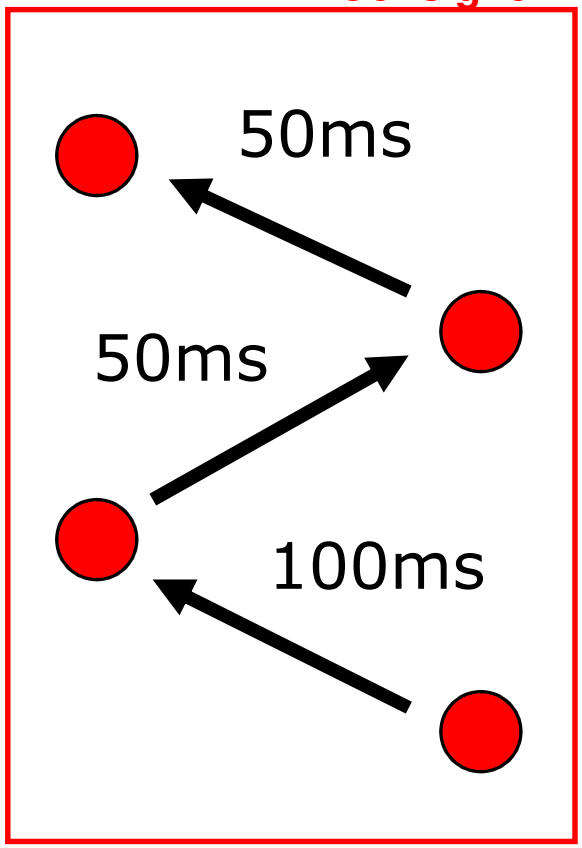
Le PMG contient les invariants et notamment la structure temporelle du mouvement

Expérimentalement, on rend donc compte du PMG en analysant les rapports de temps

Les règles de paramétrisation sont au contraire révélées par la mesure du temps absolu

Quand on fait apprendre à des sujets, 2 résultats possibles:

Consigne 1

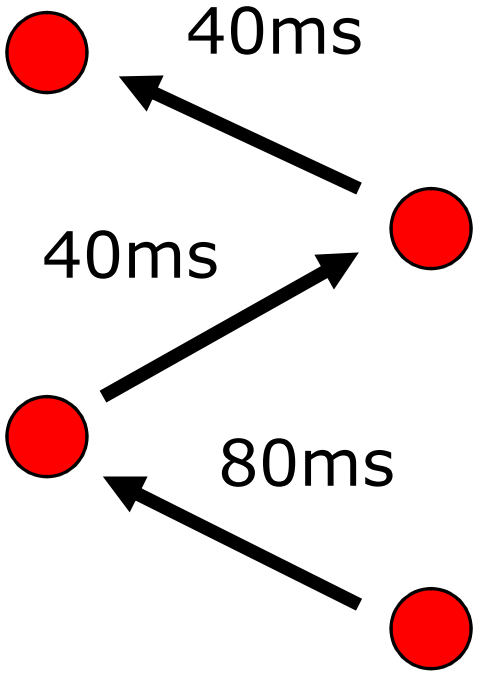


Consigne 2

Temps total
200ms

PMG+

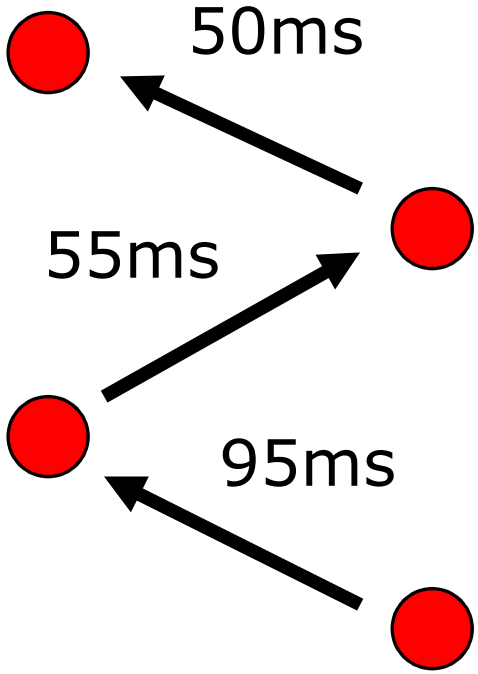
RP-



Temps total
160ms

PMG-

RP+



Temps total
200ms

Plan du cours

Introduction : définitions

1. Habileté et traitement de l'information
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente
3. Les étapes de l'apprentissage moteur
4. Apprentissage et efficience
5. Apprentissage et conditions d'apprentissage
6. Apprentissage et connaissances

2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente

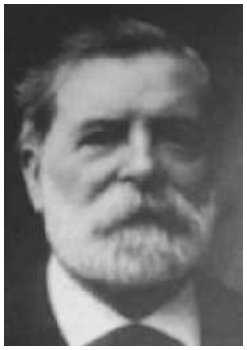
2.1. Théories prescriptives et théories dynamiques

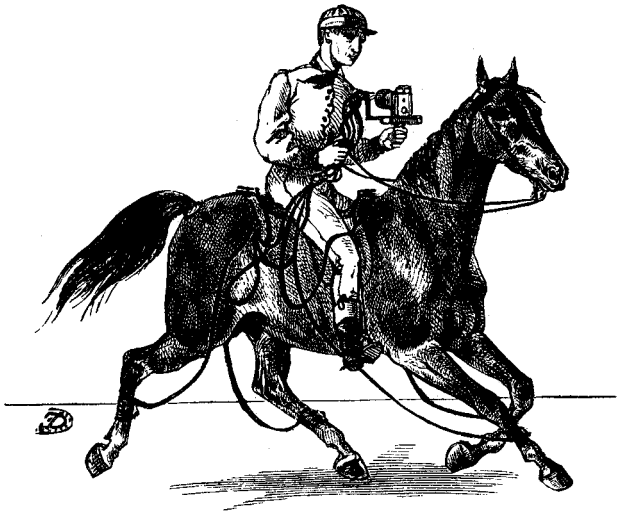
2.2. Complexité et auto-organisation

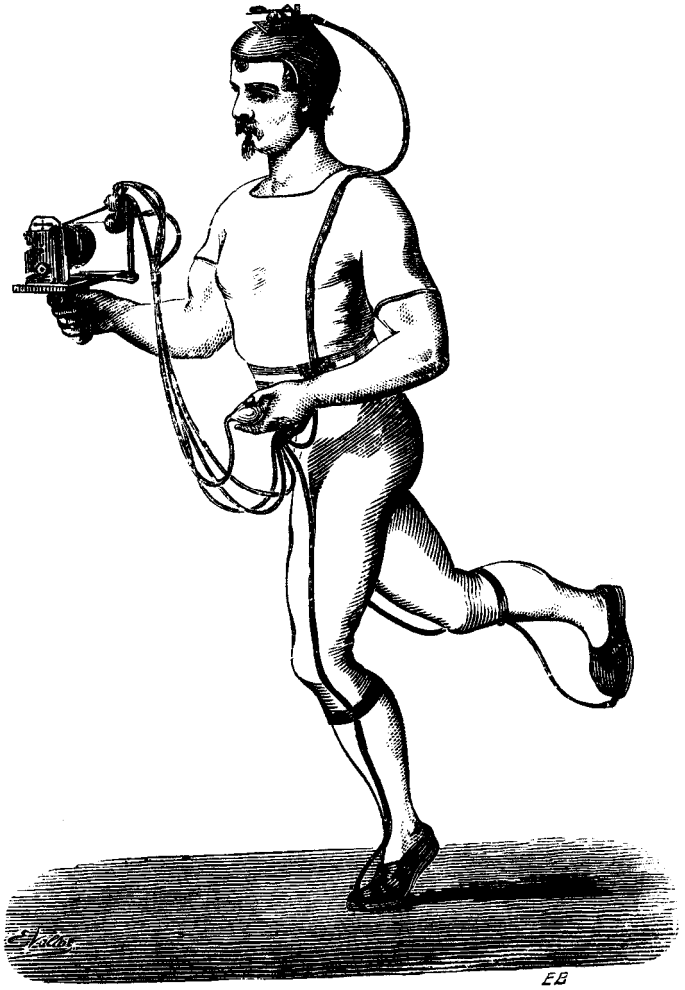
2.3. L'approche dynamique des coordinations motrices

Deux précurseurs:

Jules Marey. Inventeur de le chronophotographie





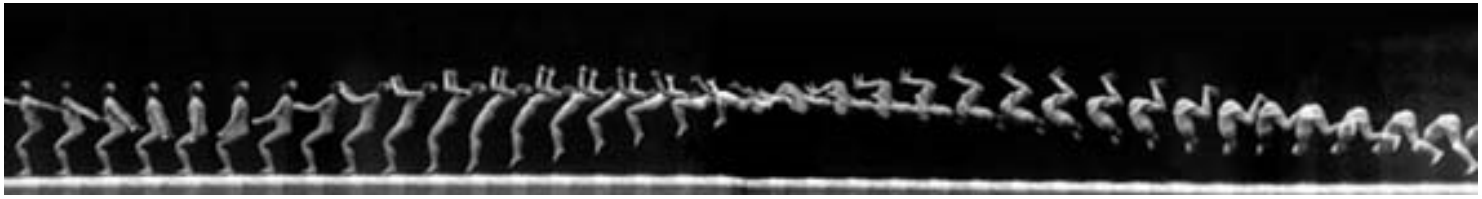


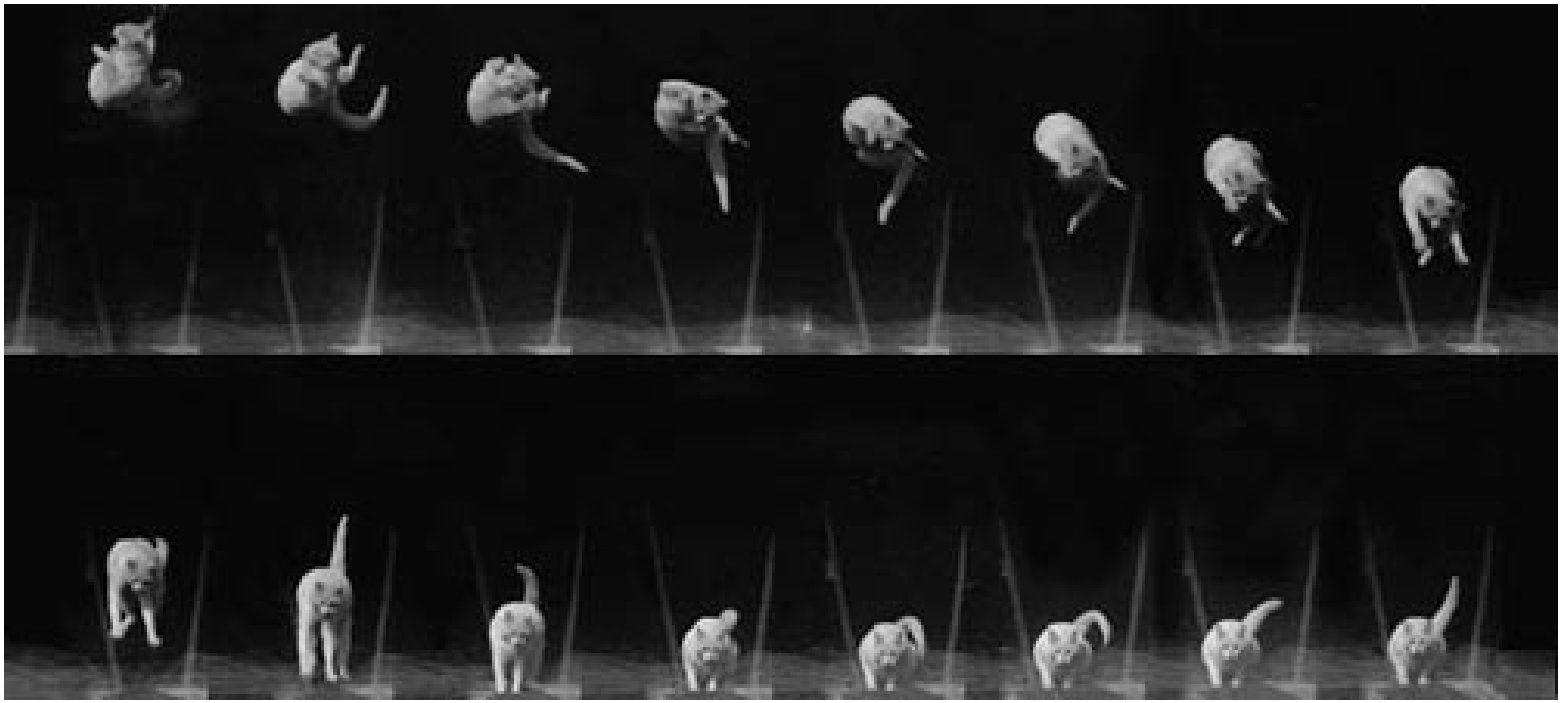
Georges Demenÿ:

La machine animale (1873)

Les travaux de Marey (début 20ème)

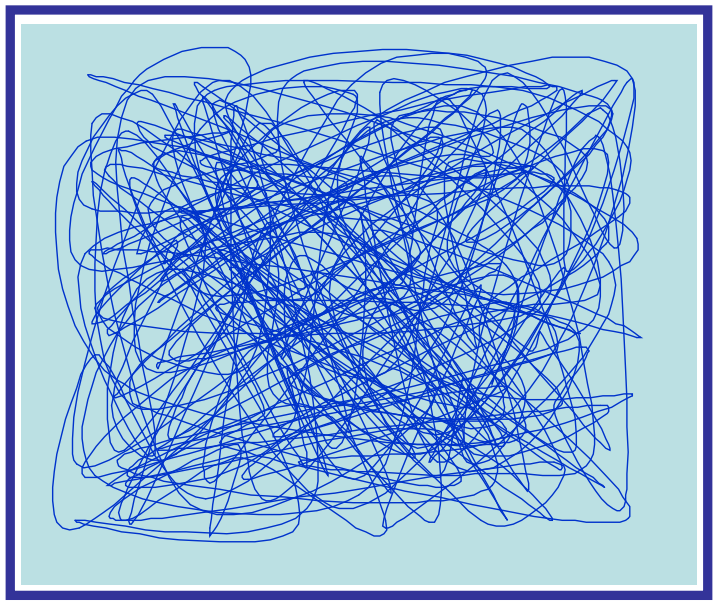
Les travaux de Marey (début 20ème)

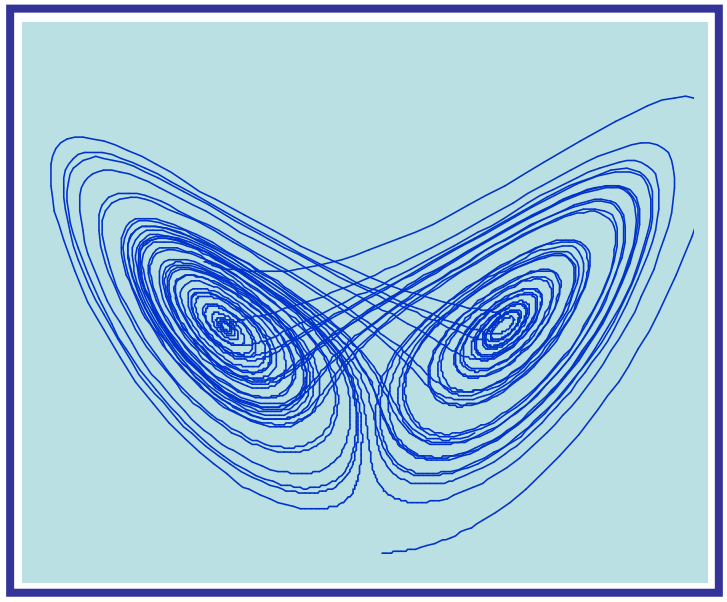




Théorie dynamique:

L'émergence de l'ordre dans les systèmes complexes

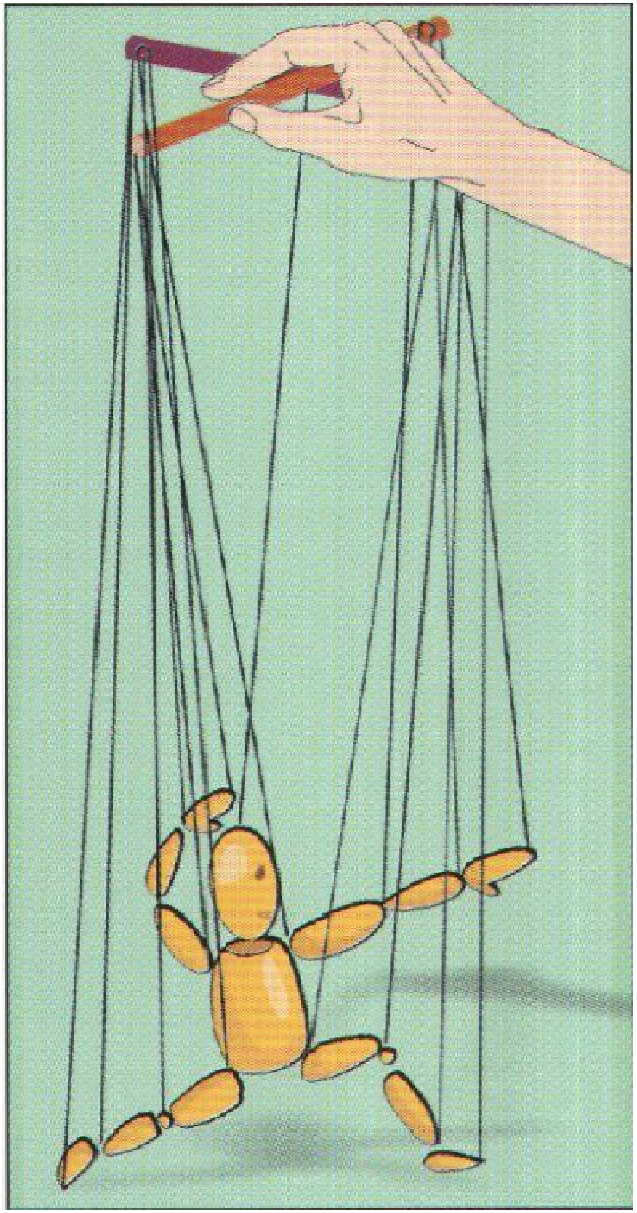


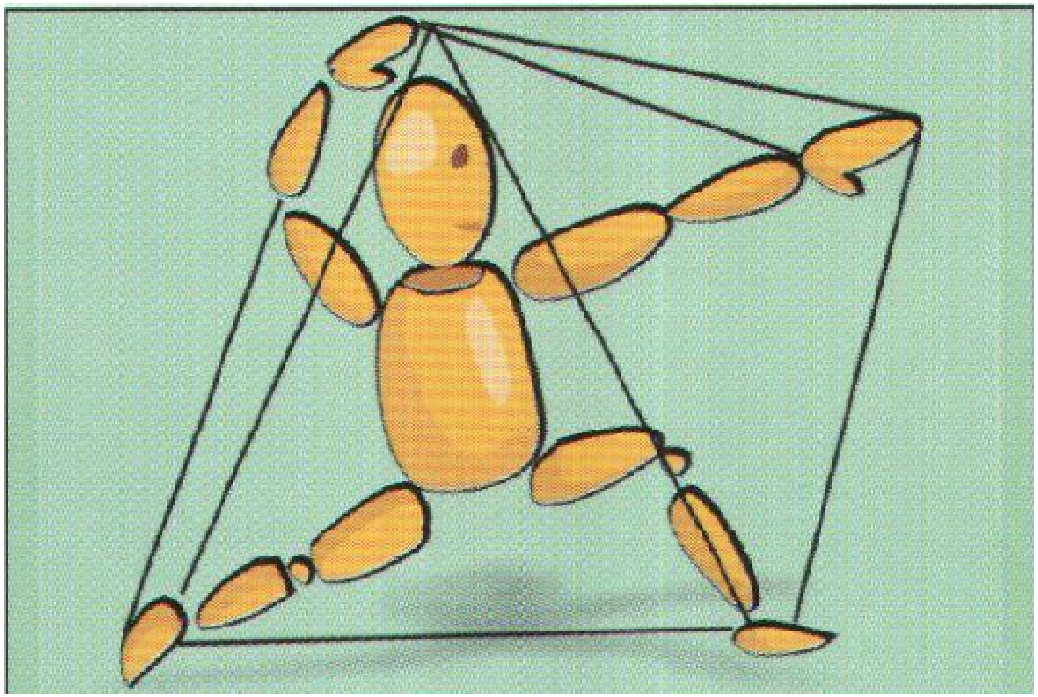


Le tout est plus que la somme des parties

Il y a un ordre sous-jacent au désordre apparent

Comment apparaît l'ordre dans un système complexe?





Théories prescriptives **Théories émergentes**

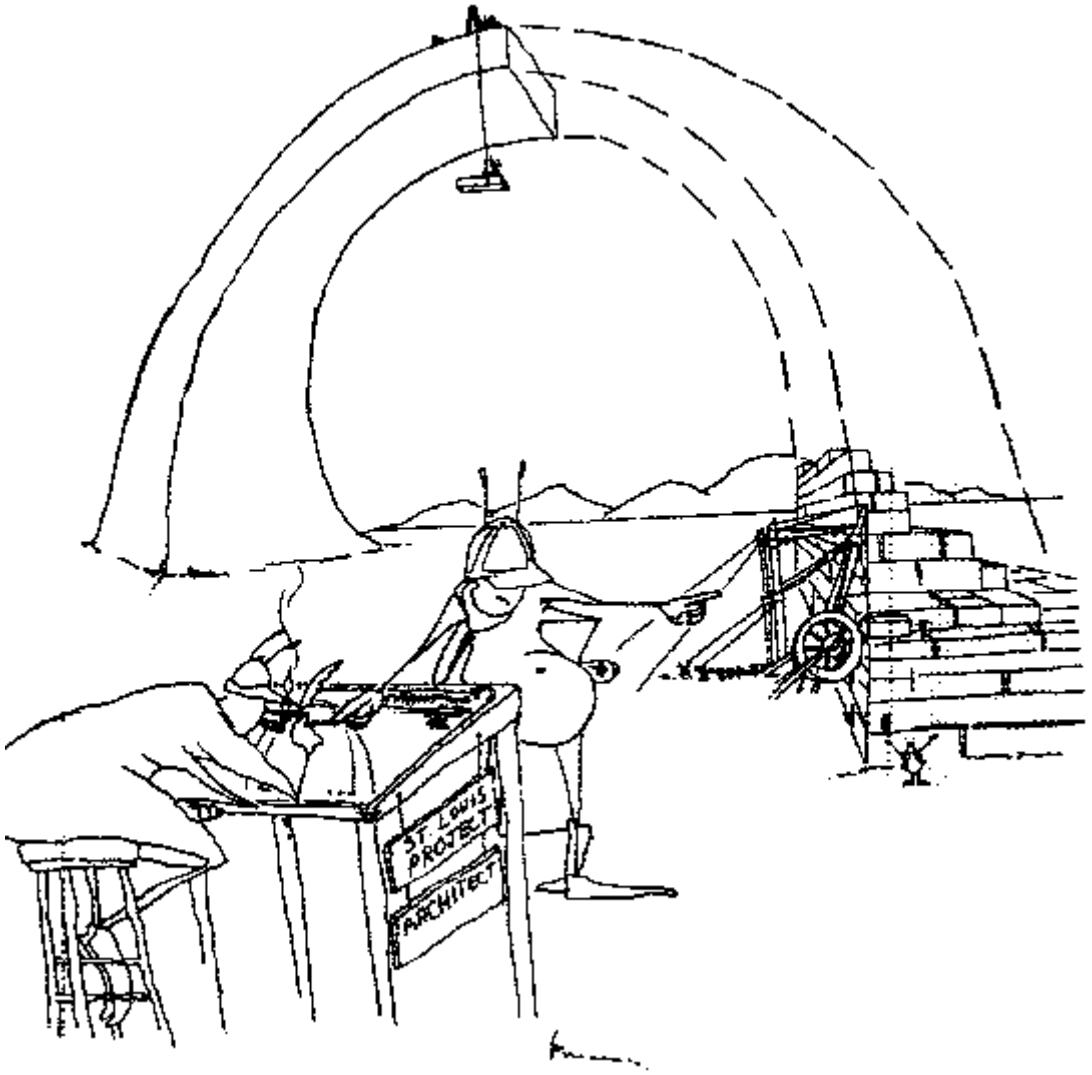
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente

2.1. Théories prescriptives et théories dynamiques

2.2. Complexité et auto-organisation

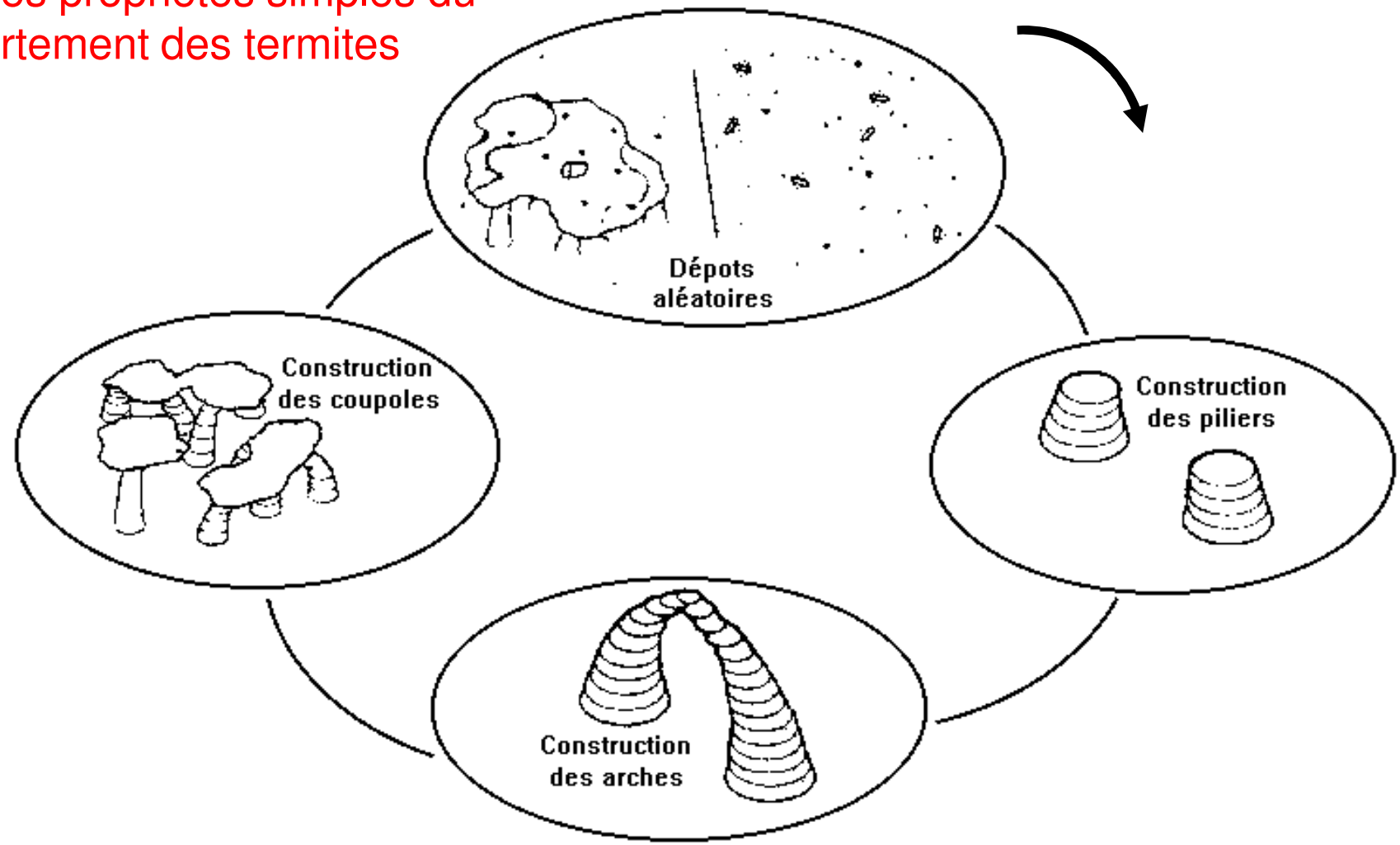
2.3. L'approche dynamique des coordinations motrices

Les termitières



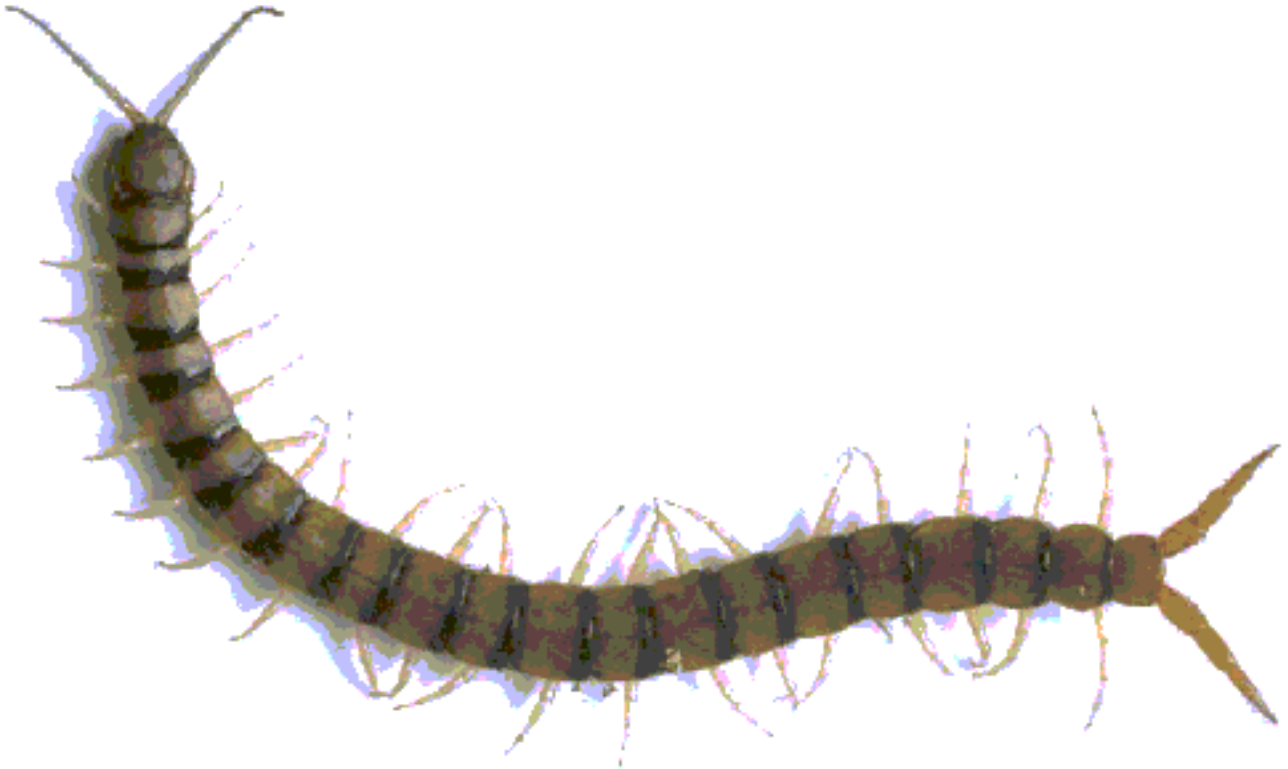
Représentation prescriptive de la construction de la termitière
(d'après Lintern & Kugler, 1991).

La structure émerge spontanément de quelques propriétés simples du comportement des termites

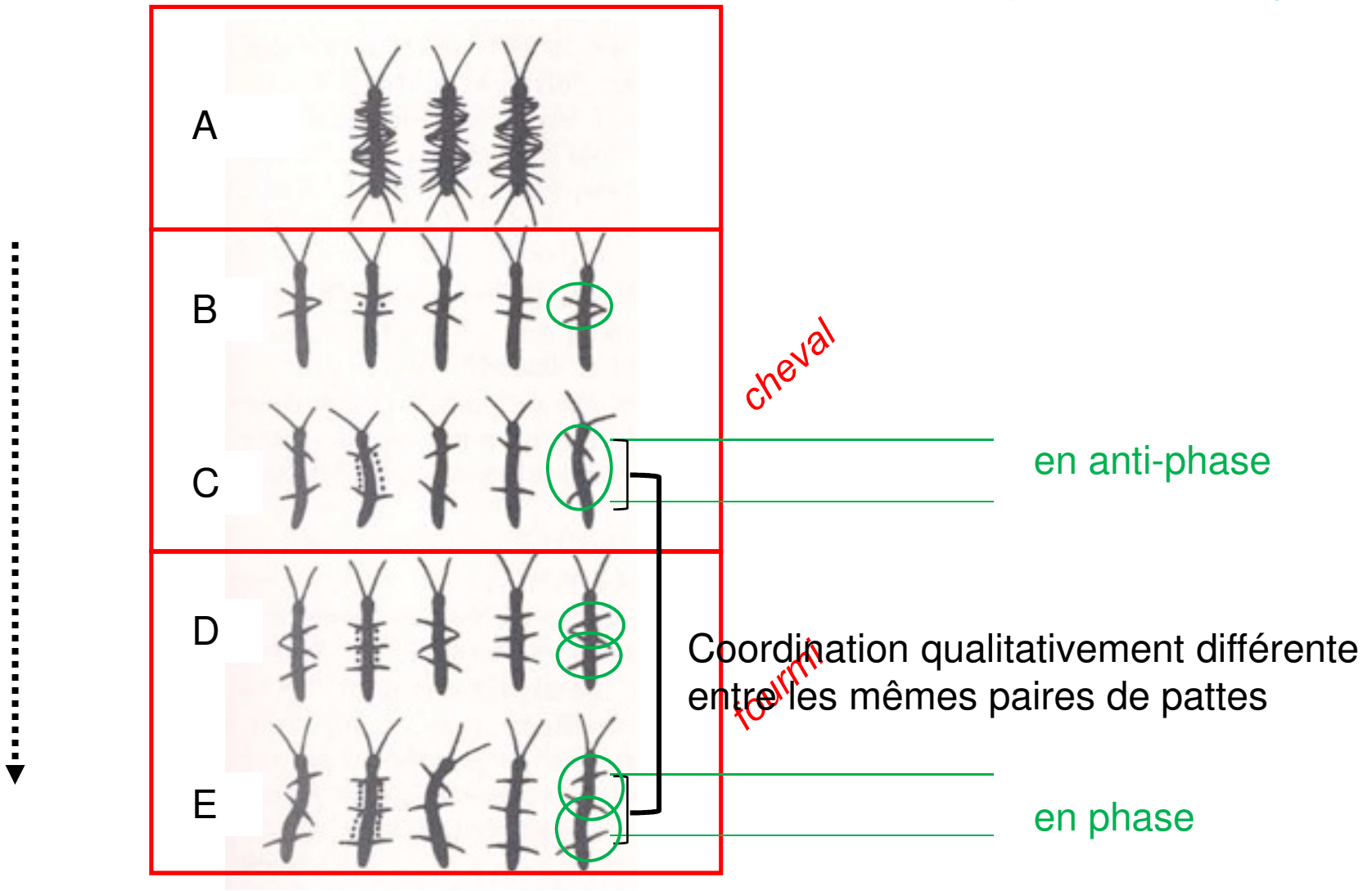


Le cycle de construction de la termitière: ce cycle commence par des dépôt aléatoires, puis progresse par l'émergence de piliers, d'arches puis de coupoles. Le cycle recommence alors par des dépôts aléatoires (d'après Kugler & Turvey, 1987).

Autre exemple

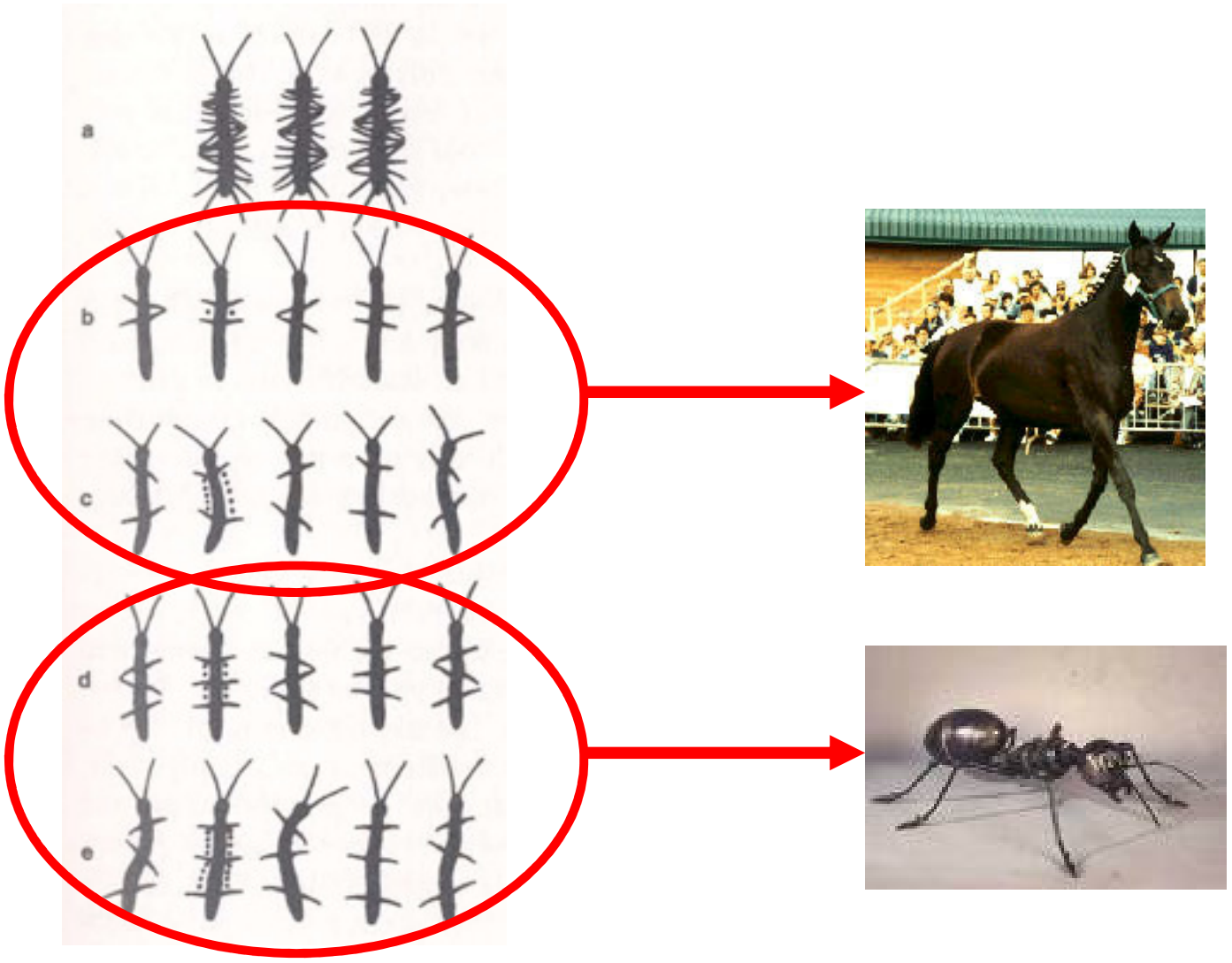


La locomotion chez les mille-pattes (von Holst, 1937/1973)

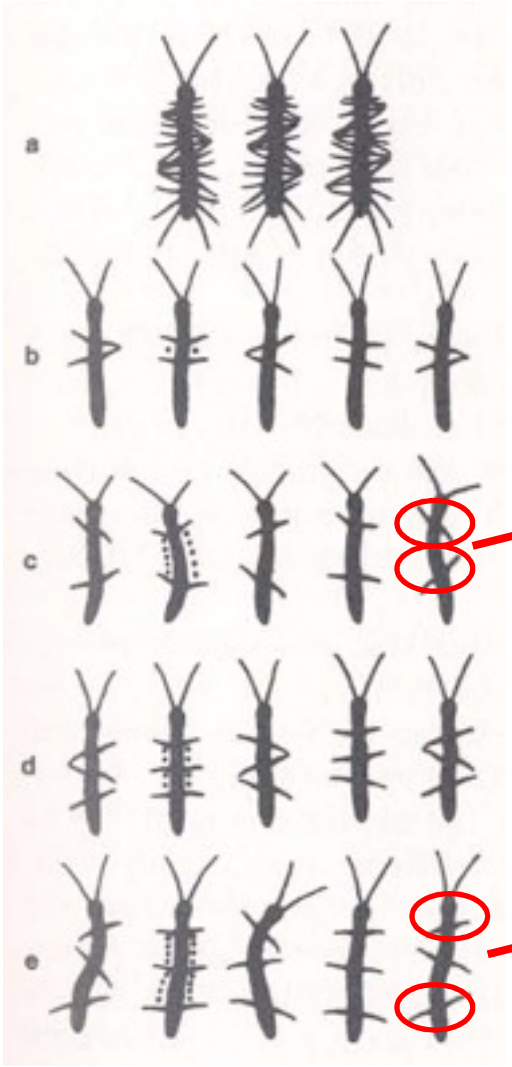


La coordination dépend du nombre de segments restants, pas de leur nature

La locomotion chez les mille-pattes (von Holst, 1937/1973)



La locomotion chez les mille-pattes (von Holst, 1937/1973)



Les mêmes segments peuvent entretenir des coordinations différentes simplement parce que les contraintes imposées sont différentes

Coordination en anti-phase

Coordination en phase

La locomotion chez les mille-pattes (von Holst, 1937/1973)

… et si les contraintes changent, il y a émergence de nouvelles coordinations

Les transitions de phase

Une transition de phase est la modification qualitative de l'état d'un système sous l'effet de la modification d'un paramètre de contrôle

Les transitions de phase

Modifications QUALITATIVES abruptes – pas d'état intermédiaire

Gazeux (vapeur d'eau)

Liquide (eau)

Solide (glace)

Température = paramètre de contrôle

Les transitions de phase

Une transition de phase est la modification qualitative de l'état d'un système sous l'effet de la modification d'un paramètre de contrôle

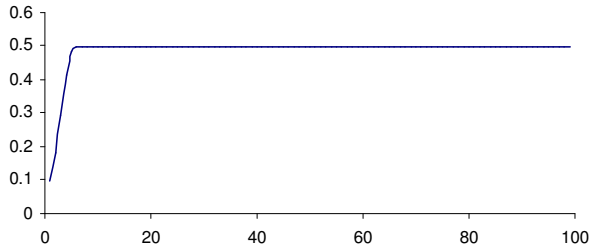
Le paramètre de contrôle est non spécifique

Il déclenche la transition mais de la prescrit pas

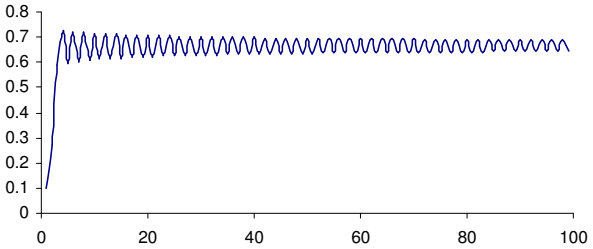
La transition est brutale: elle survient quand le paramètre de contrôle a atteint un certain seuil

Un exemple mathématique: la fonction logistique

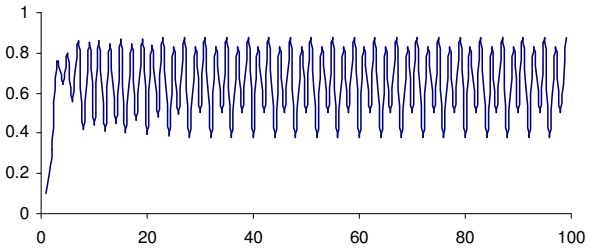
$$x_{t+1} = \alpha x_t(1 - x_t)$$



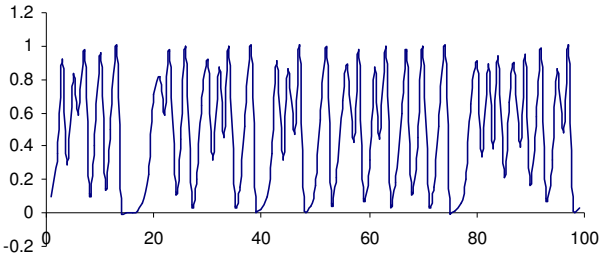
$\alpha = 2$



$\alpha = 3$

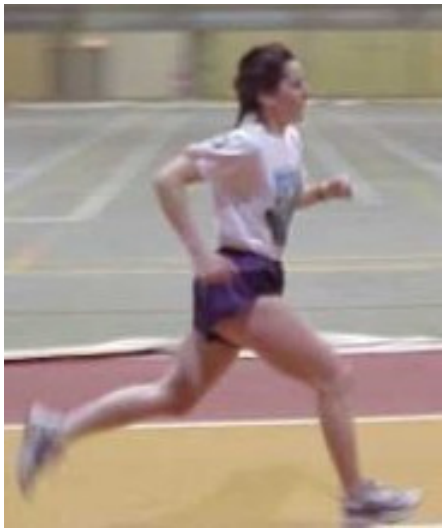


$\alpha = 3.5$



$\alpha = 4$

Une exemple comportemental: La transition marche-course



Les transitions de phase

Une transition de phase est la modification qualitative de l'état d'un système sous l'effet de la modification d'un paramètre de contrôle

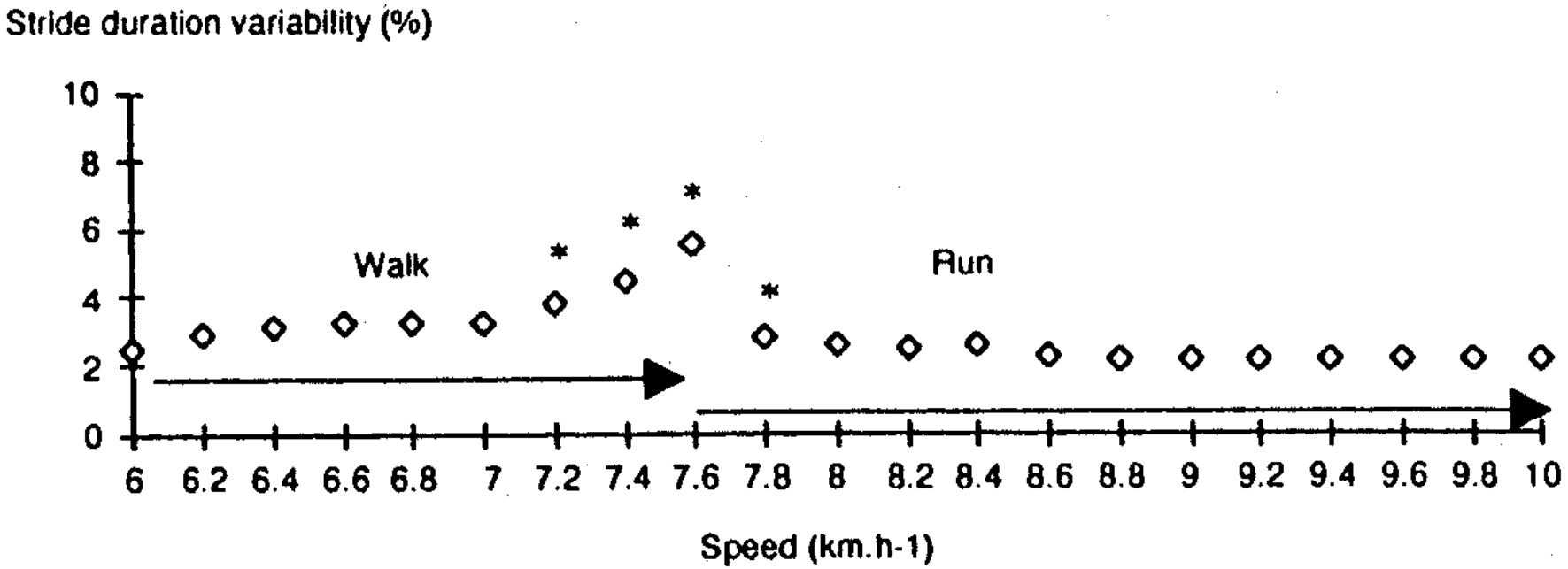
Le paramètre de contrôle est non spécifique

Il déclenche la transition mais de la prescrit pas

La transition est brutale: elle survient quand le paramètre de contrôle a atteint un certain seuil

La transition est précédée d'une déstabilisation du premier ordre, appelée « fluctuations critiques »

Lorsque le paramètre d'ordre atteint la valeur critique, l'ordre initial est déstabilisé et le système se réfugie dans un nouvel ordre stable

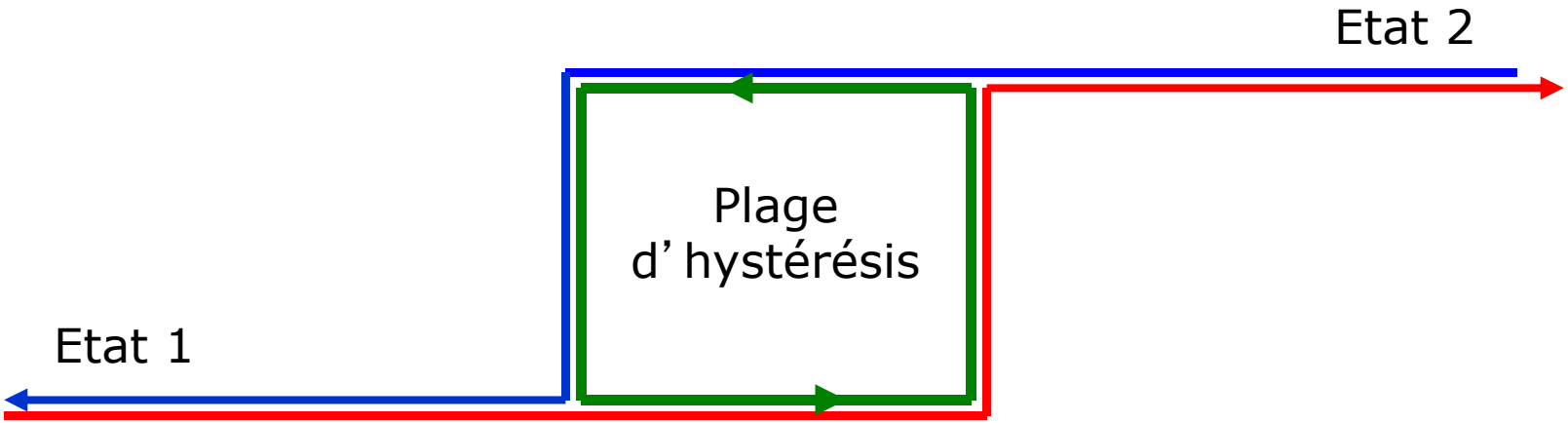


Variabilité de la durée du pas, en fonction de la vitesse de déplacement, lors d'un protocole d'incrémentation progressive de la vitesse. Une transition marche-course apparaît entre 7.6 et 7.8 km/h (Brisswalter& Mottet, 1996)

Les transitions de phase

Les transitions de phase présentent des propriétés non-linéaires essentielles:

La propriété d'**hystérèse** suppose que la transition n'a pas lieu à la même valeur du paramètre de contrôle, selon le sens d'évolution de ce paramètre.



La non-linéarité

La non-linéarité désigne une **disproportion entre les causes et les conséquences, dans un système complexe**

La transition de phase est non-linéaire, car elle représente un bouleversement complet de l'état du système, déterminé par une évolution anodine du paramètre de contrôle

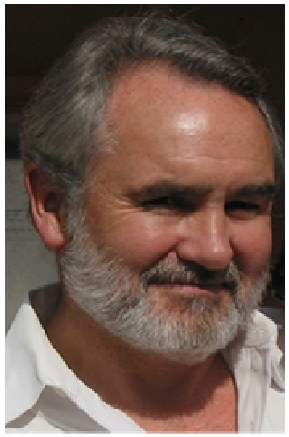
Exemple… « l'effet papillon »

2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente

2.1. Théories prescriptives et théories dynamiques

2.2. Complexité et auto-organisation

2.3. L'approche dynamique des coordinations motrices



Scott Kelso

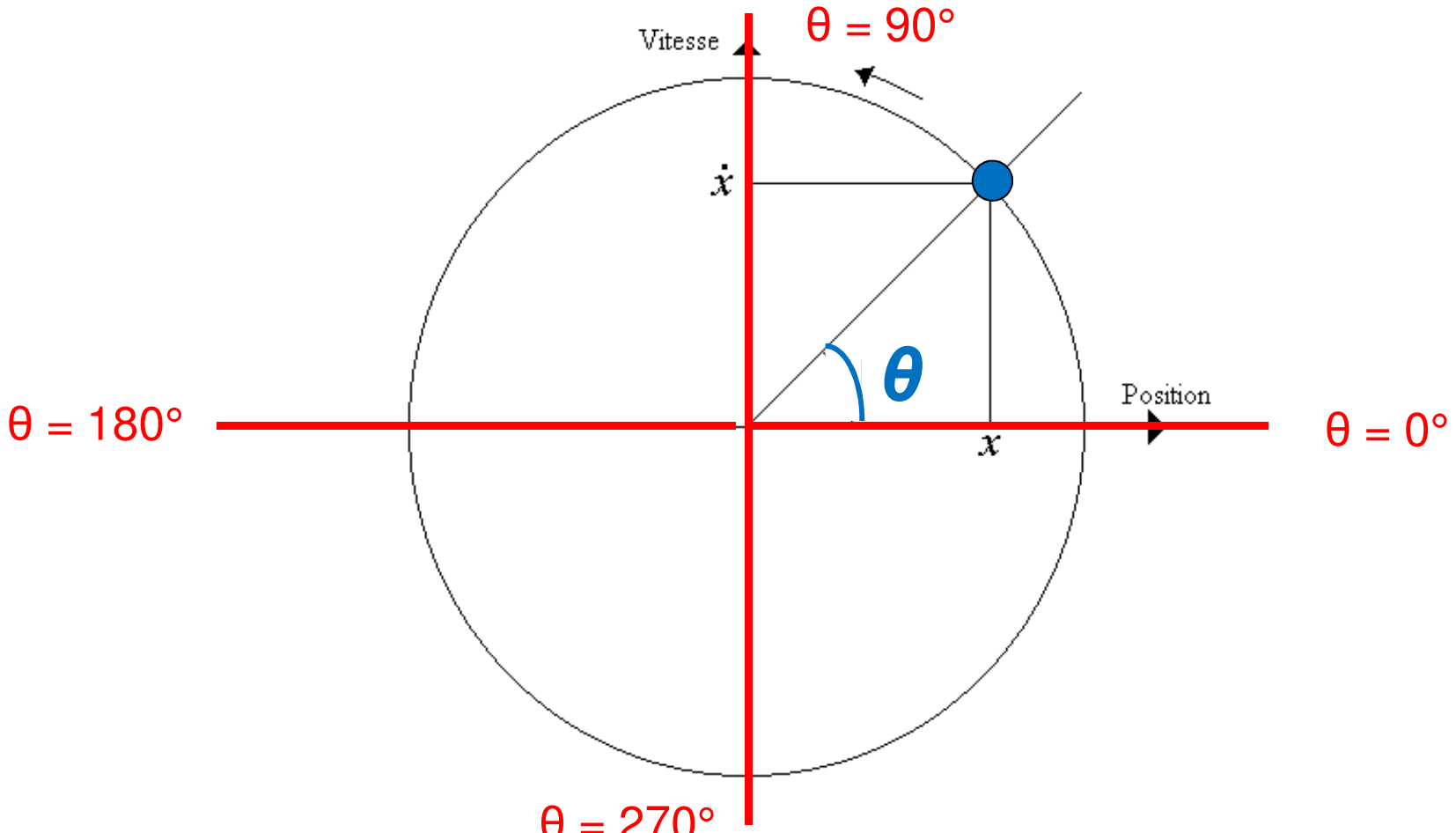
Coordination “en phase”

Coordination “en antiphase”

La tâche de coordination bimanuelle
utilisée par Kelso, Holt, Rubin et Kugler (1981)

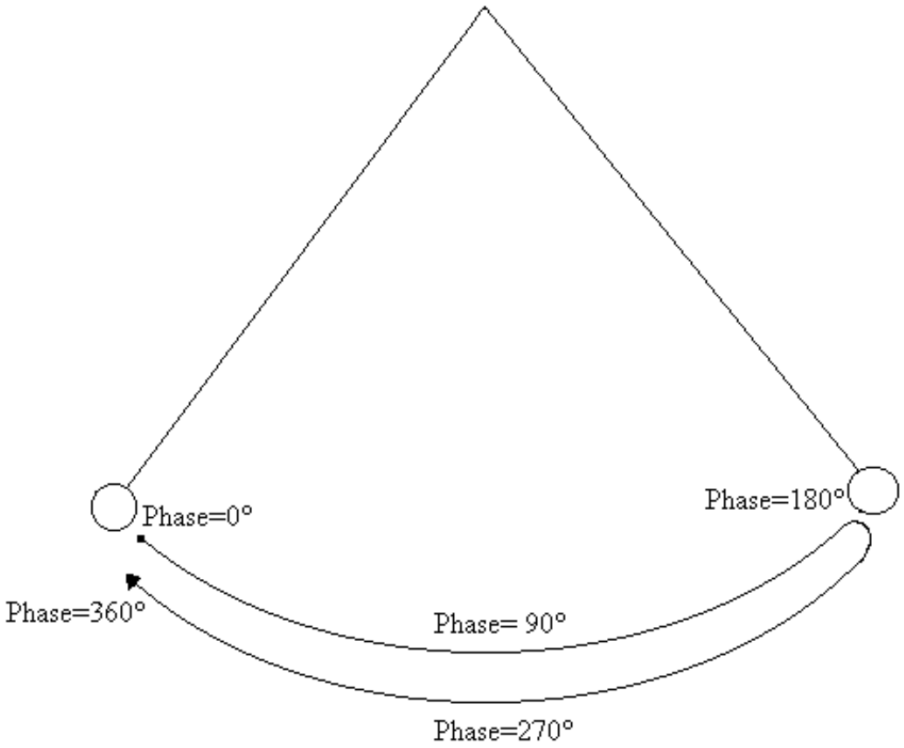
Oscillateurs, phase d’un oscillateur…???

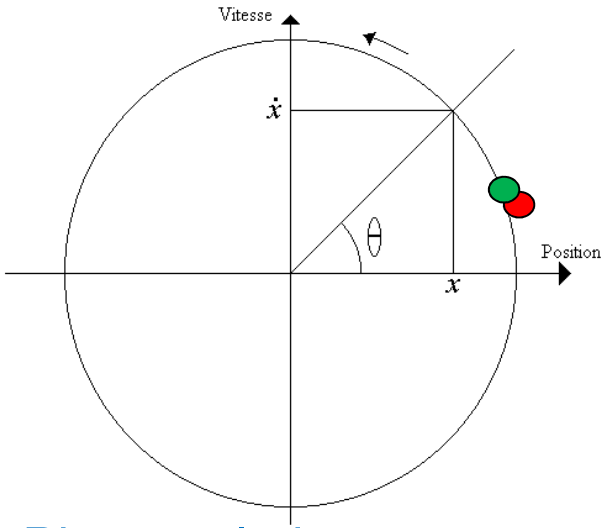
Le calcul de la phase d'un oscillateur



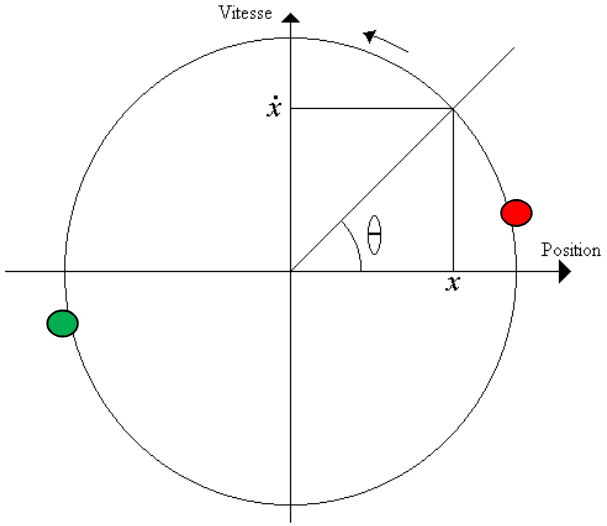
$$\theta = arctg(\frac{\dot{x}}{x})$$

Les phases typiques d'un pendule pesant

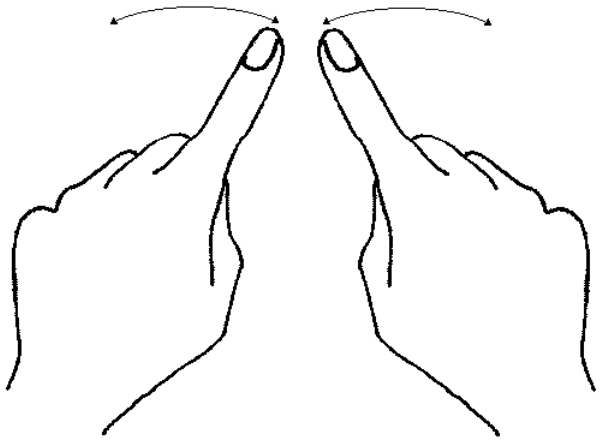




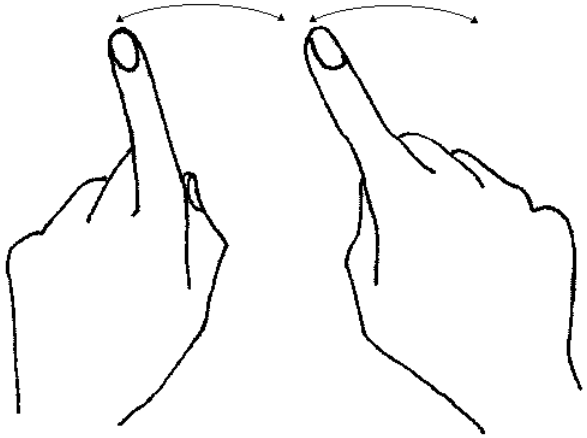
Phase relative = 0°
(ou décalage de phase)



Phase relative = 180°
(ou décalage de phase)



Coordination
en phase



Coordination
en anti-phase

Coordination
en phase

Coordination
en anti-phase

Certains modes de coordination émergent spontanément

- Même fréquence (1:1)
- synchronisation des points de revirement

La coordination en phase est plus stable que la coordination en anti-phase

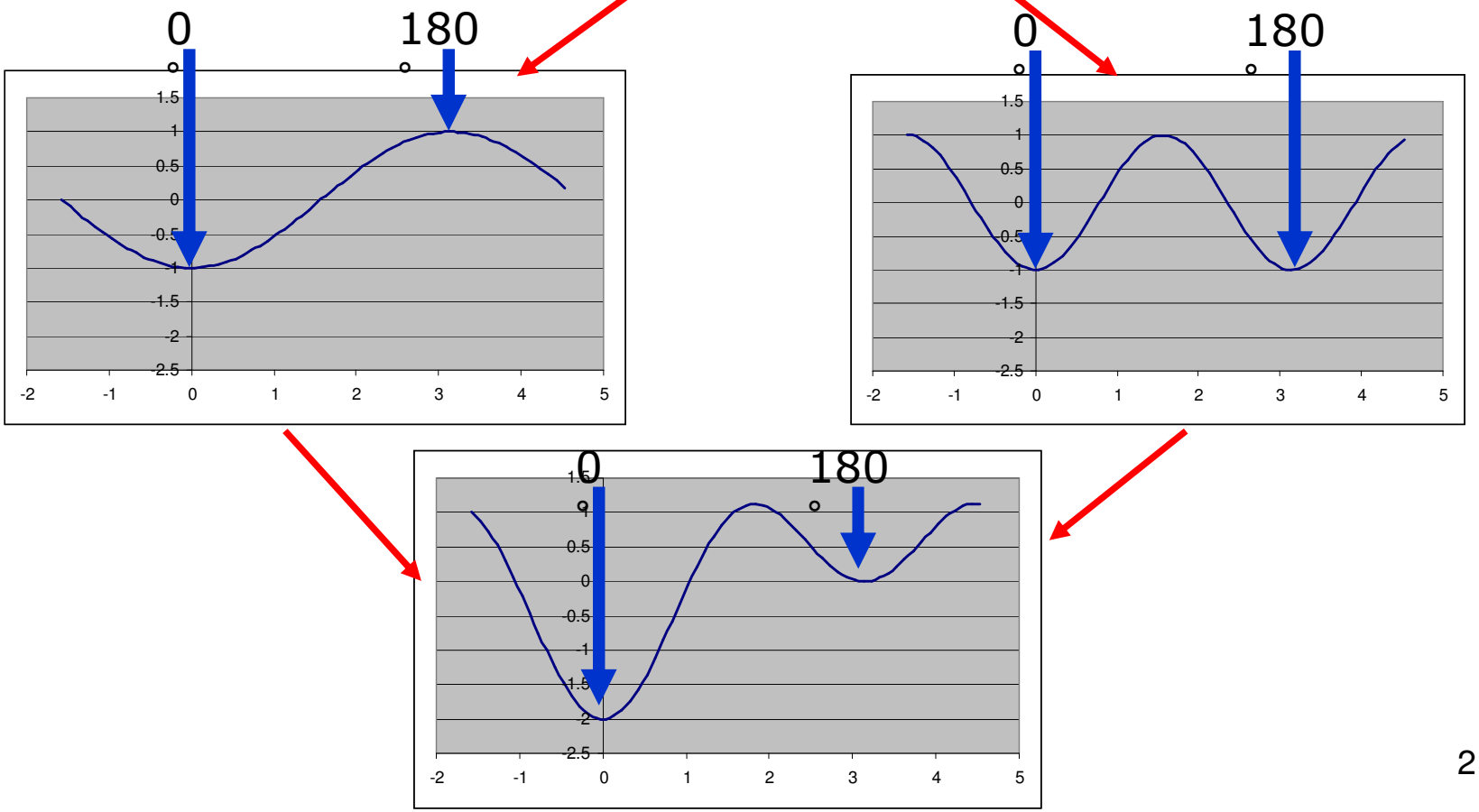
Coordination
en phase

Coordination
en anti-phase

Dans une tâche donnée, le comportement semble spontanément attiré vers certains modes de coordination préférés, que l'on appelle « attracteurs »

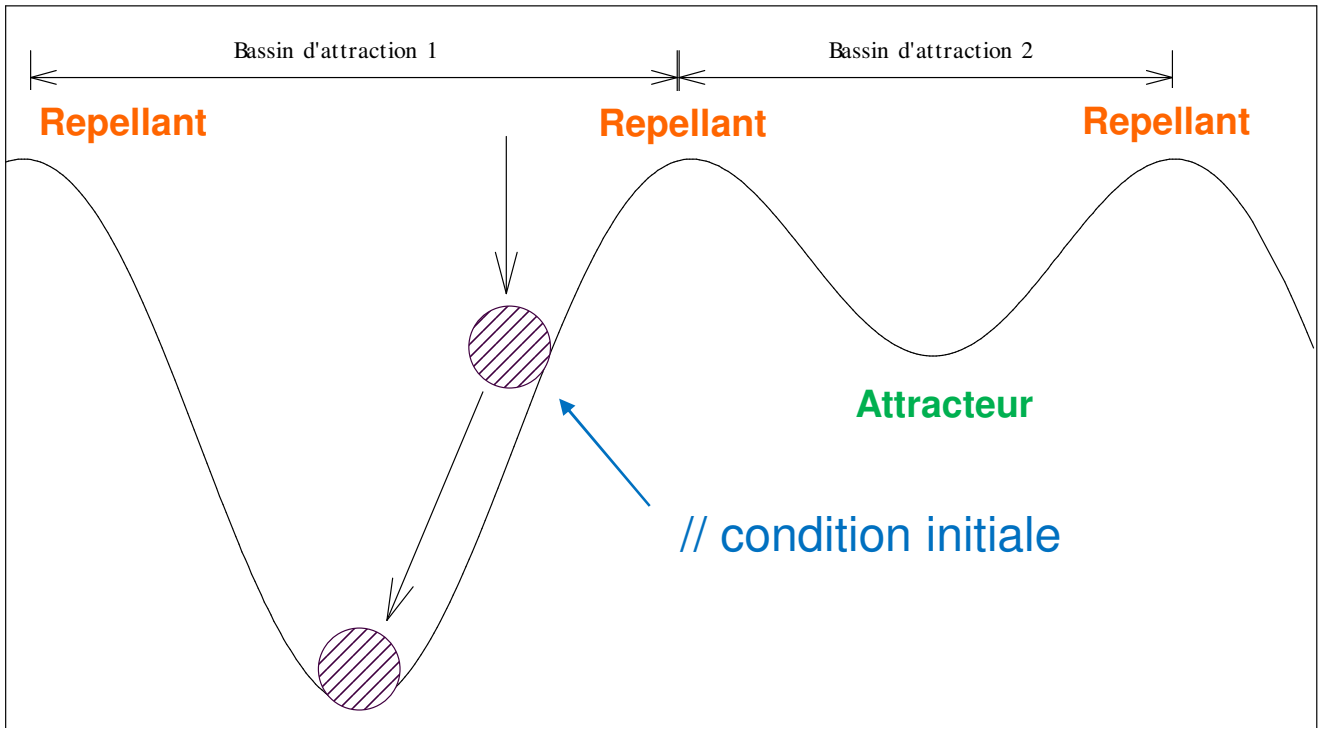
Haken, Kelso et Bunz (1985) proposent de modéliser la tâche de coordination bimanuelle sous la forme d'une **fonction potentiel**, décrivant les zones de stabilité du système:

$$V(\varphi) = -a\cos\varphi - b\cos 2\varphi$$



La fonction potentiel

$$V(\varphi) = -a\cos\varphi - b\cos 2\varphi$$



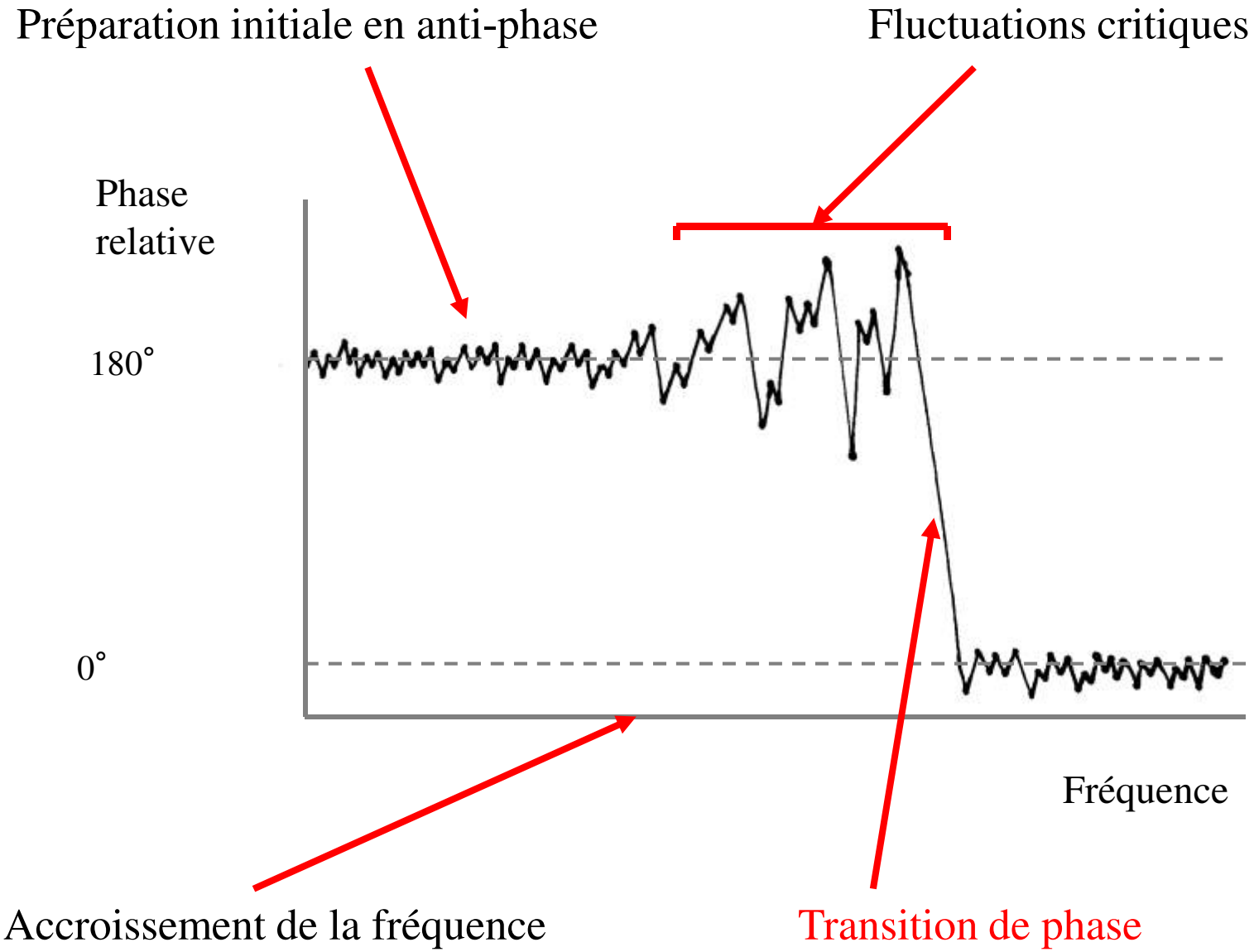
Il y a 2 attracteurs dans la tâche de coordination bimanuelle

L'attracteur en phase est plus stable que l'attracteur en antiphase

L'équation proposée rend simplement compte de ces deux comportements

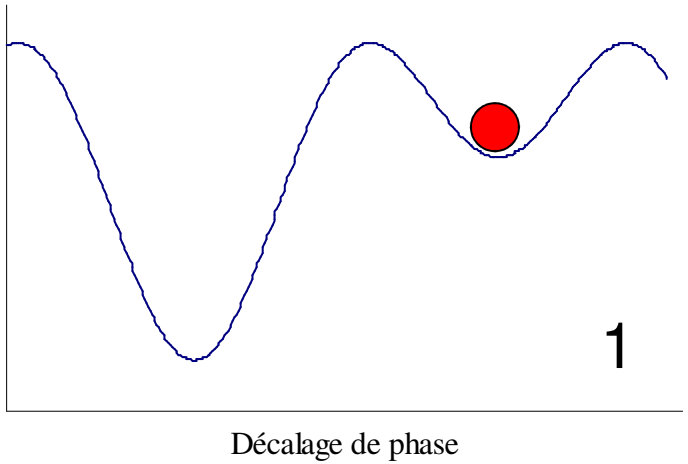
Kelso et al., 1981

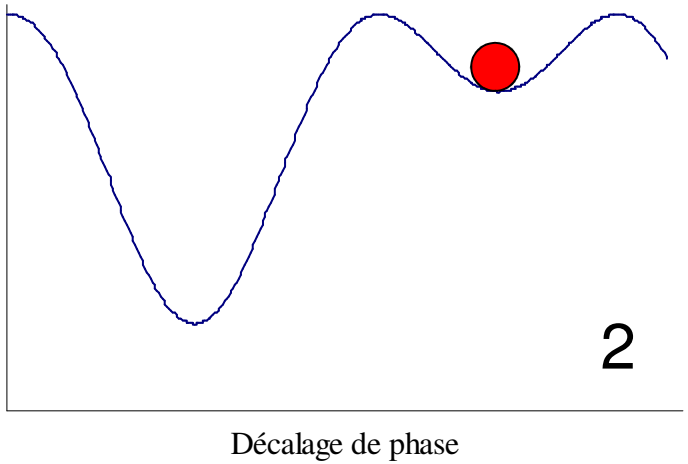
Les transitions de phase dans les coordinations bimanuelles

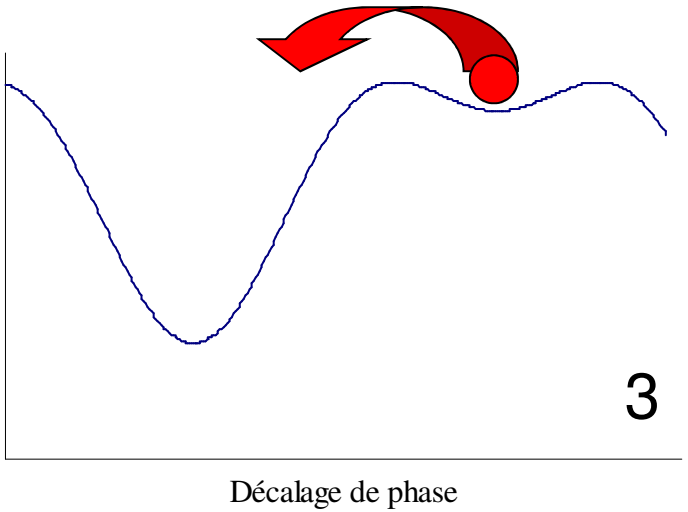


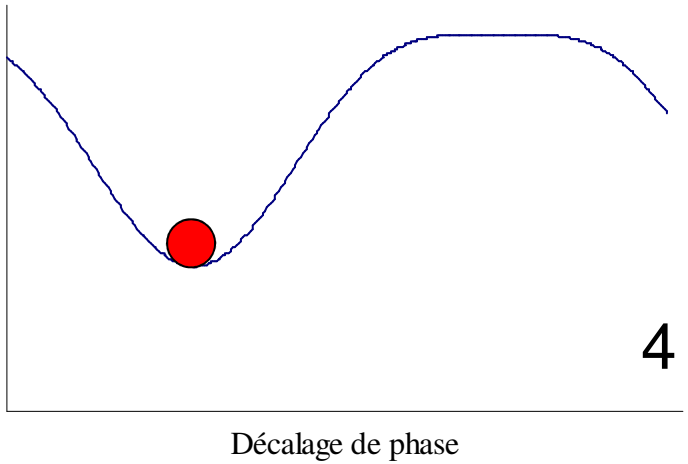
$V(\varphi) = -a\cos\varphi - b\cos 2\varphi$

b/a → fréquence





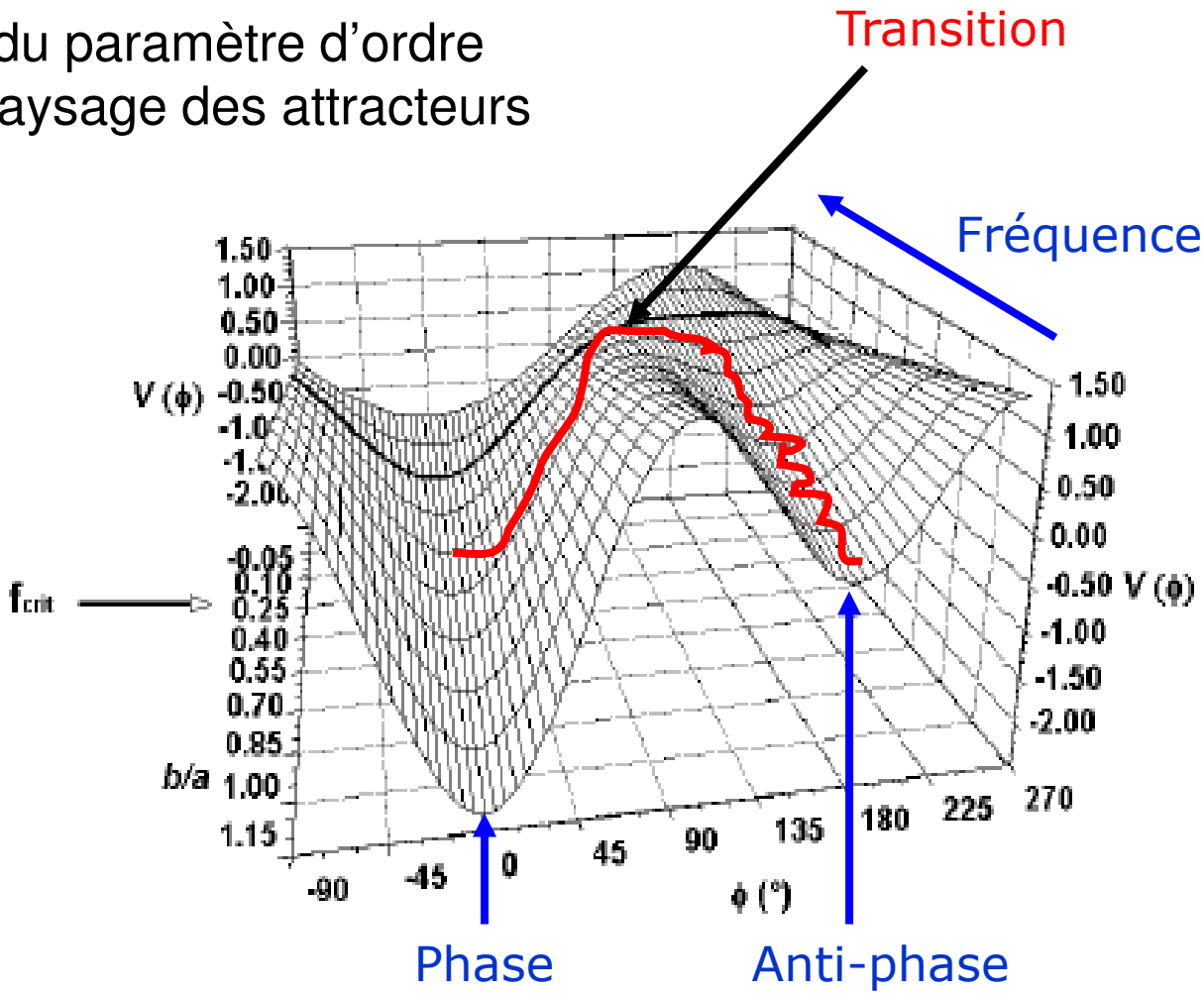




Influence de l'évolution d'un paramètre de contrôle sur le paysage des attracteurs

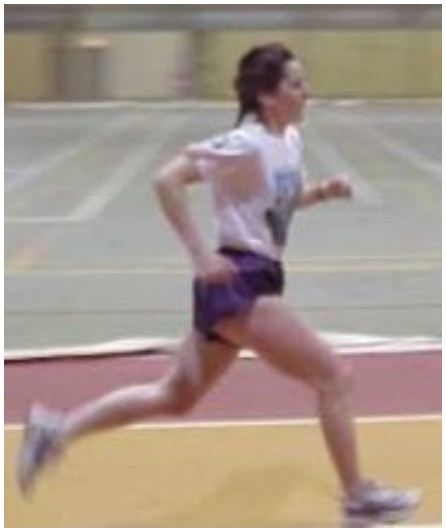
L'hypothèse:

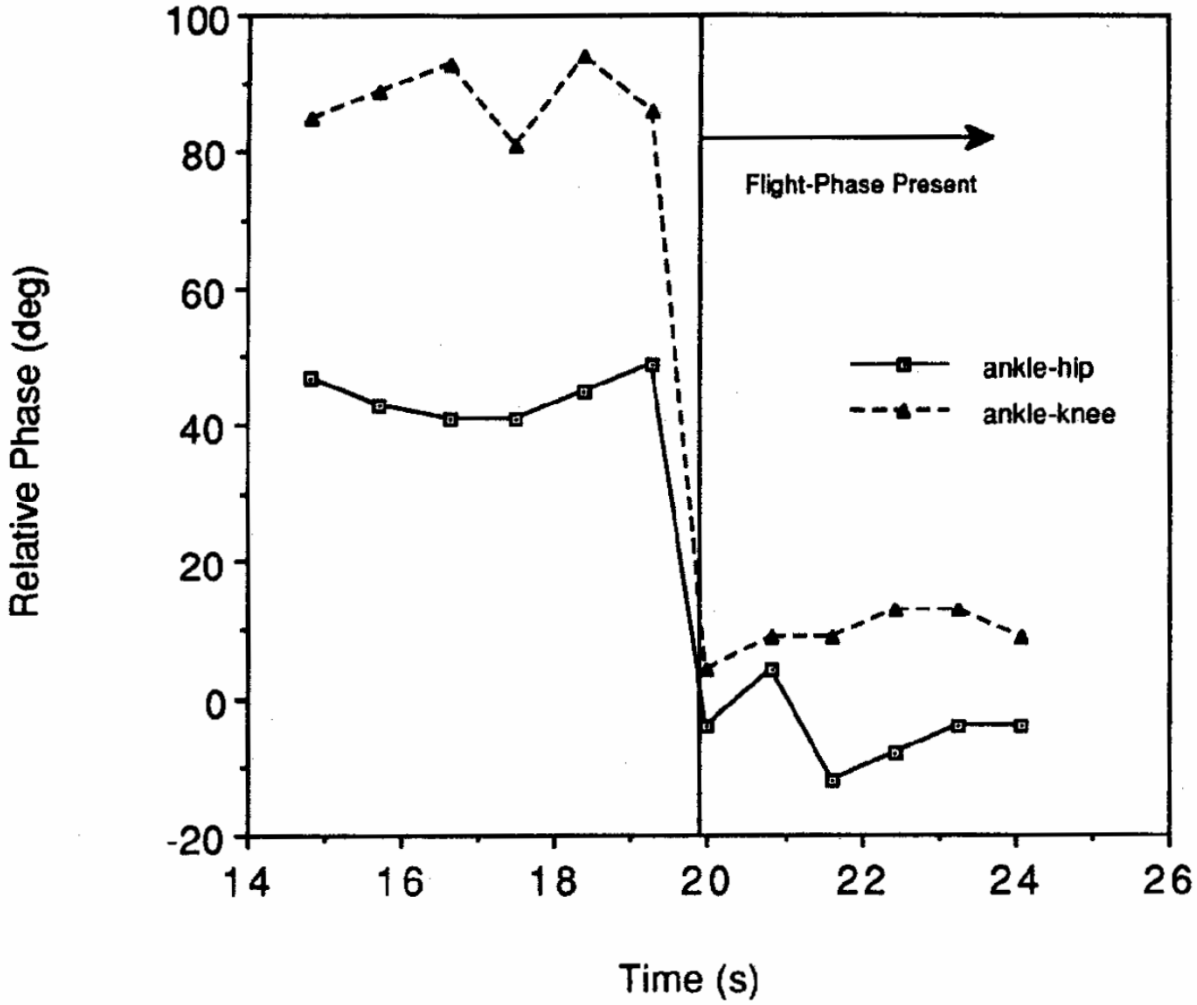
L'évolution du paramètre d'ordre modifie le paysage des attracteurs



$$V(\phi) = -a\cos\phi - b\cos 2\phi$$

La transition marche-course





Evolution des phases relatives cheville-hanche et cheville-genou lors de la transition marche-course.
(Diedrich & Warren, 1995)

La transition marche-course

Marche

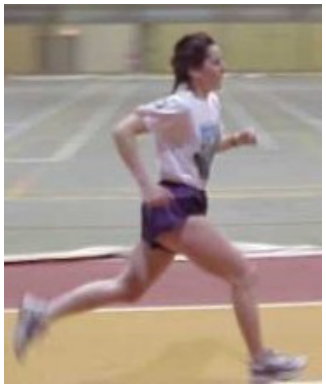
7,8 km/h

La transition marche-course

Marche

7,8 km/h

La transition marche-course

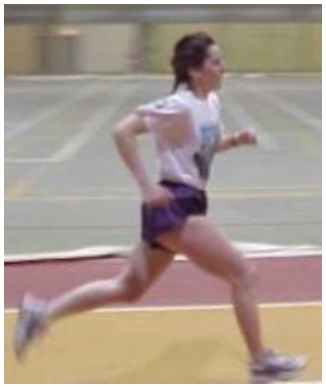


Course

Marche

7,8 km/h

La transition marche-course

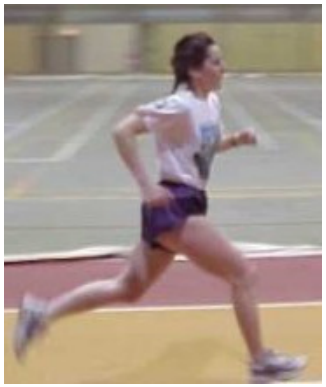


Course

Marche

7,8 km/h

La transition marche-course



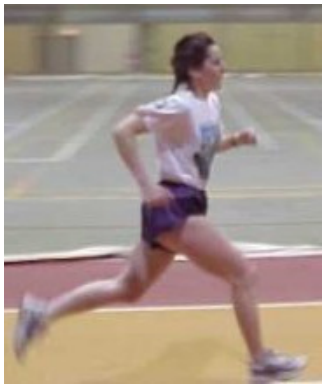
Course

Marche

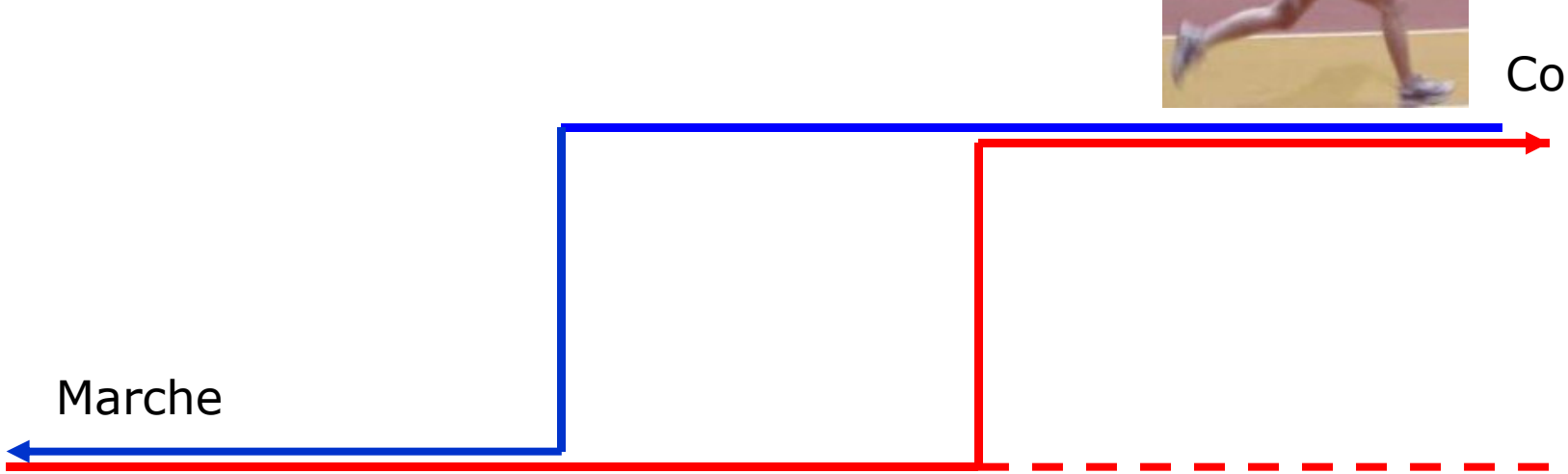
7,2 km/h

7,8 km/h

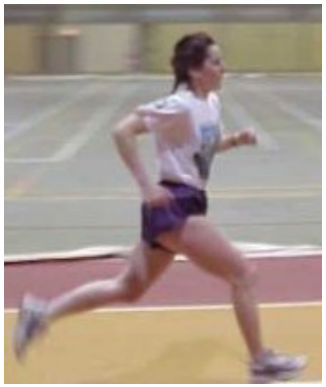
La transition marche-course



Course



La transition marche-course



Course

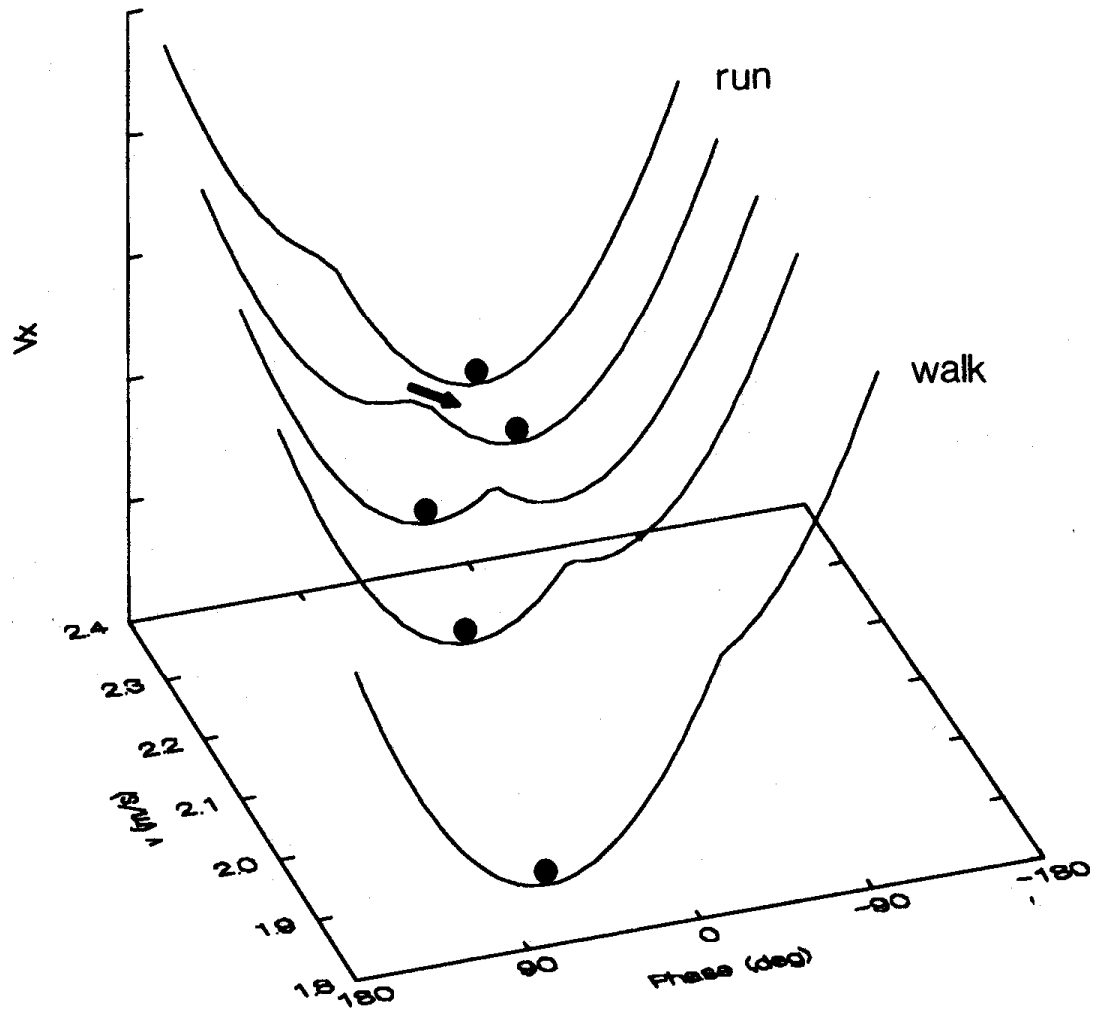
Plage
d' hystérésis

Marche

7,2 km/h

7,8 km/h

Comment s'expliquent la transition de phase marche-course et l'hystérèse?



Modélisation de la transition marche-course
(Diedrich & Warren, 1995)

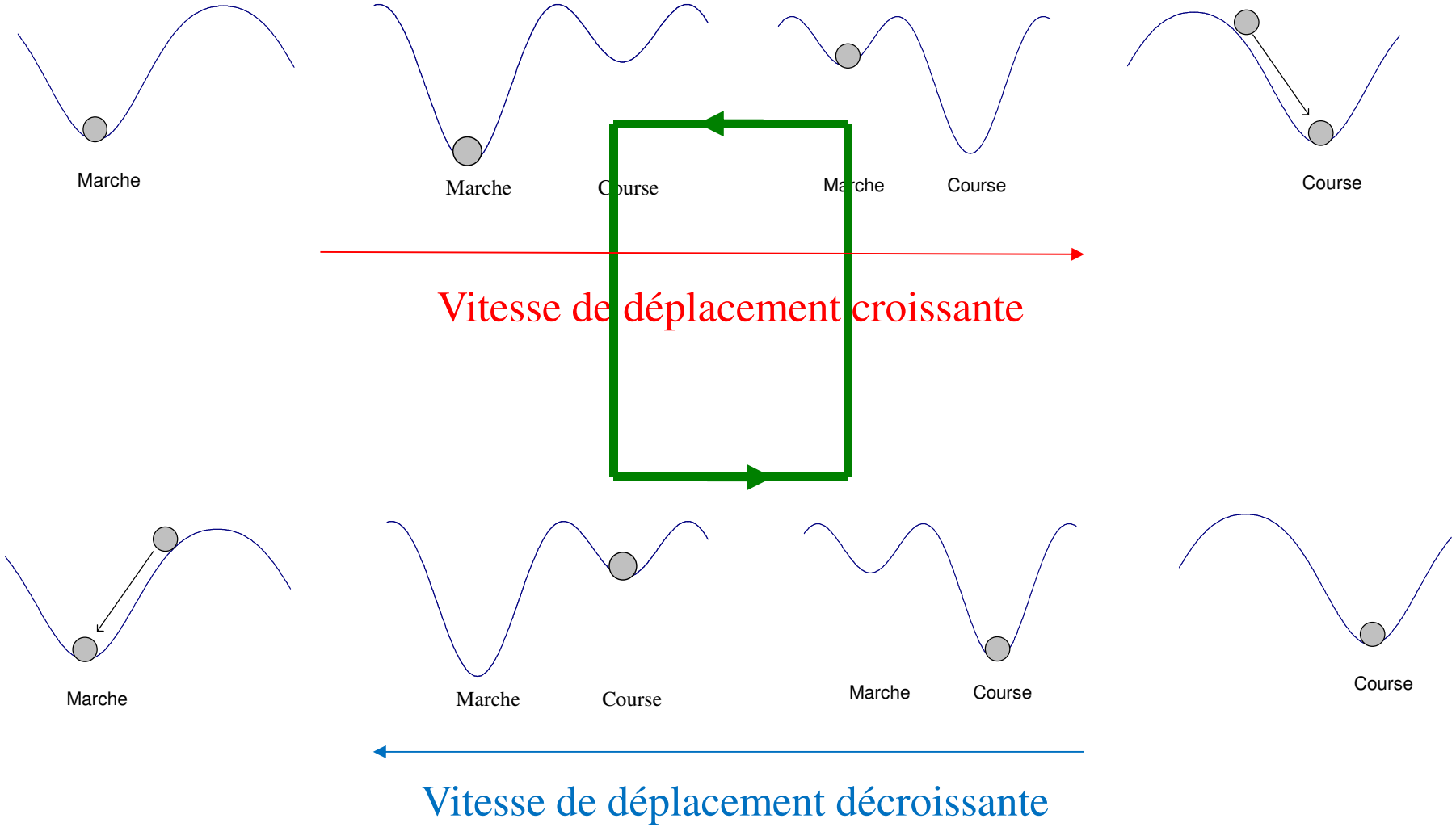
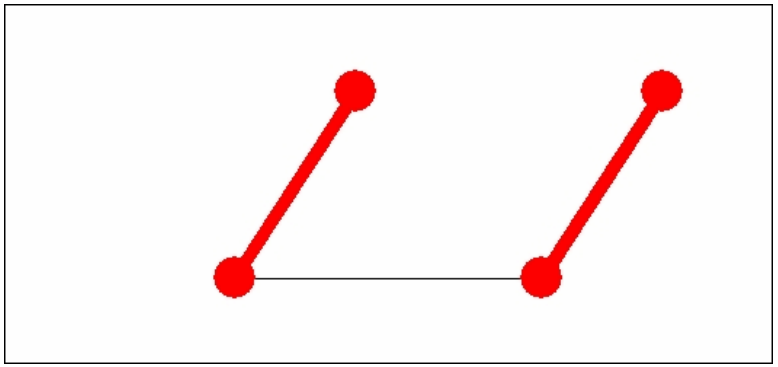
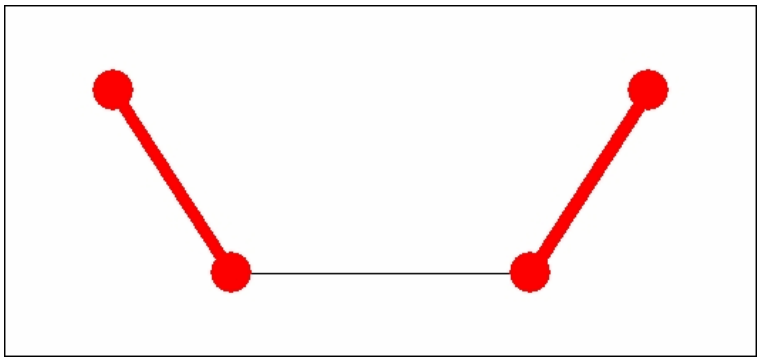


Illustration du phénomène d'hystérésis, dans la transition marche-course

Coordination en anti-phase

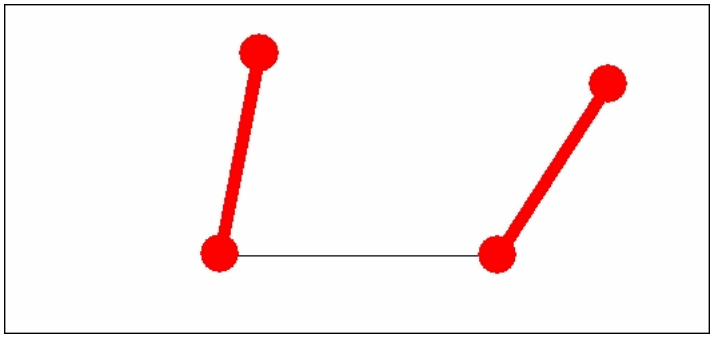


Coordination en phase



D'autres modes de coordination sont plus difficiles à réaliser de manière stable

→ Apprentissage



Coordination à 90° de phase relative

Plan du cours

Introduction : définitions

1. Habileté et traitement de l'information
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente
3. Les étapes de l'apprentissage moteur
4. Apprentissage et efficience
5. Apprentissage et conditions d'apprentissage
6. Apprentissage et connaissances

3. Les étapes de l'apprentissage moteur

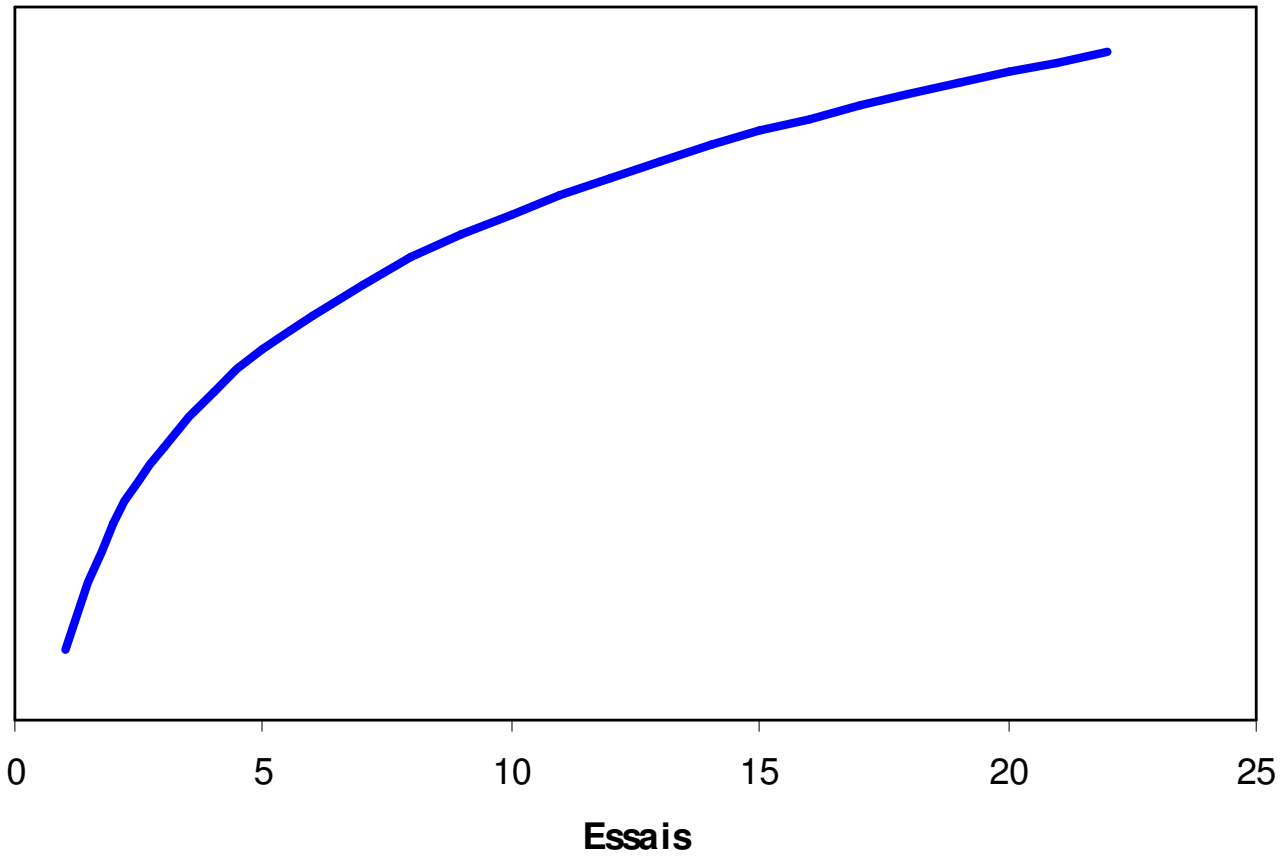
3.1. La mesure de l'apprentissage

3.2. Les théories cognitives: l'apprentissage comme affinement du programme moteur

3.3. Berstein : l'apprentissage et la maîtrise des degrés de liberté

3.4. Newell : l'exploration de l'espace de travail perceptivo-moteur

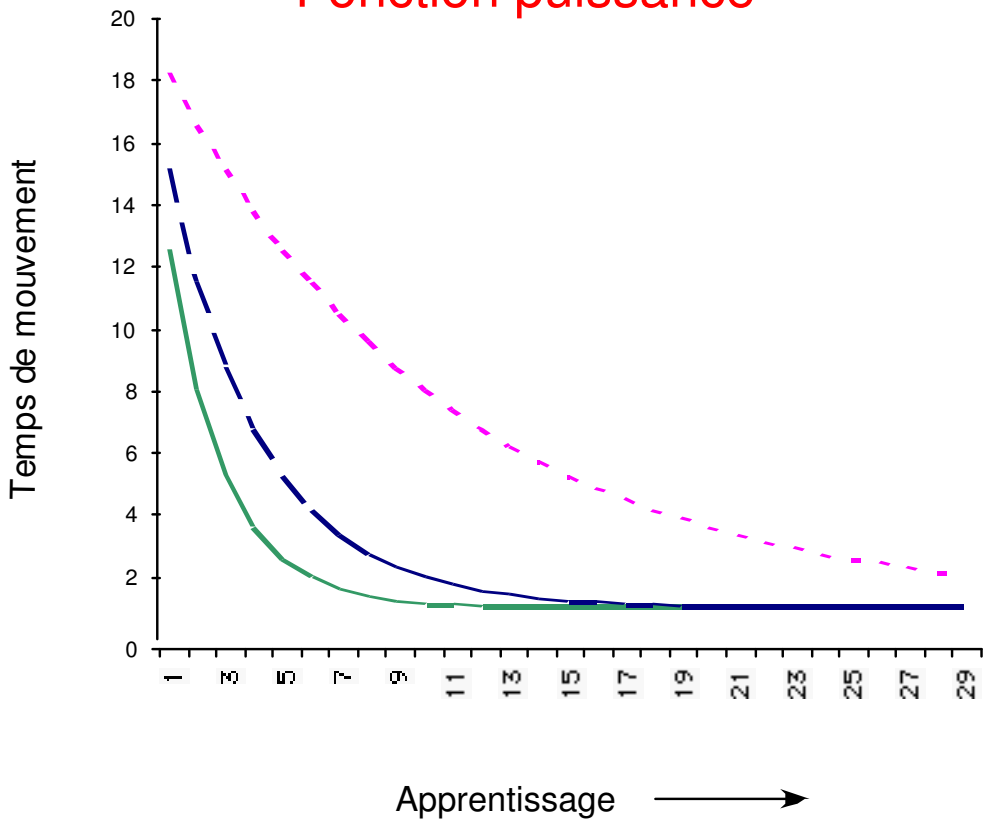
3.5. La dynamique des coordinations



La mesure de lapprentissage : les courbes de performance

Perf = Essais$^{\alpha}$

Fonction puissance



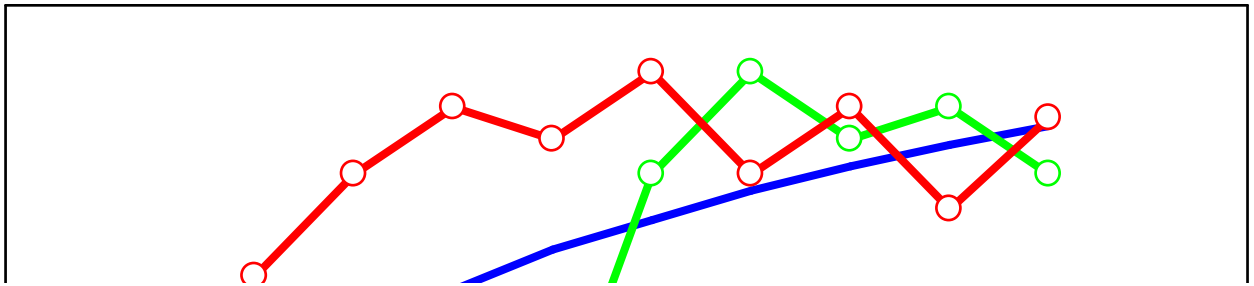
→ L'apprentissage est continu

→ Mais pas régulier: progrès plus rapides en début qu'en fin d' apprentissage

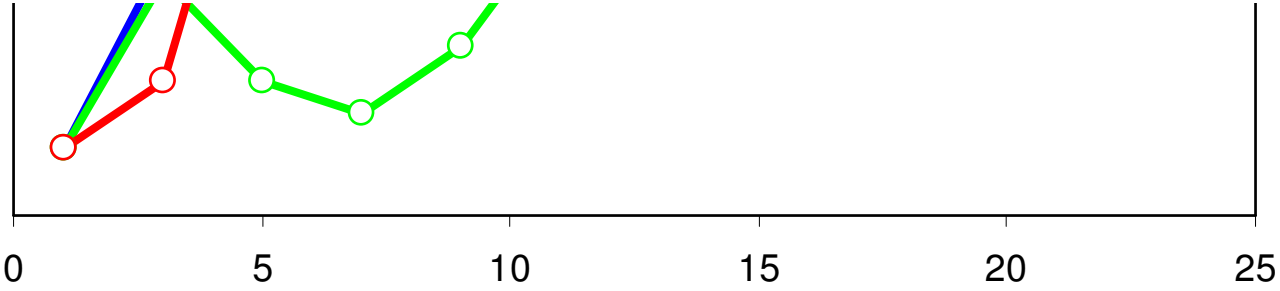
→ Notion fondamentale de répétition

Perf = Essais$^{\alpha}$

Fonction puissance

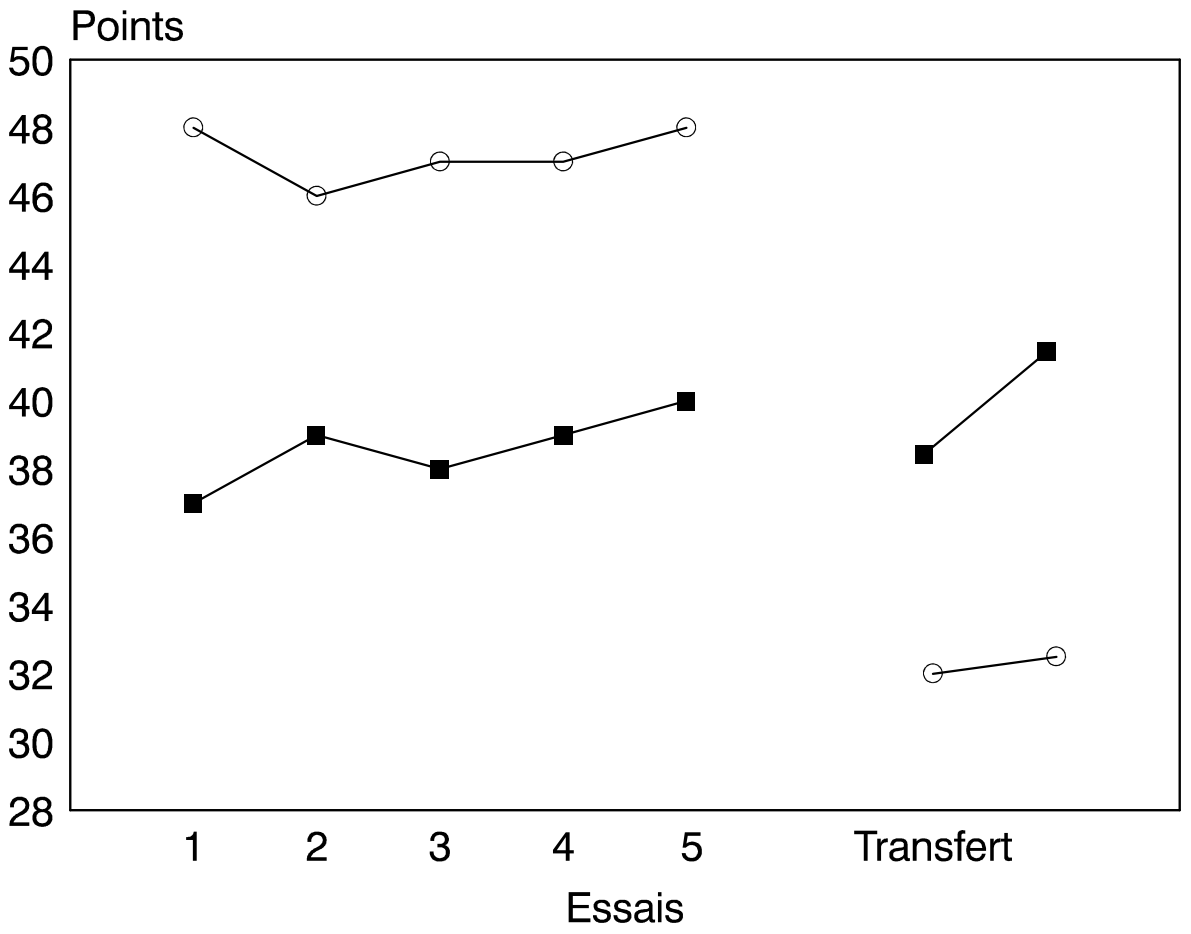


→ Alors comment mesurer l'apprentissage??

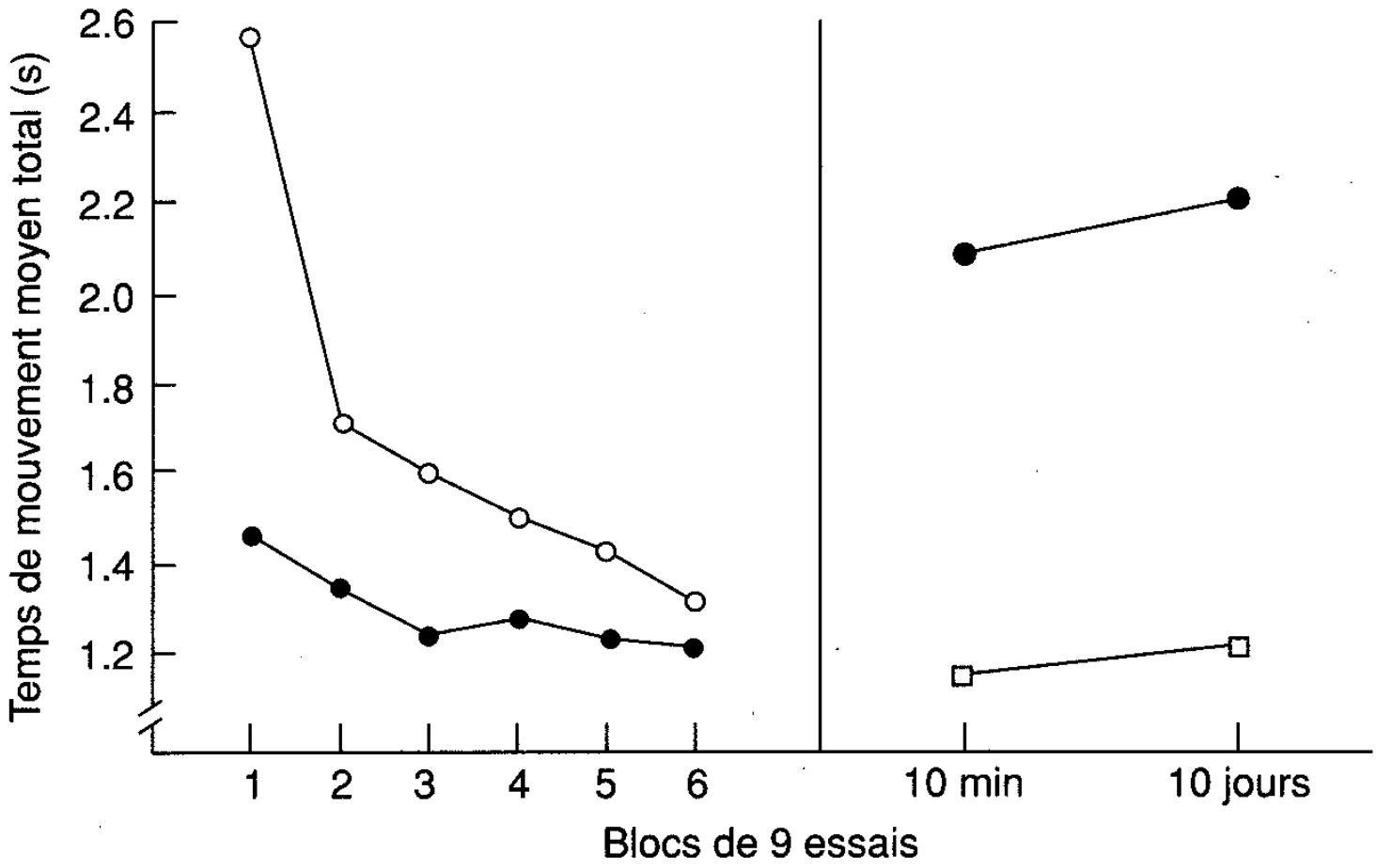


Loi Puissance:

- obtenue dans tâche de labo très simples
- obtenue en moyennant courbes individuelles
- marque une augmentation de perf., mais pas nécessairement un réel apprentissage



La mesure de l'apprentissage : les tests de transfert



La mesure de l'apprentissage: les tests de rétention

3. Les étapes de l'apprentissage moteur

3.1. La mesure de l'apprentissage

3.2. Les théories cognitives: l'apprentissage comme affinement du programme moteur

3.3. Berstein : l'apprentissage et la maîtrise des degrés de liberté

3.4. Newell : l'exploration de l'espace de travail perceptivo-moteur

3.5. La dynamique des coordinations

Le modèle de Fitts (1964)

1. Stade cognitif

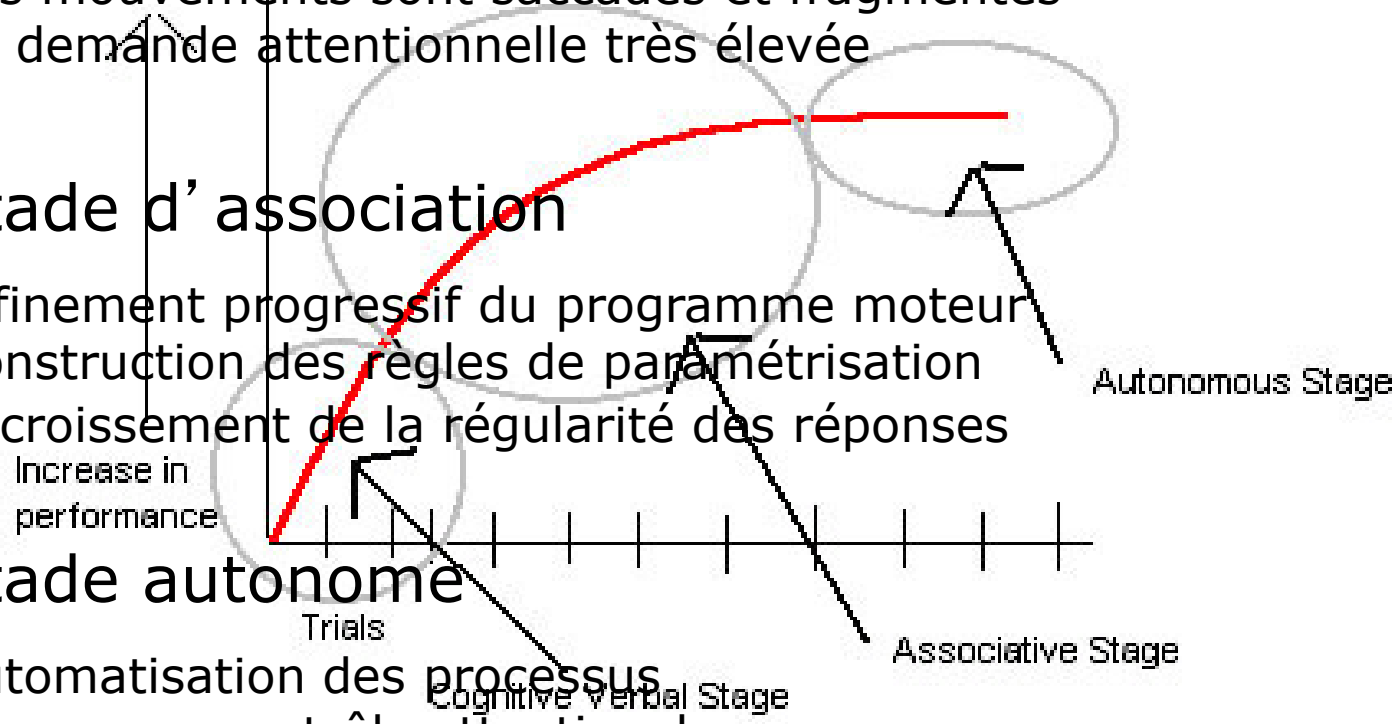
Intense activité cognitive
Identification du but à atteindre
Construction du PMG
Les mouvements sont saccadés et fragmentés
La demande attentionnelle très élevée

2. Stade d'association

Affinement progressif du programme moteur
Construction des règles de paramétrisation
Accroissement de la régularité des réponses

3. Stade autonome

Automatisation des processus
Plus aucun contrôle attentionel



3. Les étapes de l'apprentissage moteur

3.1. La mesure de l'apprentissage

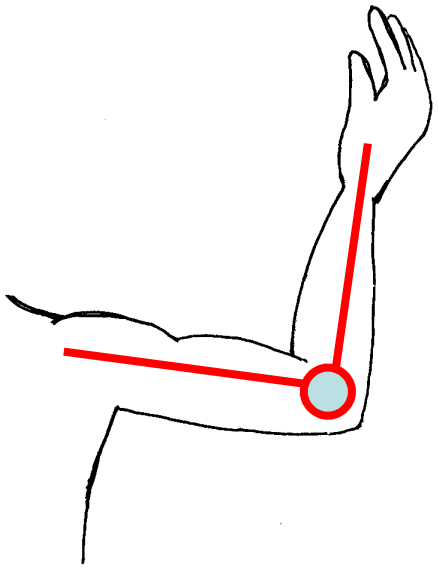
3.2. Les théories cognitives: l'apprentissage comme affinement du programme moteur

3.3. Berstein : l'apprentissage et la maîtrise des degrés de liberté

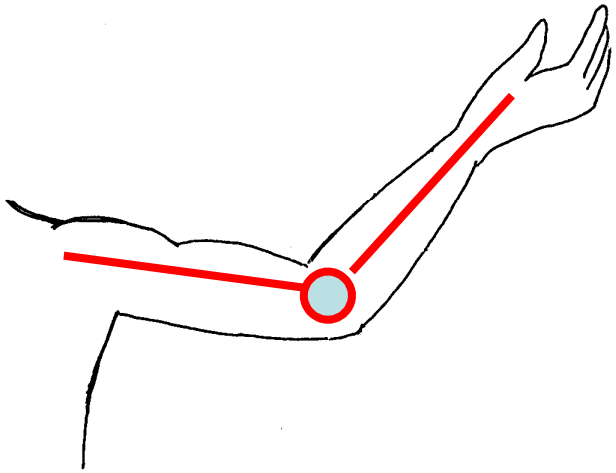
3.4. Newell : l'exploration de l'espace de travail perceptivo-moteur

3.5. La dynamique des coordinations

Degré de liberté: paramètre libre pour la spécification des propriétés d'un système



Degré de liberté: paramètre libre pour la spécification des propriétés d'un système



1 seul ddl permet de définir le système

+++ ddl

Hypothèses de Bernstein

Le problème du débutant est de **gérer la redondance de ses degrés de liberté**

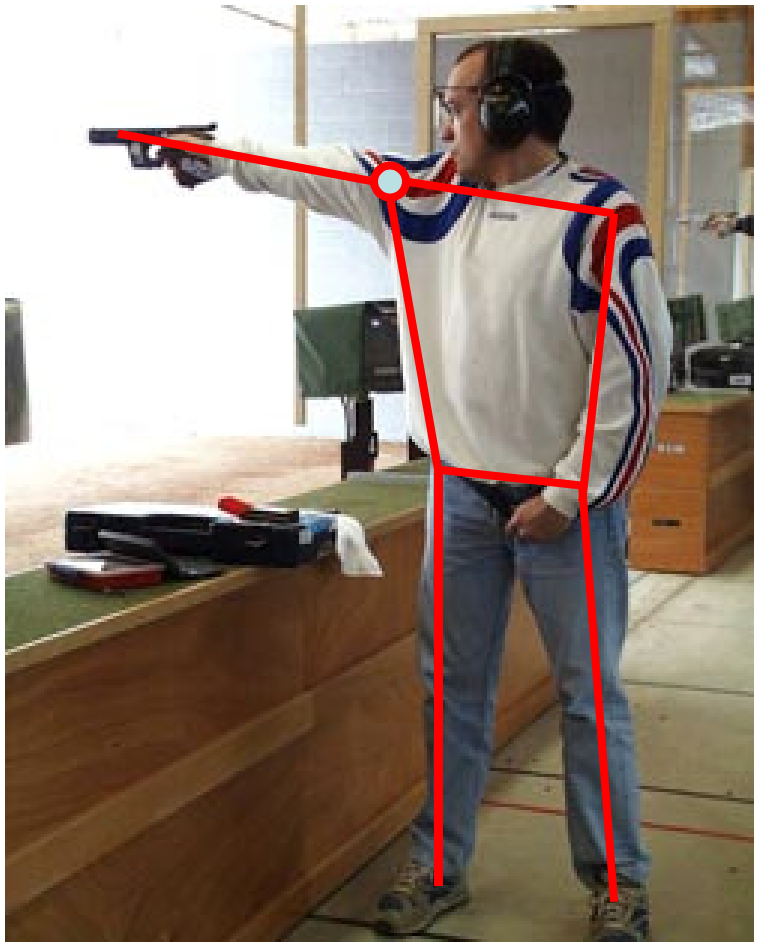
Hypothèses:

Dans un premier temps, le débutant « gèle » la plupart des ddl, et réalise la tâche avec les ddl résiduels

Dans un second temps, le sujet libère les degrés de liberté, et les intègre dans des « structures coordinatives »

Analyse de la variabilité des positions articulaires dans le tir au pistolet

Débutants



Gel de tous les ddl sauf l'épaule

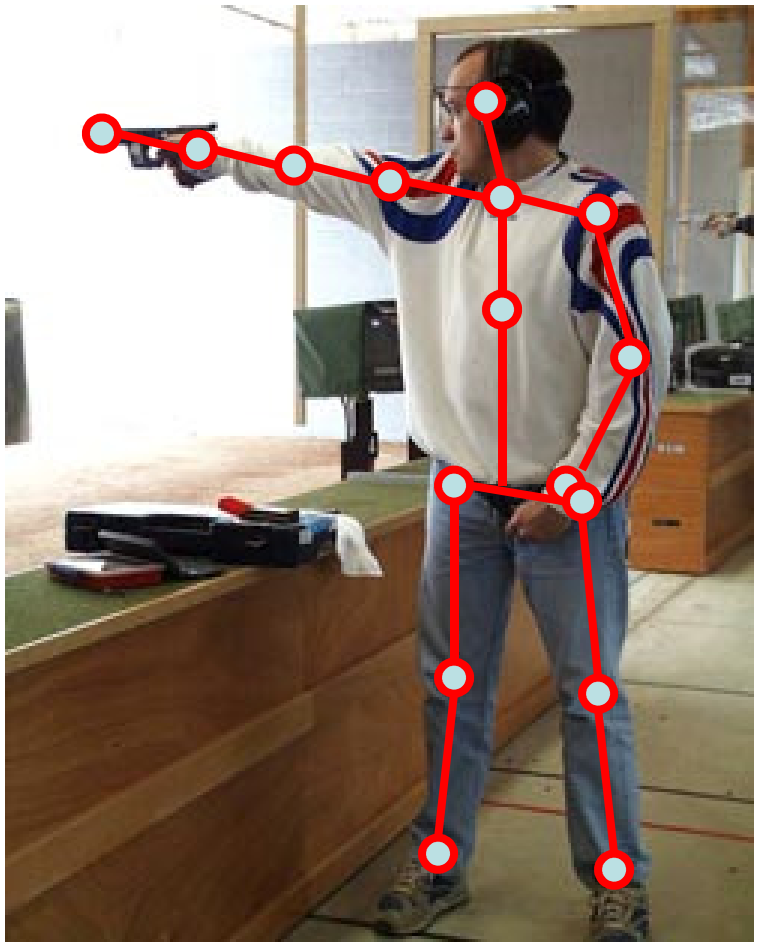
→ Simplification du contrôle

Arutyunyan, Gurfinkel et Mirskii (1968)

Analyse de la variabilité des positions articulaires

dans le tir au pistolet

Experts



Tous les ddl sont libres

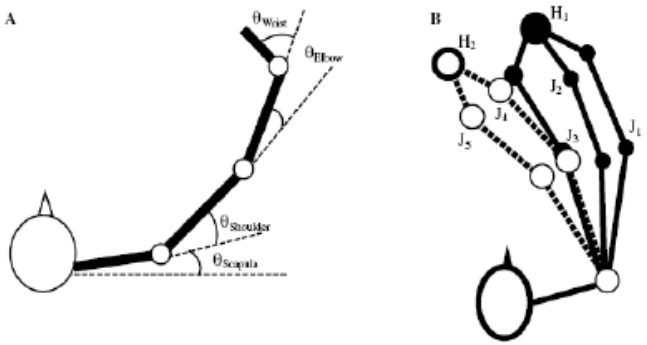
→ Coordination/ synergie entre ddl

Arutyunyan, Gurfinkel et Mirskii (1968)

Le problème de la redondance

N. Bernstein (1967), The co-ordination and régulation of movements

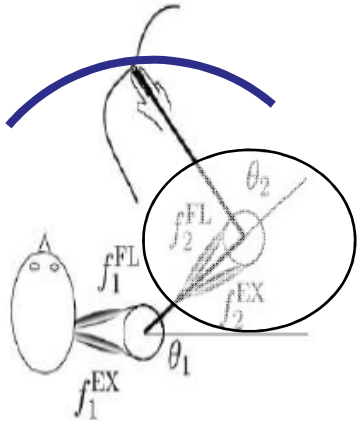
Redondance



Plusieurs solutions, réduire la dimension du problème

Gel des ddl

Rigidité articulaire: co-contraction

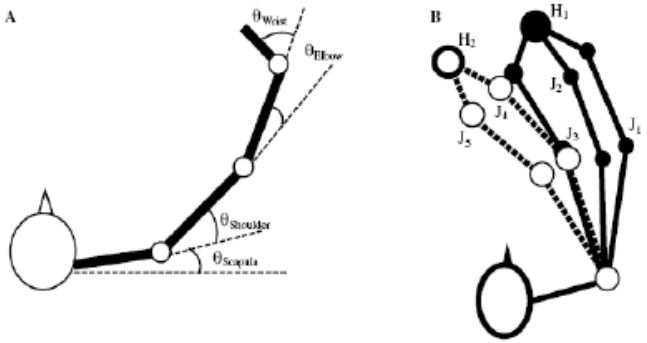


Immobilisation des articulations en augmentant la *raideur*

Le problème de la redondance

N. Bernstein (1967), The co-ordination and régulation of movements

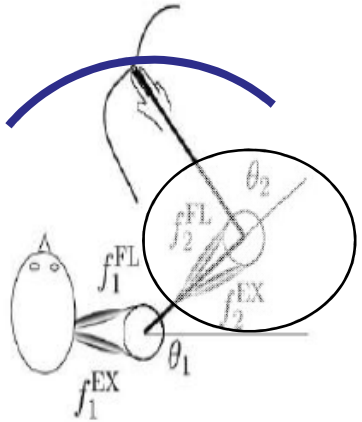
Redondance



Plusieurs solutions, réduire la dimension du problème

Gel des ddl

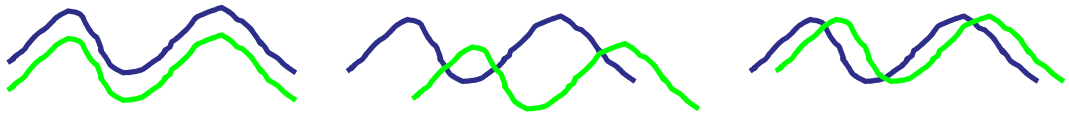
Rigidité articulaire: co-contraction



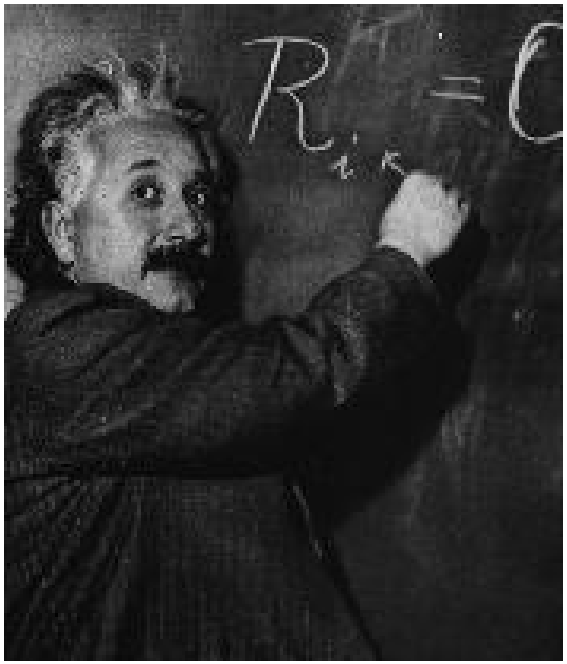
Immobilisation des articulations en augmentant la *raideur*

Dégel des ddl

Structures coordinatives/ synergies articulaires



Phase Anti-phase Déphasage

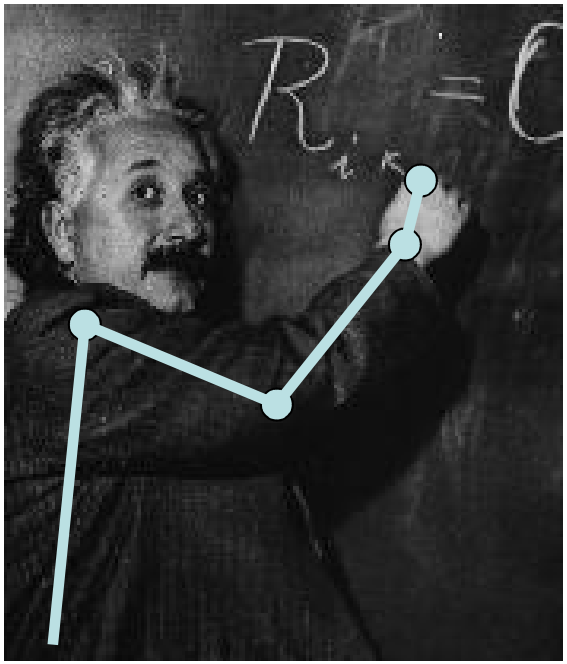


Newell & van Emmerik (1989)

Signature au tableau noir,
réalisée avec la main dominante
ou avec la main non dominante

Analyse des corrélations entre les déplacements verticaux:

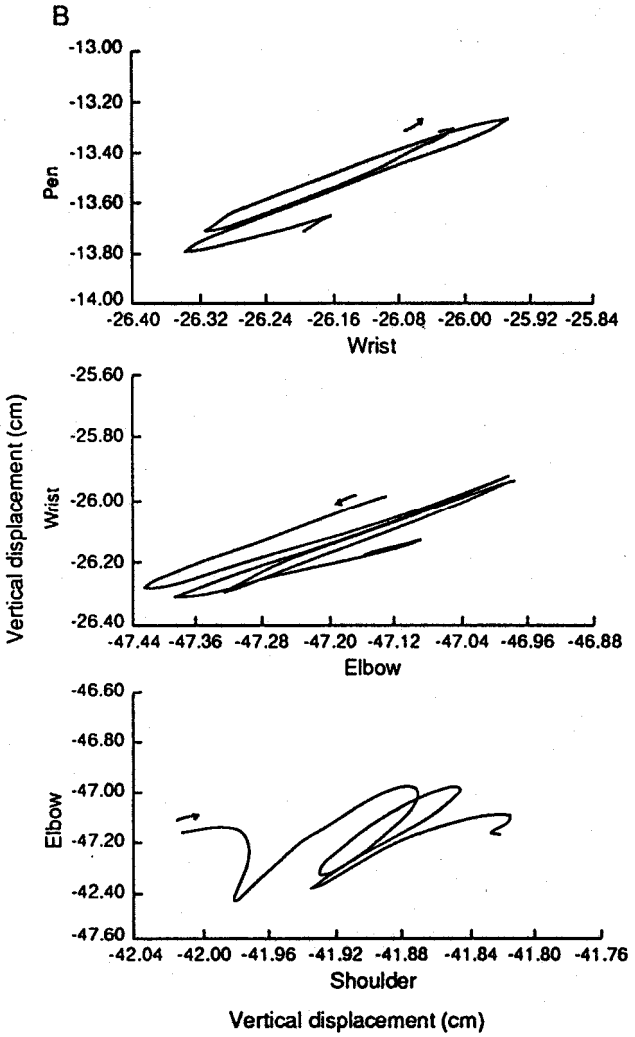
- du stylo et du poignet,
- du poignet et du coude,
- du coude et de l'épaule



Stylo/poignet

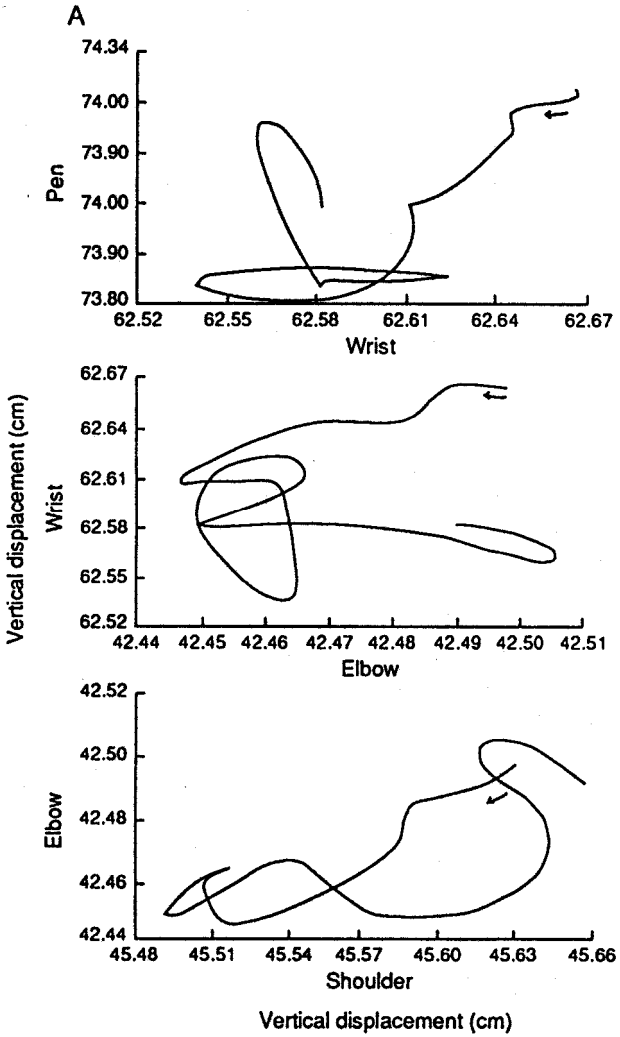
Poignet/coude

Coude/épaule



Main non dominante

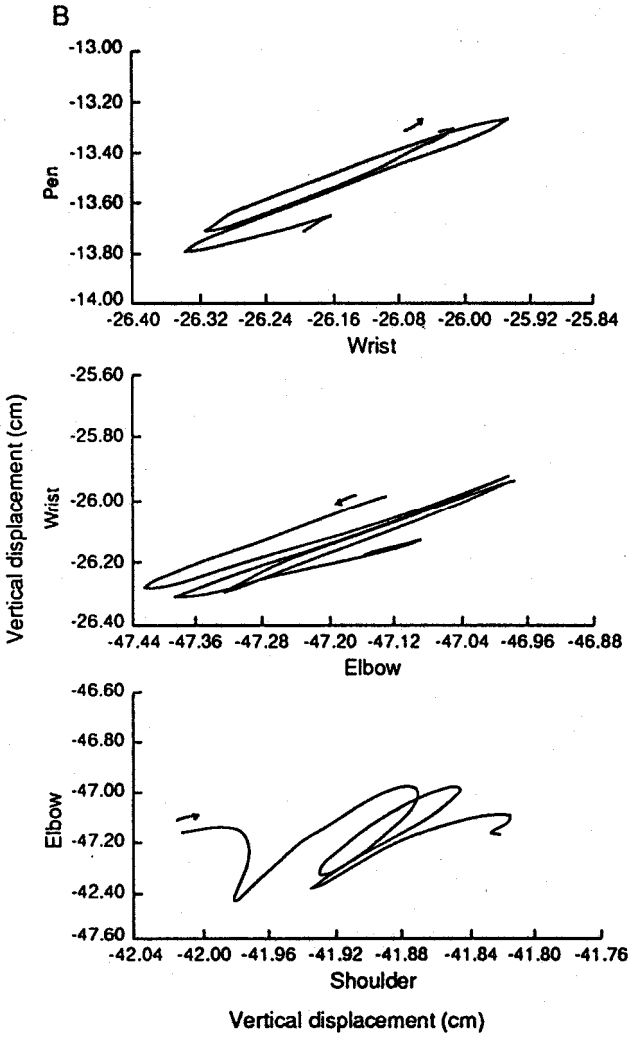
Newell & van Emmerik (1989)



Stylo/poignet

Poignet/coude

Coude/épaule



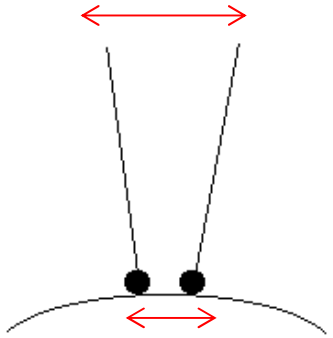
Main dominante

Main non dominante

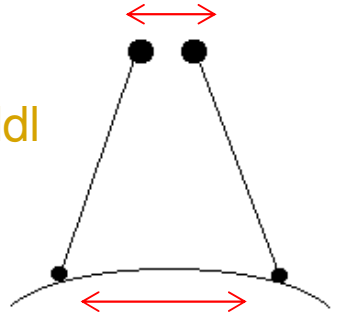
Newell & van Emmerik (1989)

Simulateur de ski:
Modélisation analogique du comportement de sujets débutants (haut), débrouillés (milieu), et experts (bas)
D'après Vereijken (1991).

A
Gel de tous ddl



B
Libération de 1 ddl (cheville)



En résumé:

1. Gel des ddl pour faciliter le contrôle

1. Dégel progressif des ddl avec oordination systématique des ddl libérés

3. Les étapes de l'apprentissage moteur

3.1. La mesure de l'apprentissage

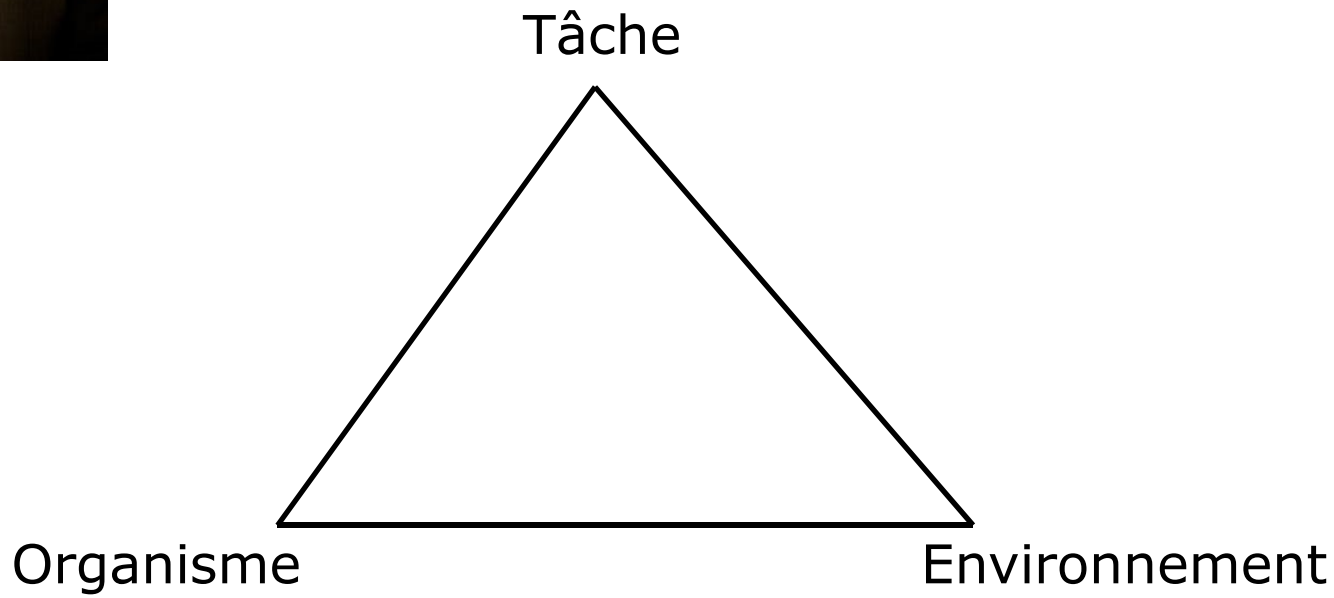
3.2. Les théories cognitives: l'apprentissage comme affinement du programme moteur

3.3. Berstein : l'apprentissage et la maîtrise des degrés de liberté

3.4. Newell : l’exploration de l’espace de travail perceptivo-moteur

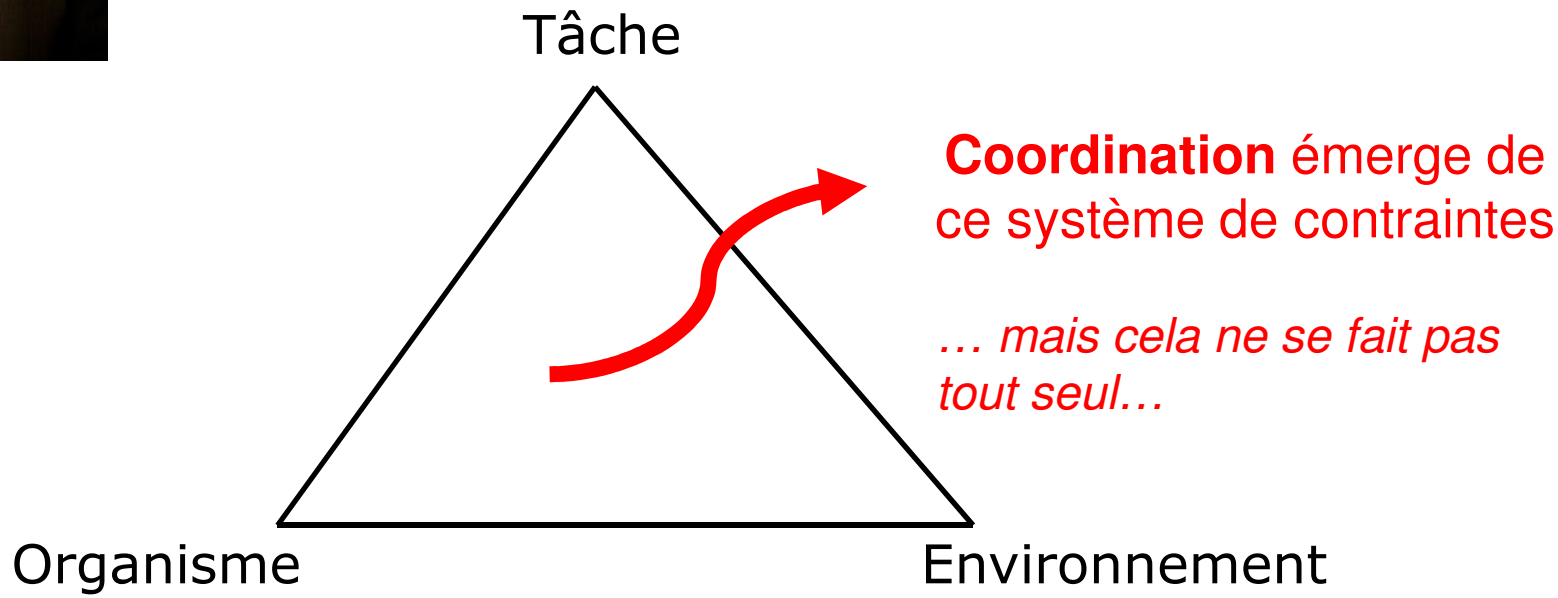
3.5. La dynamique des coordinations

Karl Newell



La tâche, l'organisme et l'environnement constituent un système complexe de contraintes

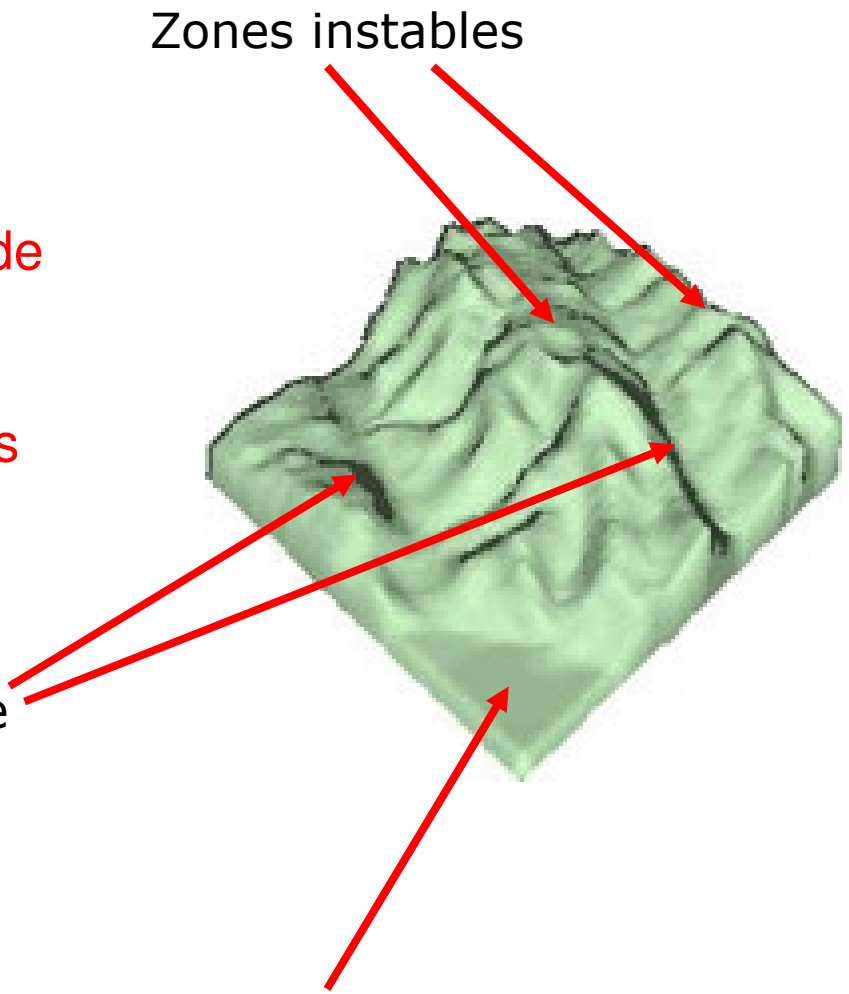
Karl Newell



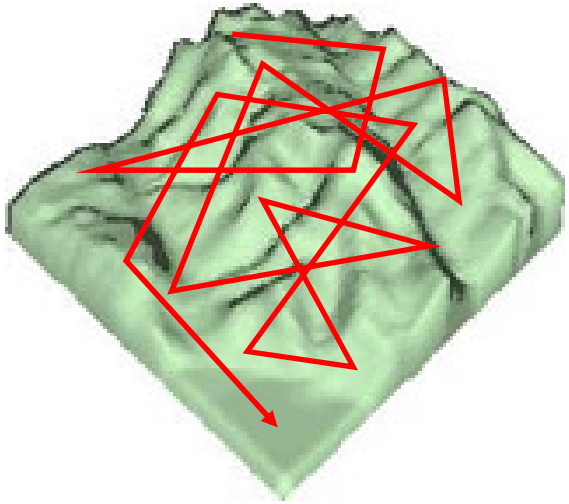
La tâche, l'organisme et l'environnement constituent un système complexe de contraintes

Ce système de contraintes définit un « espace de travail », dans lequel le sujet va devoir chercher une solution

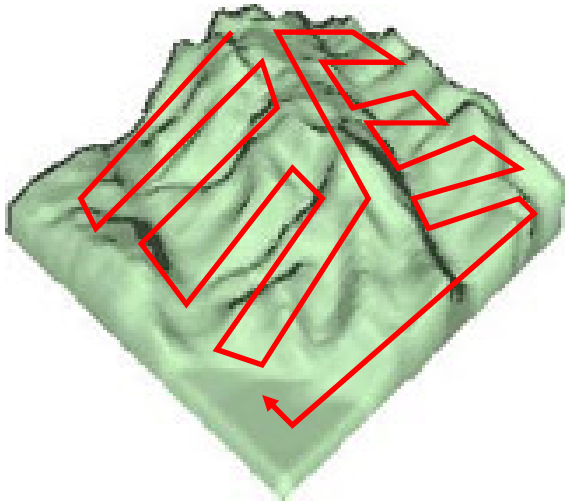
Le débutant explore l'espace de travail (toutes les solutions possibles au système de contraintes) à la recherche des zones de stabilité optimale (comportement expert)



Les stratégies d'exploration de l'espace de travail

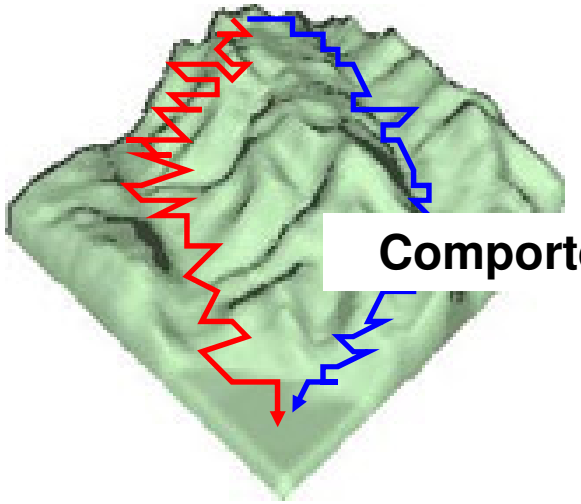


1. Exploration aveugle

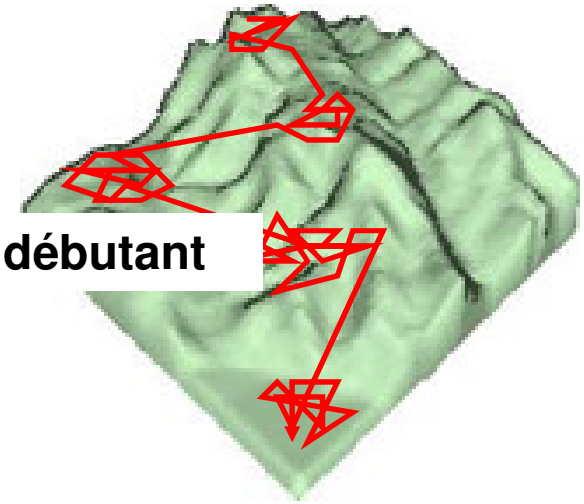


2. Exploration systématique

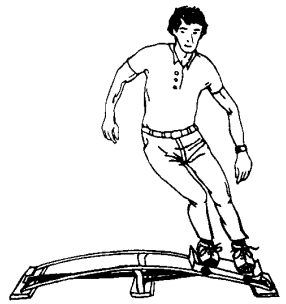
Comportement du débutant

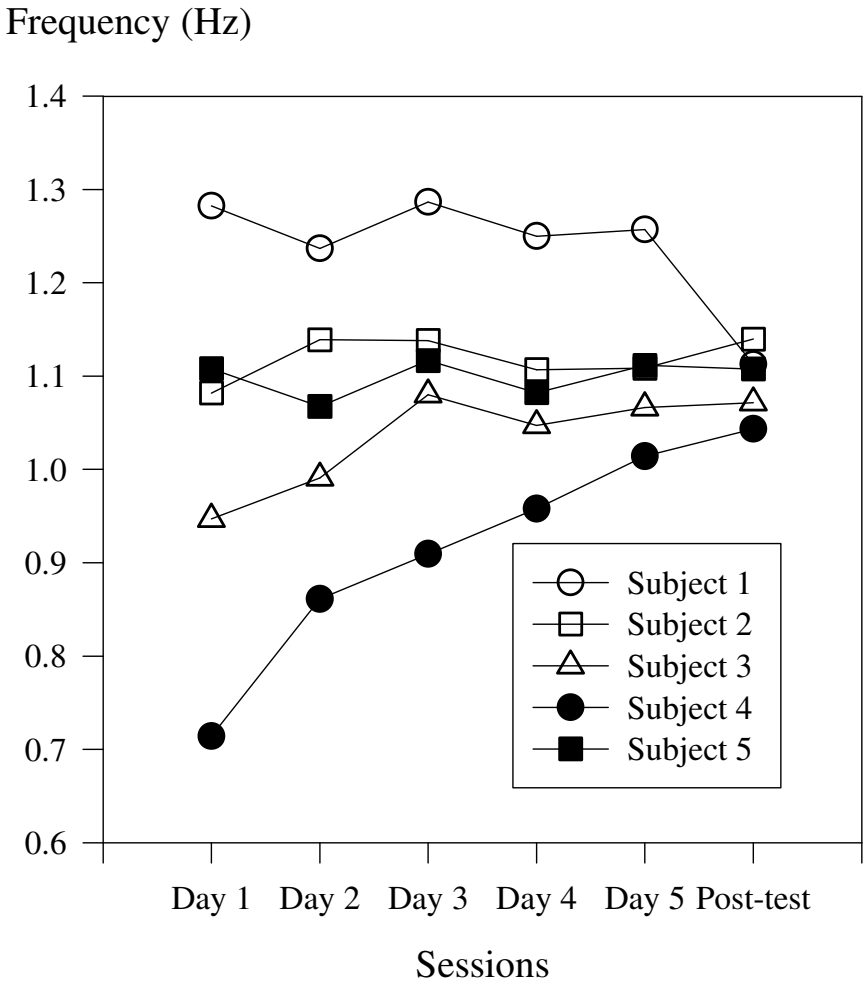


3. Exploration locale

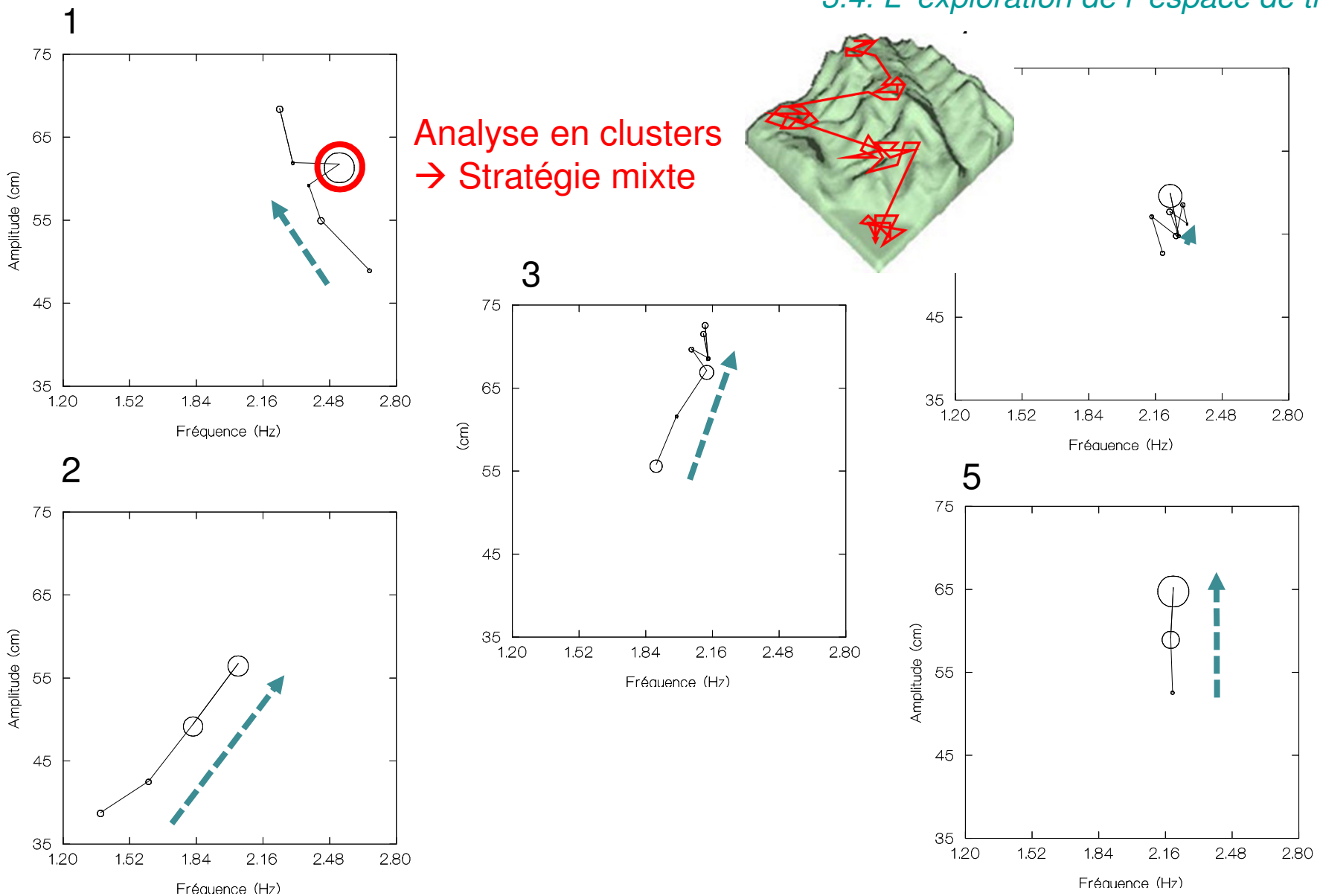


4. Exploration mixte



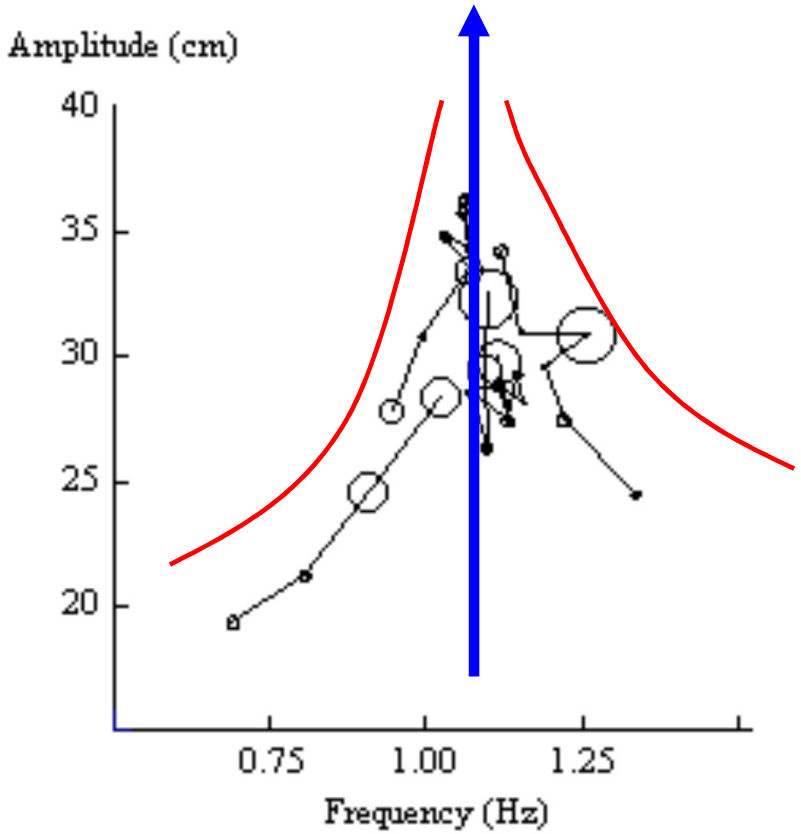


Evolution individuelle de la fréquence d'oscillation sur simulateur de ski lors des cinq sessions d'apprentissage et du post-test (d'après Durand, Geoffroi, Varray & Préfaut, 1994)



Evolution individuelle des sujets dans un plan amplitude/fréquence
(Geoffroi, Delignières et Durand, 1995)

Fréquence optimale: dépense énergétique minimale



Evolution individuelle des sujets dans un espace de travail amplitude/fréquence (Geoffroi, Delignières et Durand, 1995)

3. Les étapes de l'apprentissage moteur

3.1. La mesure de l'apprentissage

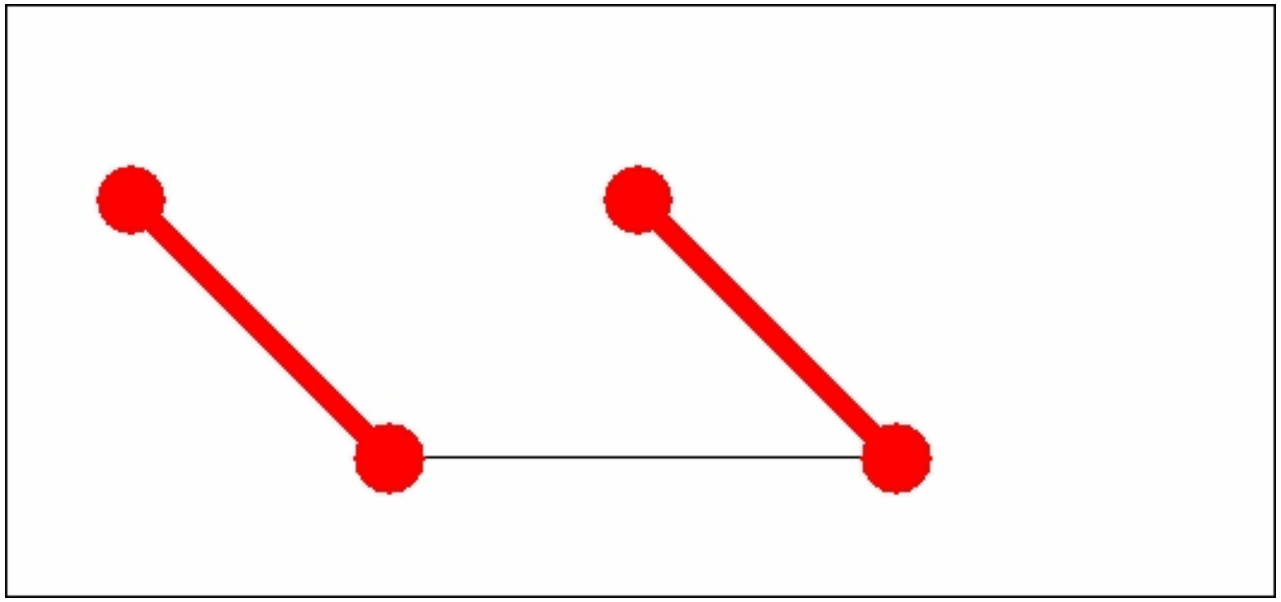
3.2. Les théories cognitives: l'apprentissage comme affinement du programme moteur

3.3. Berstein : l'apprentissage et la maîtrise des degrés de liberté

3.4. Newell : l'exploration de l'espace de travail perceptivo-moteur

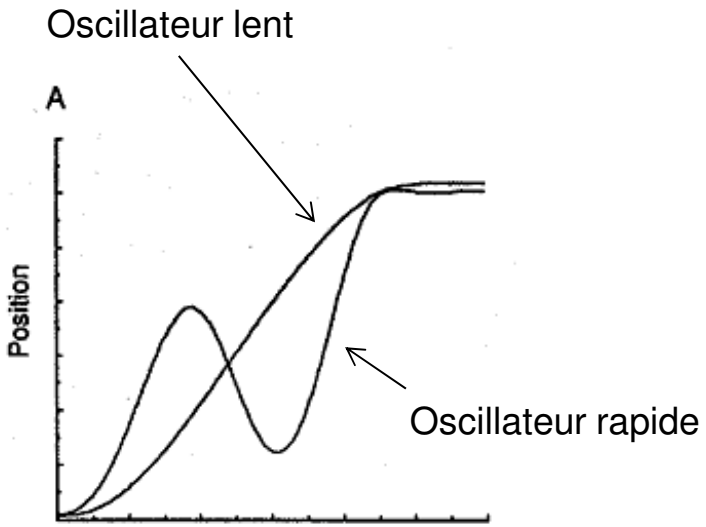
3.5. La dynamique des coordinations

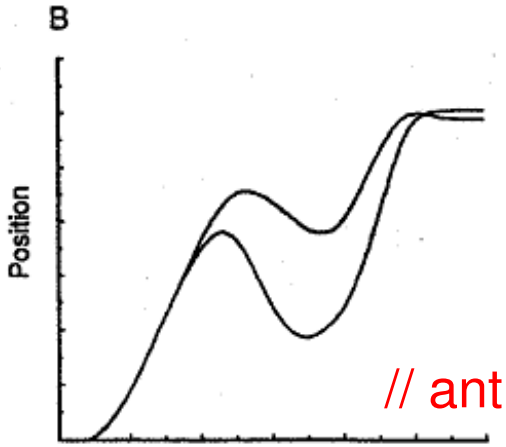
Le mode de coordination à apprendre peut entrer en compétition avec les modes de coordination spontanés



Coordination 1:3 (Walter & Swinnen, 1994)

Le comportement de l'oscillateur lent est contaminé par celui de l'oscillateur rapide





// antiphase…!

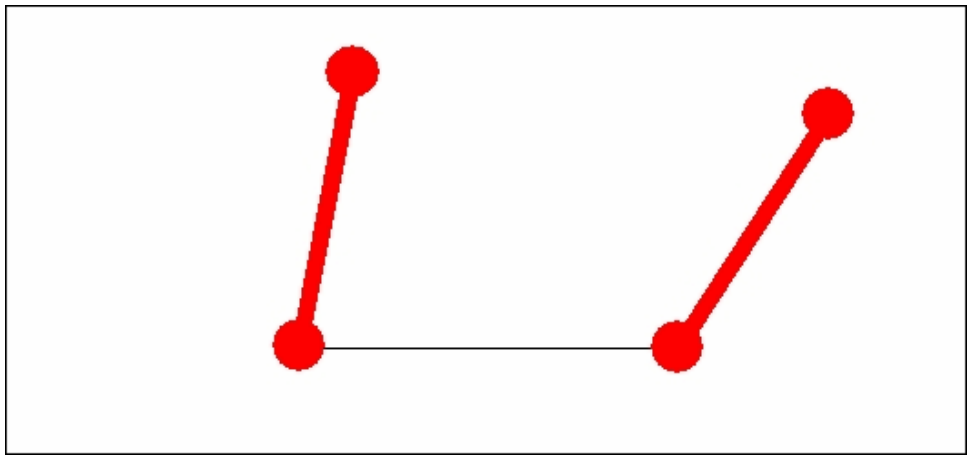
Le comportement débutant est attiré par les coordinations spontanées (Antiphase):

→ Ces coordinations spontanées constituent une explication pour interpréter le comportement du débutant

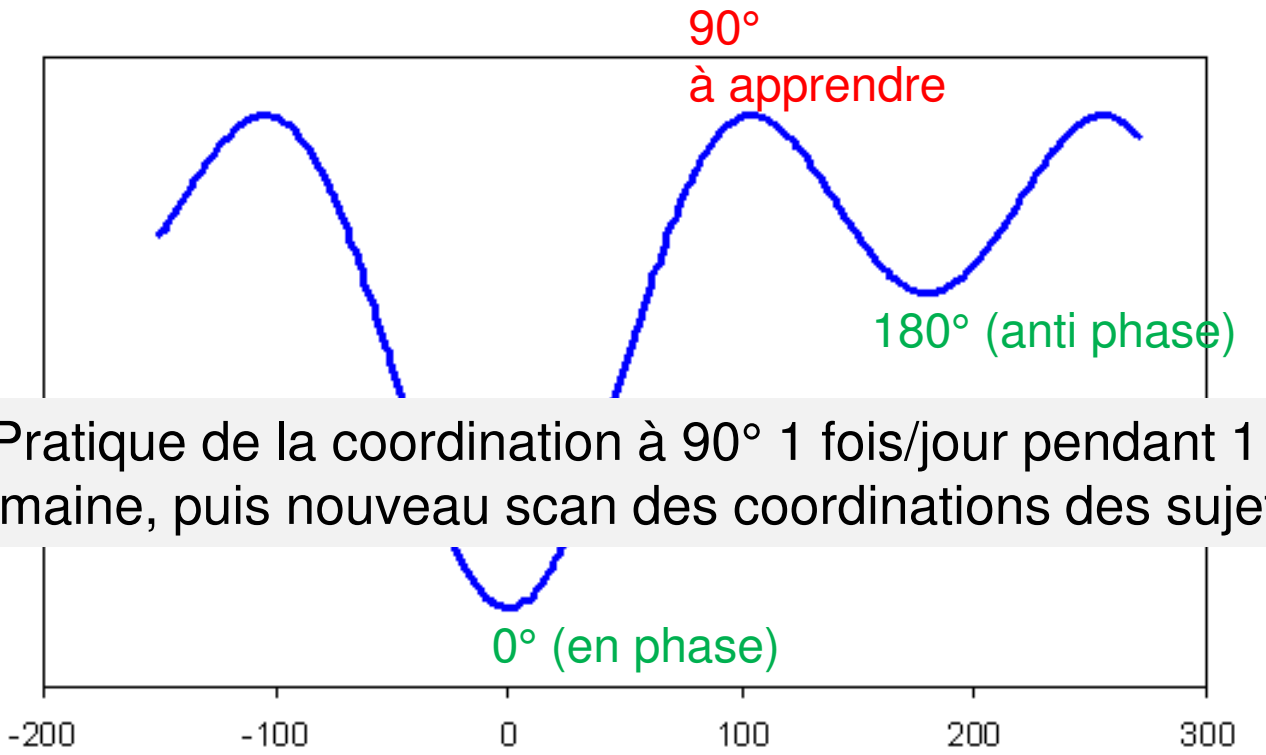
→ Les coordinations spontanées peuvent constituer un frein à l'Apprentissage de nouvelles coordinations motrices

Zanone et Kelso (1992)

Apprentissage de la coordination à 90° de phase relative



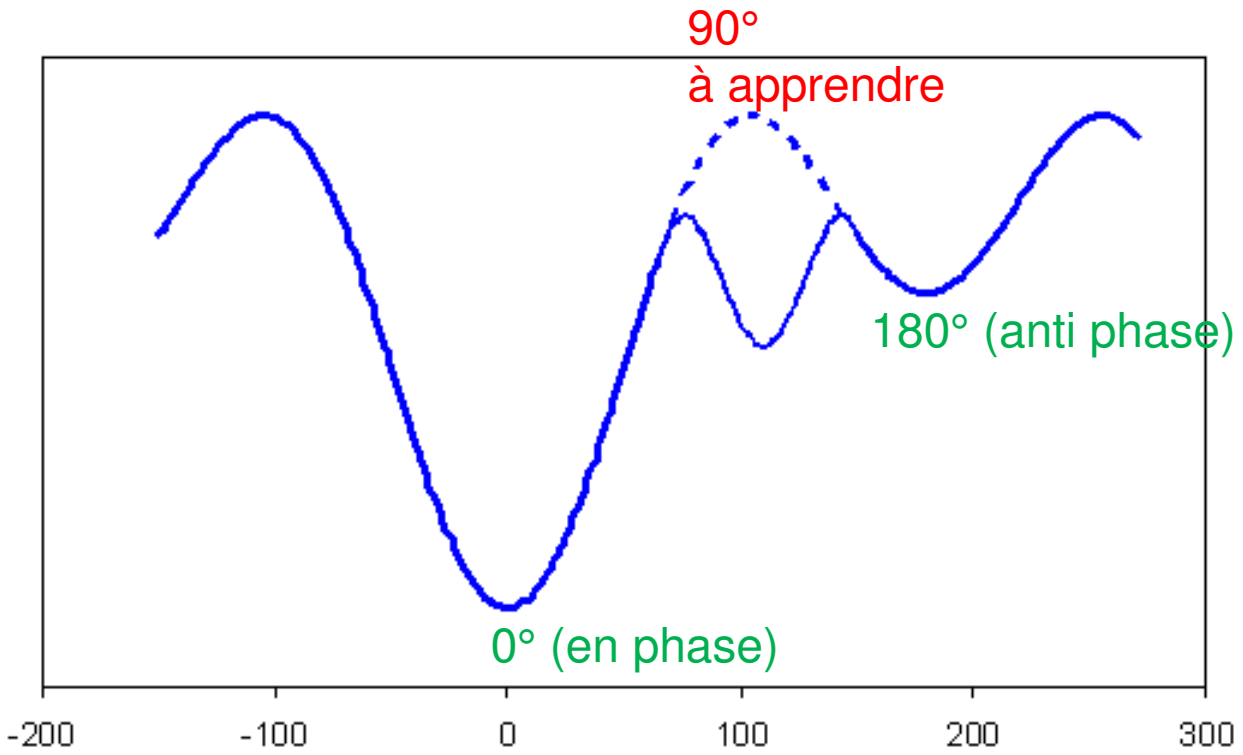
Sujets initialement bistables



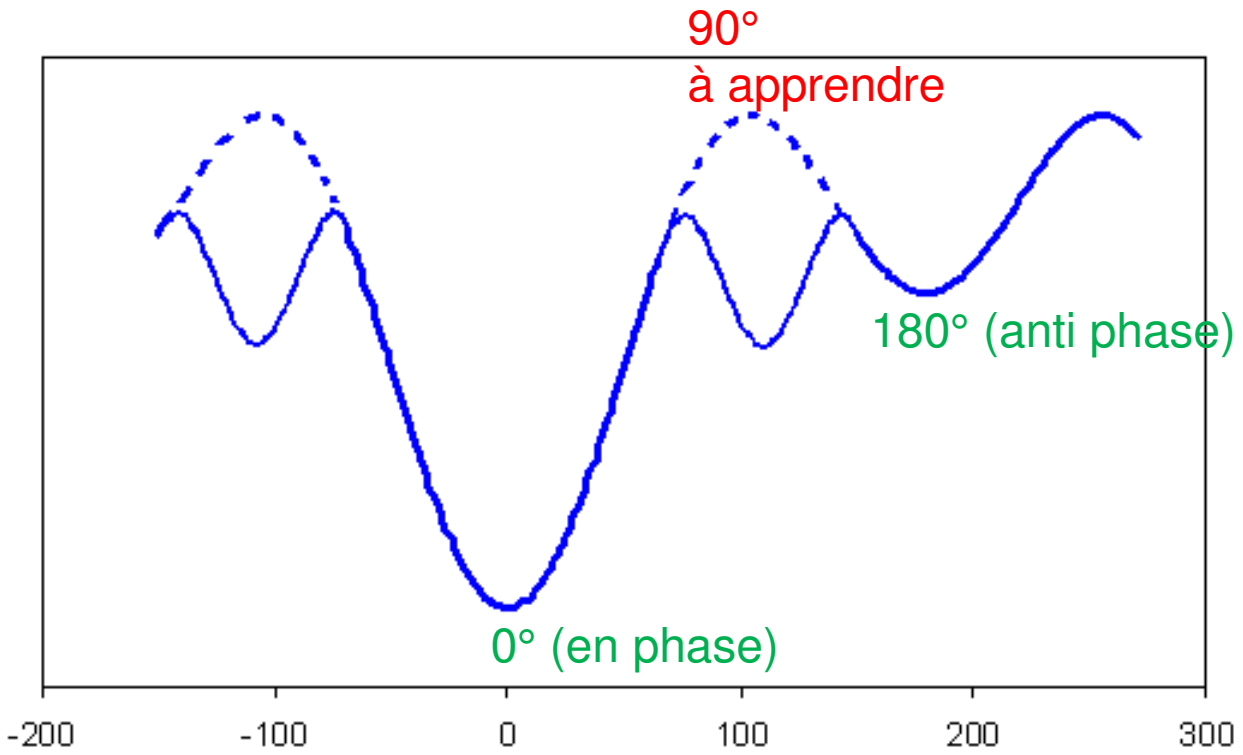
Pratique de la coordination à 90° 1 fois/jour pendant 1 semaine, puis nouveau scan des coordinations des sujets

« **Scan** » des coordinations des sujets: Analyse de la variabilité pour déterminer les zones de stabilité

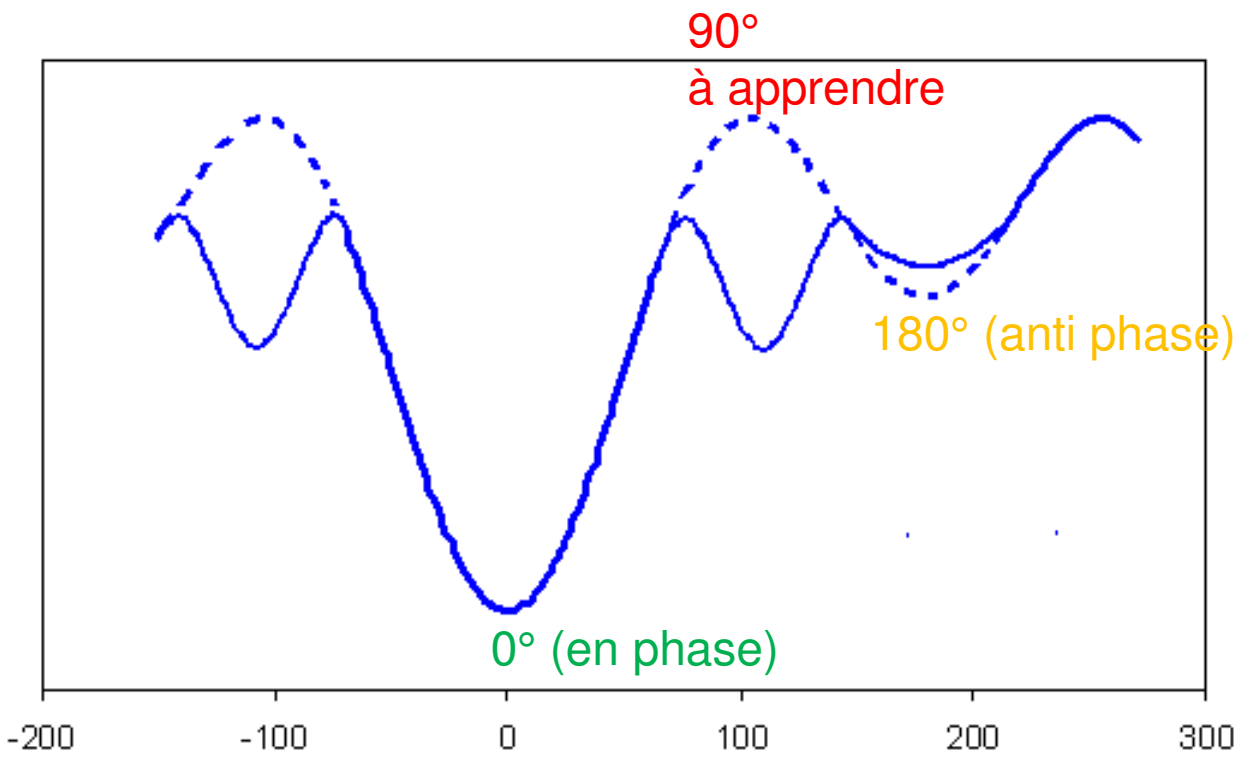
1. Apparition d'un attracteur à 90°



2. Apparition de l'attracteur miroir



3. Déstabilisation de l'attracteur 180°



Apparition de nouveaux attracteurs, non présents à l'origine

L'apprentissage peut être assimilé à une transition de phase

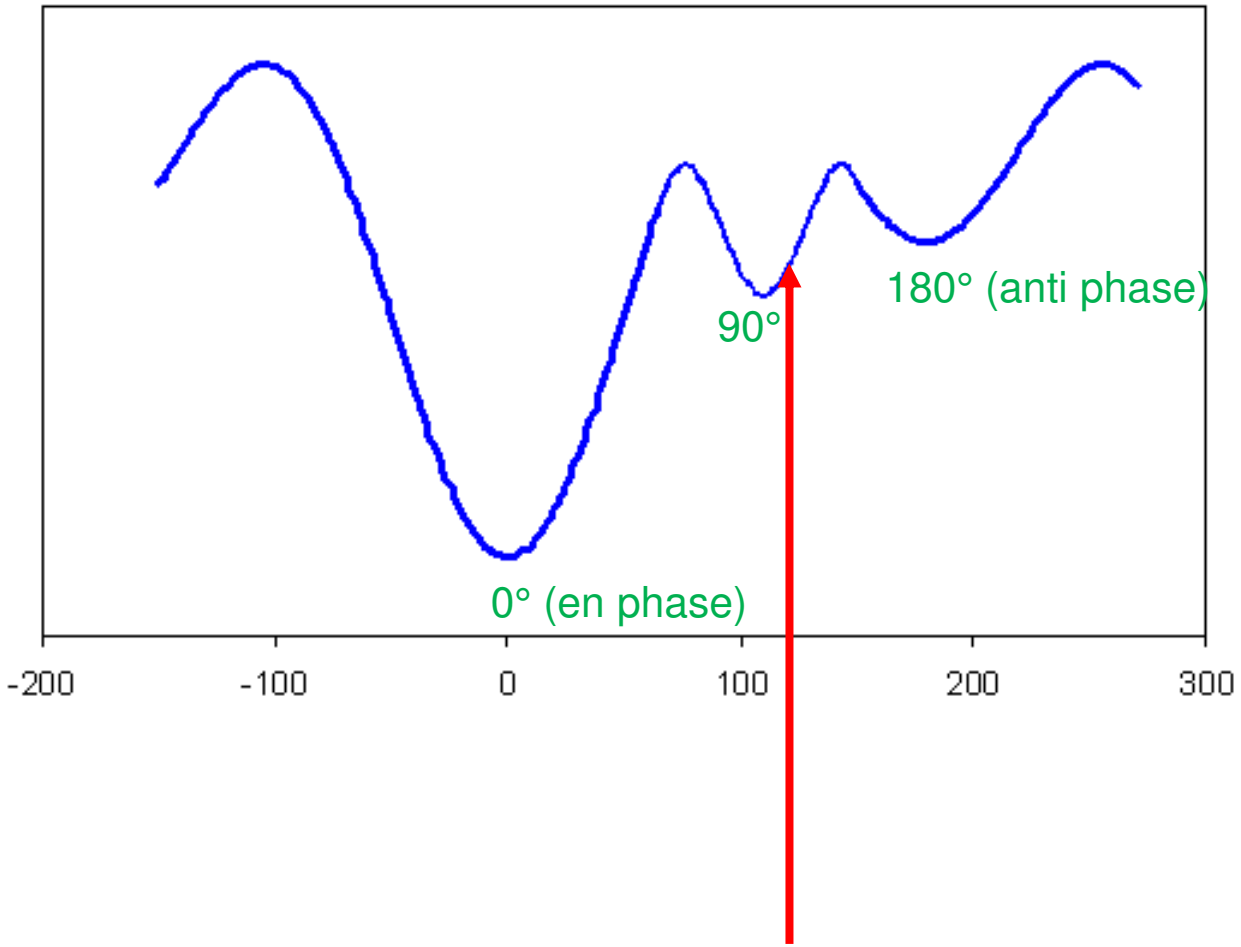
Stabilisation de coordinations non pratiquées: transfert positif

Déstabilisation de coordinations spontanées: transfert négatif

L'apprentissage entre en compétition avec la dynamique intrinsèque : l'apprenant lutte contre les coordinations spontanées, quitte à les déstabiliser pour en apprendre une nouvelle

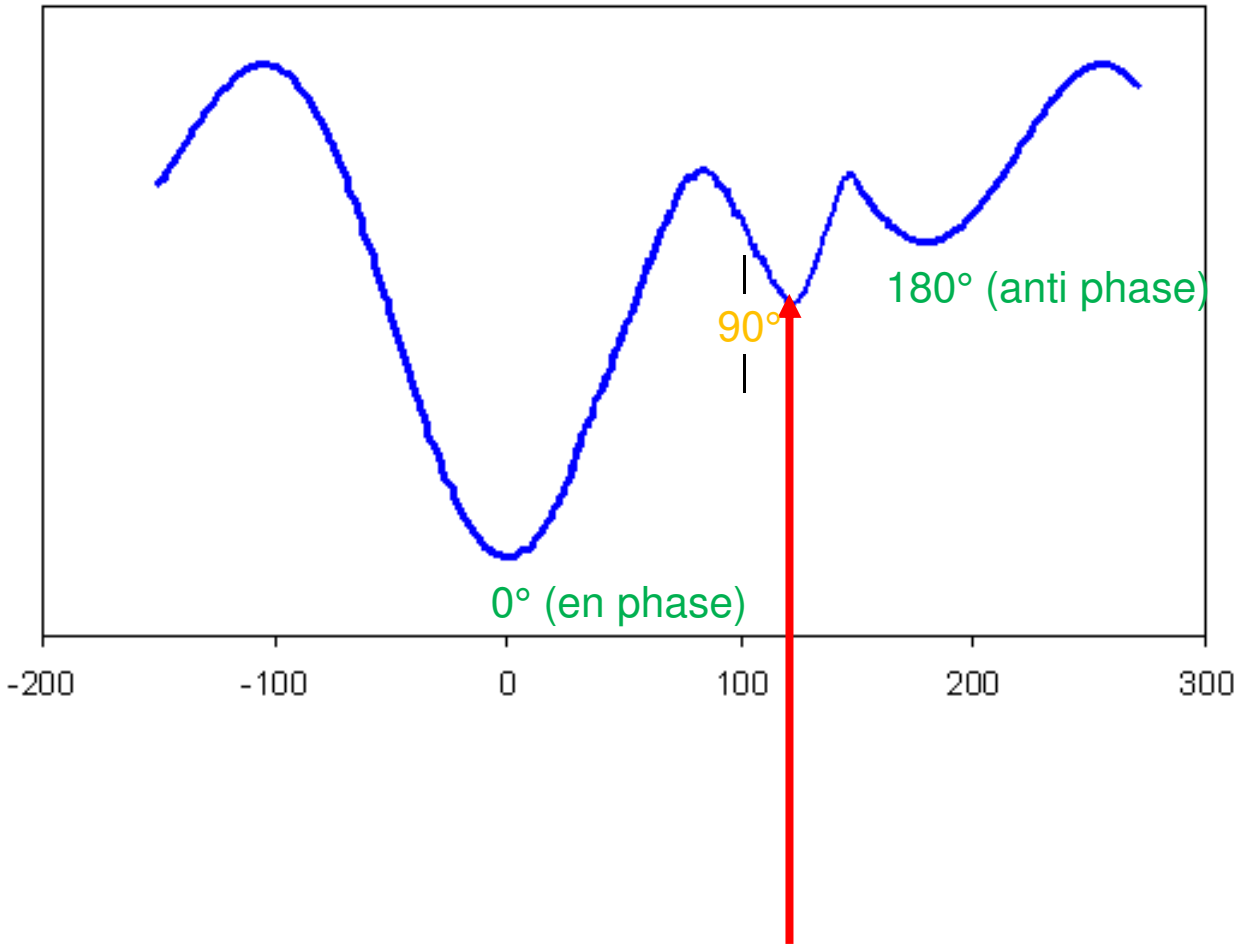
Zanone et Kelso (1992)

Zanone et Kelso (1997)
Sujets initialement tristables



Apprentissage de la coordination 135°

Zanone et Kelso (1997)
Sujets initialement tristables



Apprentissage de la coordination 135°

Pas d'apparition de nouvel attracteur, MAIS stabilisation du nouveau comportement par déformation de la dynamique intrinsèque

L'apprentissage n'est pas assimilé à une transition de phase

L'apprentissage exploite la dynamique intrinsèque

Convergence entre le pattern à apprendre et la dynamique intrinsèque

Zanone et Kelso (1997)

Deux types de situations d'apprentissage

Situations de compétition

Apparition de nouveaux attracteurs, entrant en compétition avec la dynamique intrinsèque

Situations de convergence

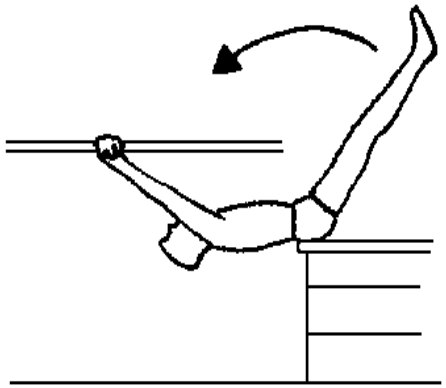
Déformation progressive de la dynamique intrinsèque

Comment analyser le comportement du débutant dans les tâches complexes?

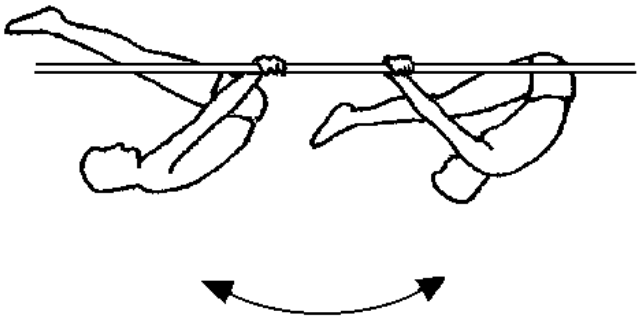
Idée centrale:

Le comportement débutant exploite typiquement les coordinations spontanées (dynamique intrinsèque)

L'apprentissage des balancers en suspension mi-renversée aux barres parallèles.



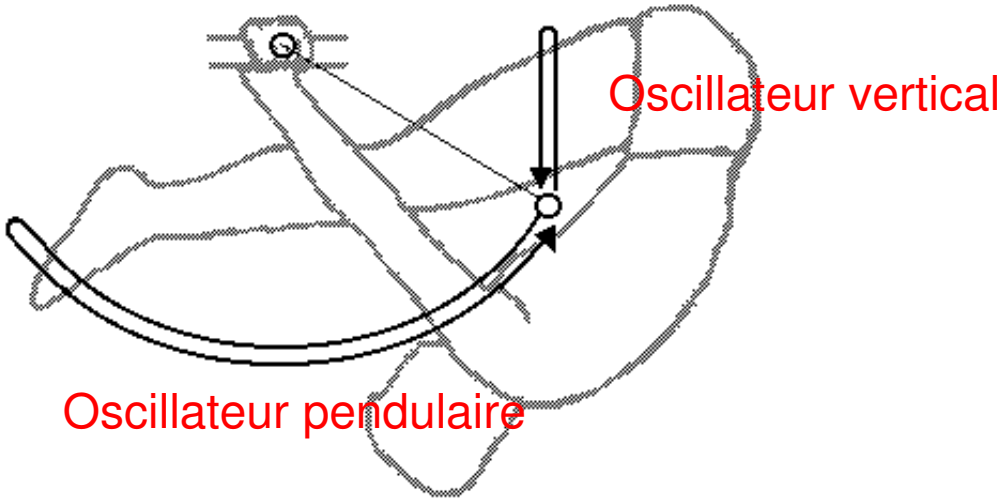
a.



b.

Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Modélisation de la tâche comme système d'oscillateurs couplés

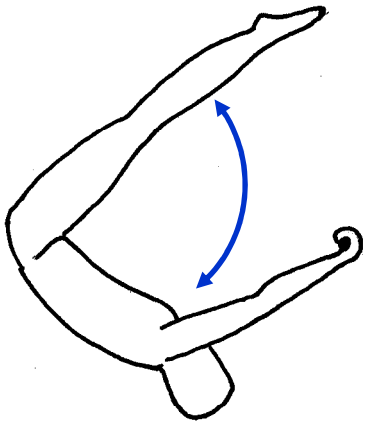


→ **Analyse de la coordination entre ces 2 oscillateurs pour comparer le comportement débutant *vs.* le comportement expert**

Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des experts

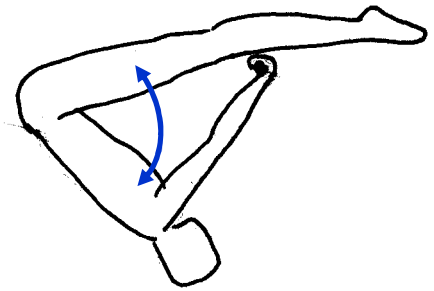
Point de revirement du balancer avant



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des experts

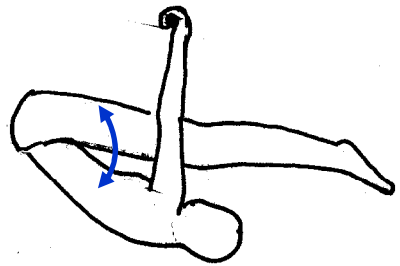
Le sujet s'engage dans balancer arrière



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des experts

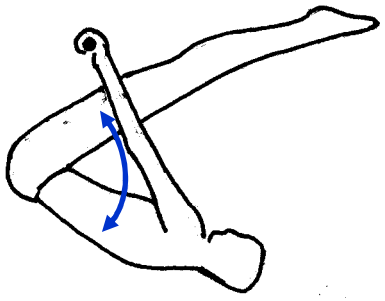
Passage en verticale basse



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des experts

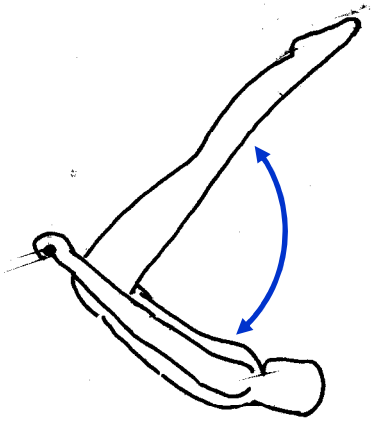
...



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

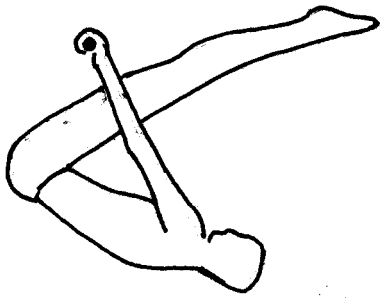
Comportement des experts

Point de revirement du balancer arrière



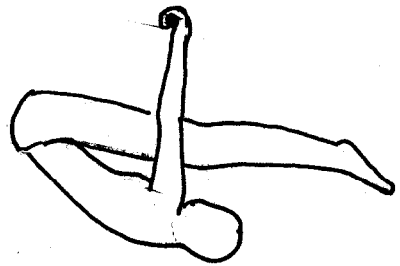
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des experts



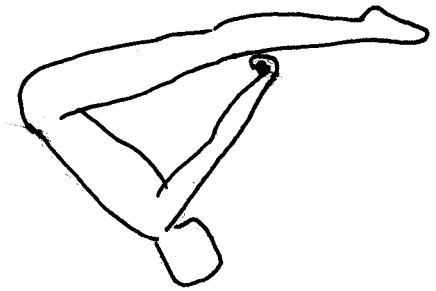
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des experts



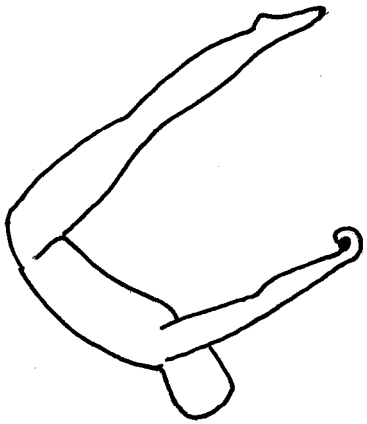
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des experts



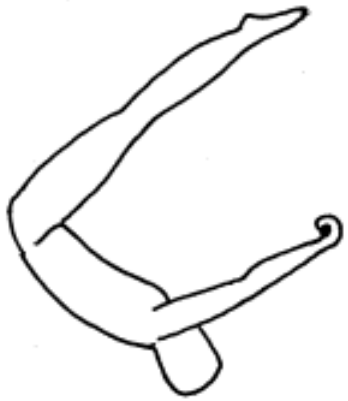
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des experts



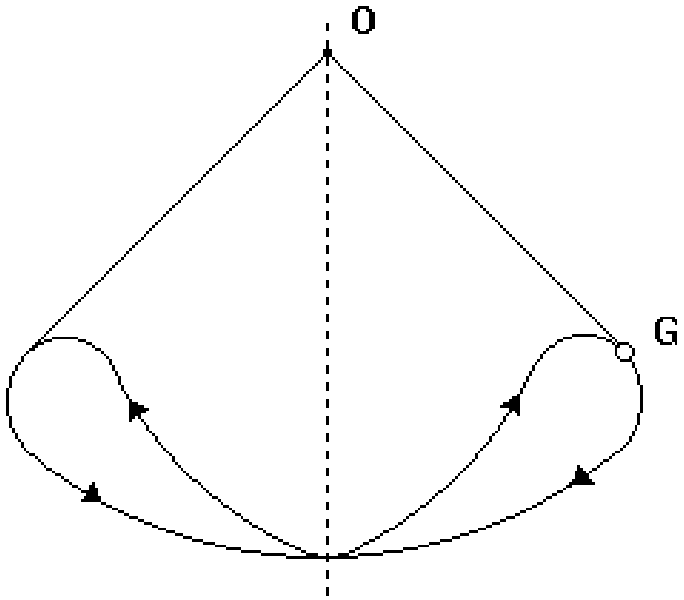
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des experts



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Trajectoire du centre de gravité chez les experts



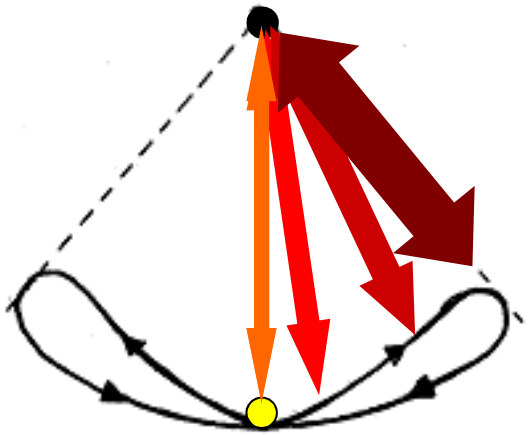
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Trajectoire du centre de gravité chez les experts

Exploitation optimale et efficiente des forces passives (gravité)

✓Réduction de la distance
pendant les phases ascendantes

= Diminuer les résistances



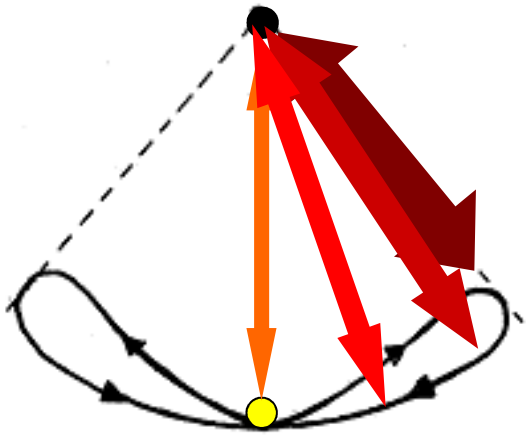
Delignières et al.(1998)

Trajectoire du centre de gravité chez les experts

Exploitation optimale et efficiente des forces passives (gravité)

✓Réduction de la distance
pendant les phases ascendantes

= Diminuer les résistances

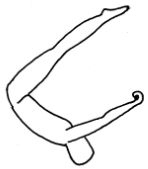


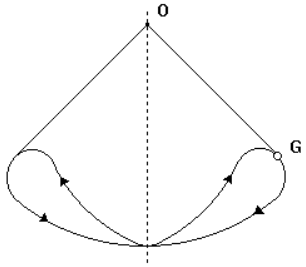
✓Augmentation de la distance
pendant les phases descendantes

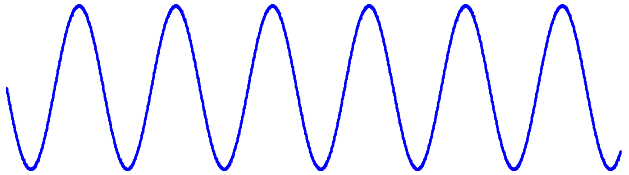
= Exploiter la gravité

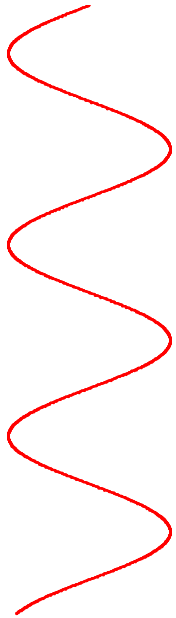
Delignières et al.(1998)

Description de la coordination mise en œuvre



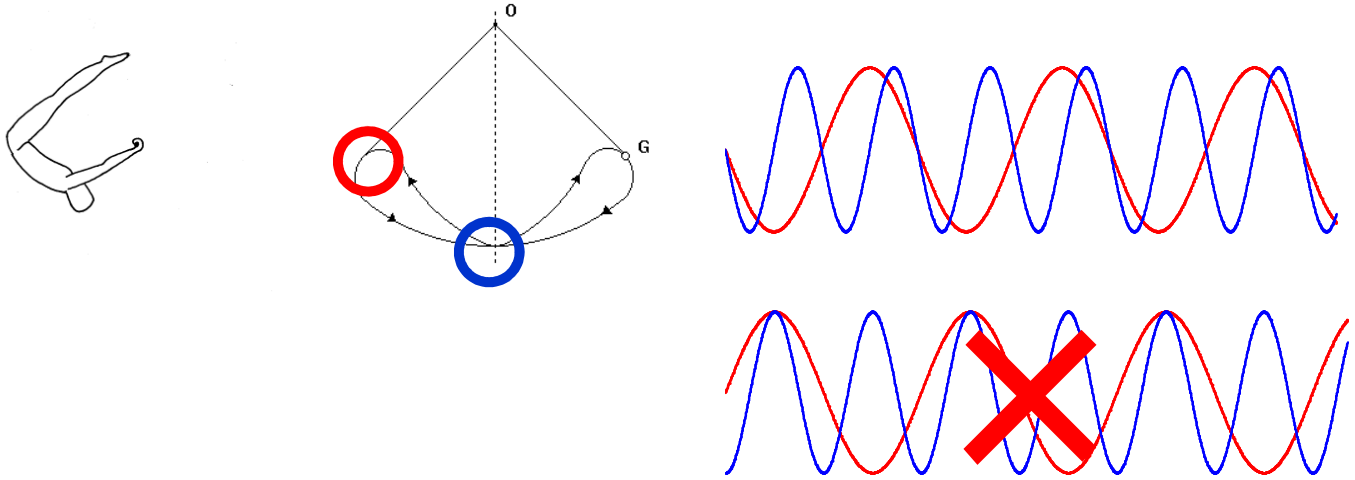






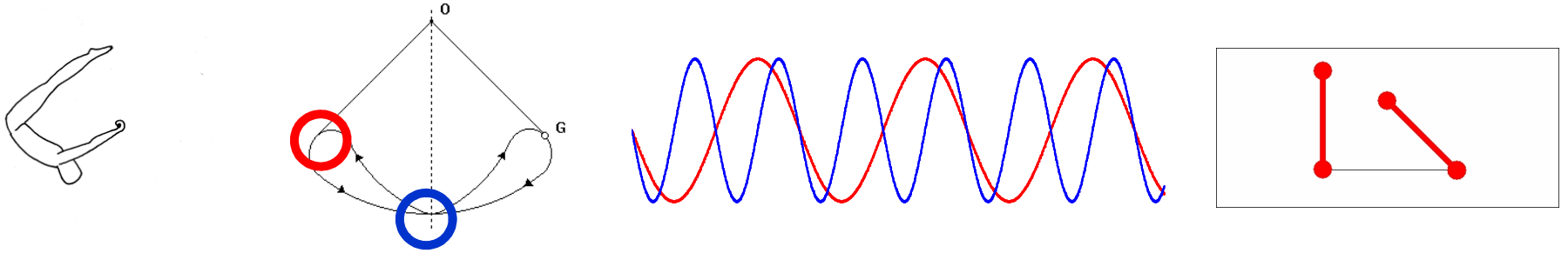
Des oscillations verticales deux fois plus rapides

Des oscillations pendulaires lentes



La coordination experte présente un rapport de fréquence de 2:1

De plus, les deux oscillations ne sont initiées au même moment:
elles présentent un décalage temporel



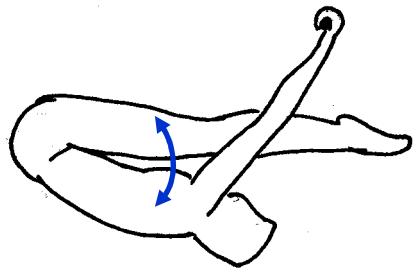
La coordination experte présente un rapport de fréquence de 2:1 associée à un décalage 90° /270°

La coordination experte est efficiente, mais très complexe

On fait l'hypothèse que la coordination débutante sera plus simple

Comportement des débutants

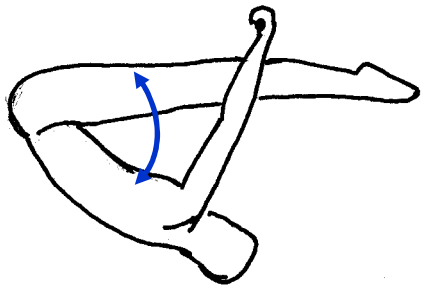
Point de revirement du balancer avant



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des débutants

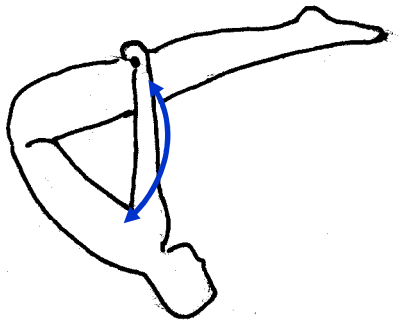
Engagement dans balancer arrière



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des débutants

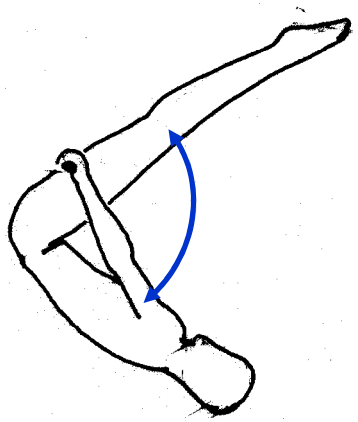
Passage en verticale basse



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des débutants

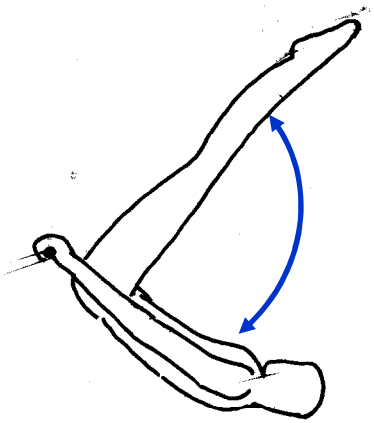
...



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

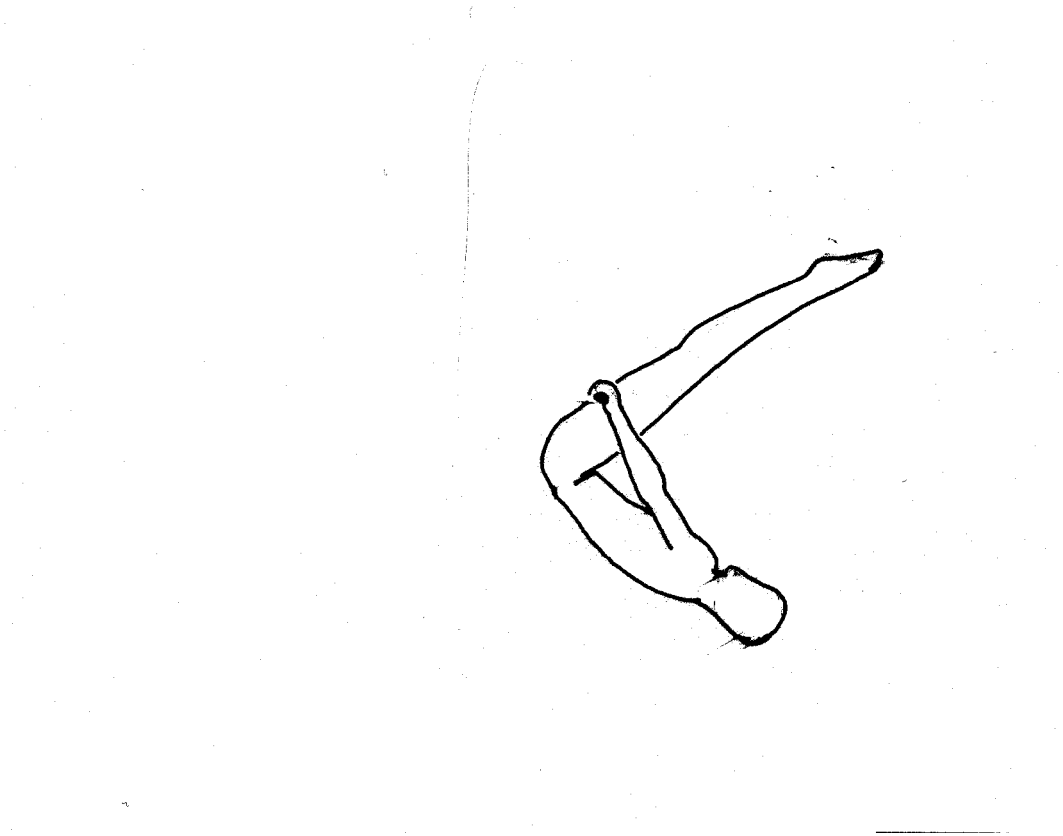
Comportement des débutants

Point de revirement du balancer avant



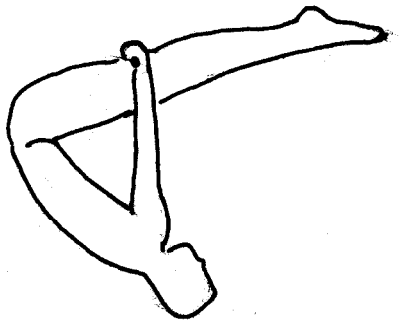
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des débutants



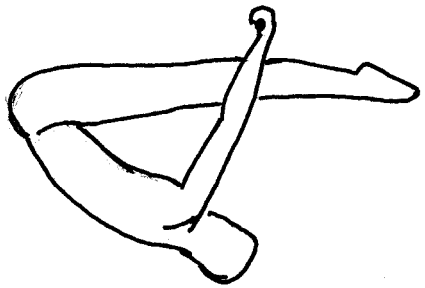
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des débutants



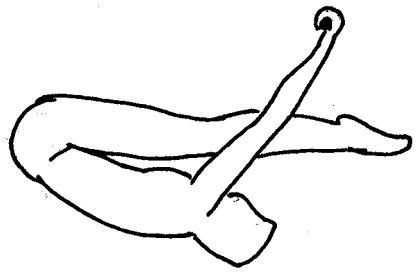
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des débutants



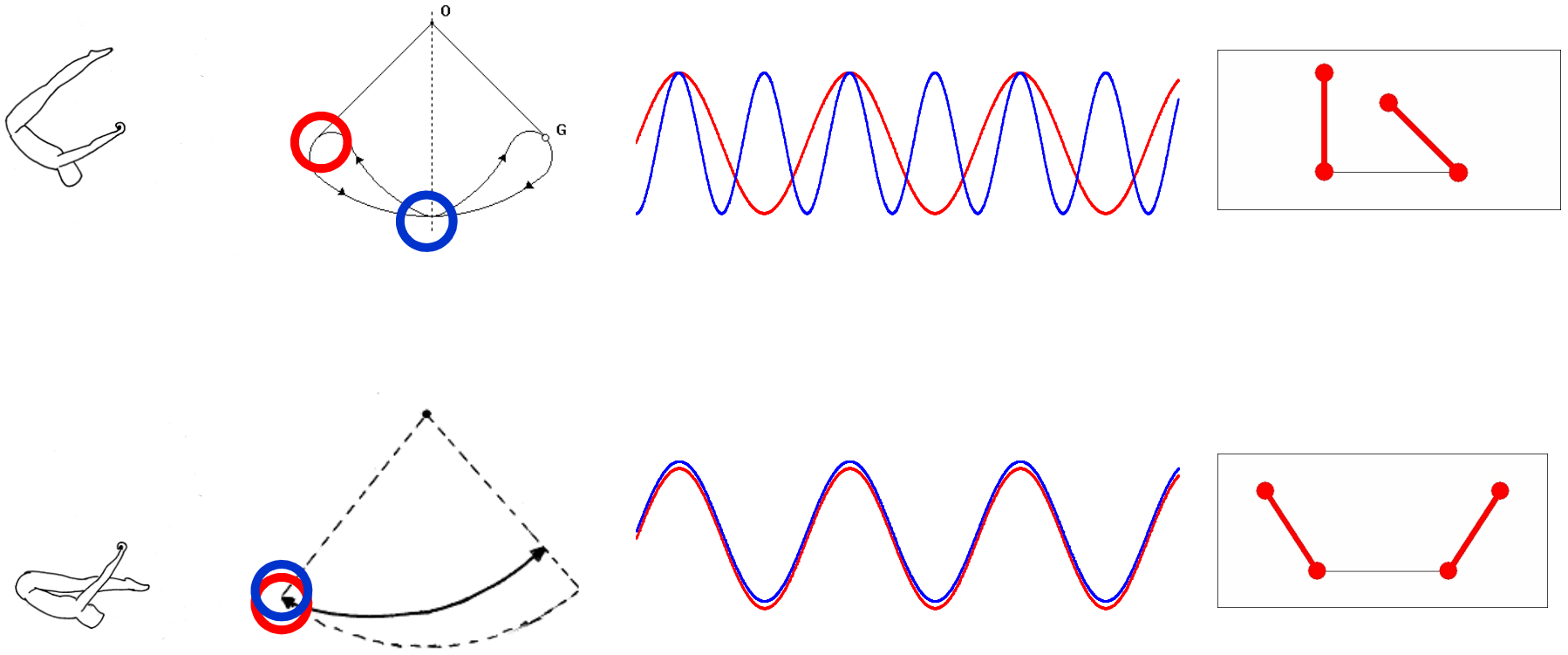
Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des débutants



Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff (1998)

Comportement des débutants



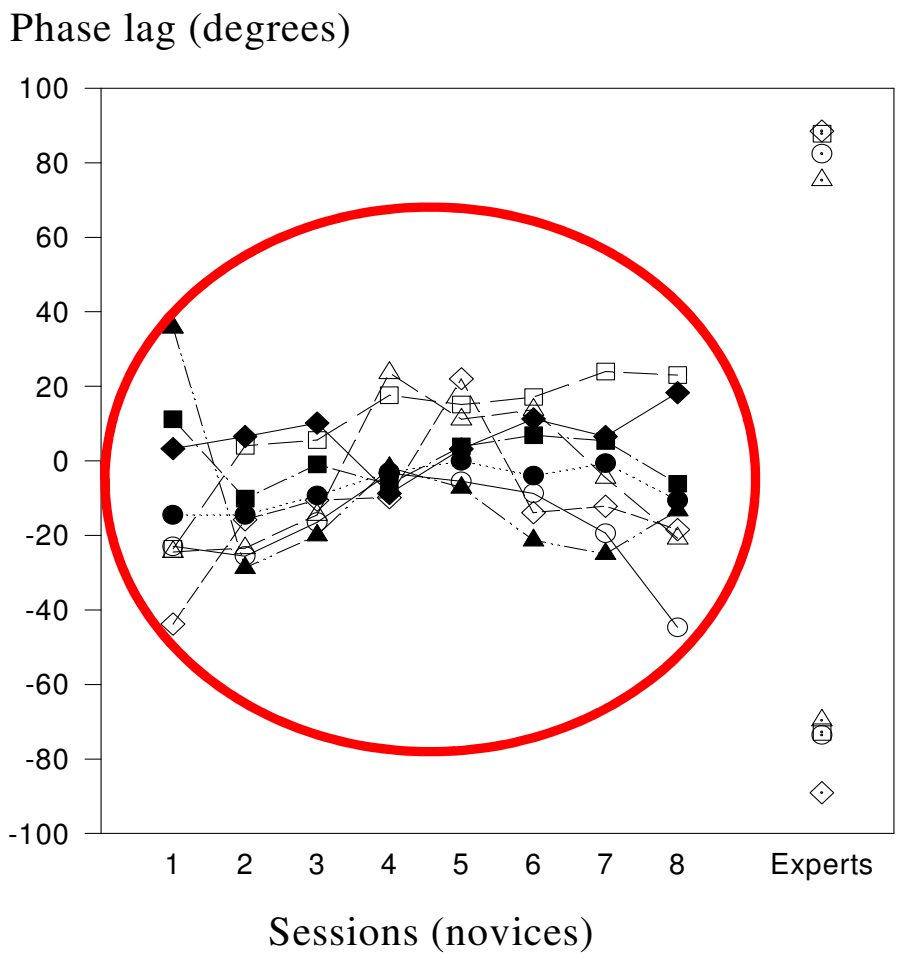
→ Le comportement du débutant est caractérisé par une coordination très simple, mais inefficace du point de vue biomécanique

→ Le comportement du débutant est expliqué par les tendances spontanées de coordination (synchronisation des phases et des fréquences)

Le comportement du débutant reste variable d'un sujet à l'autre et pour un même sujet entre les essais

Malgré 80 essais, le comportement du débutant n'a pas changé

Le coordinations débutantes sont extrêmement résistantes au changement



Lancer à l'amble

Coordination en phase

Influence des modes de coordination préexistants sur le comportement dans une tâche nouvelle

Analyse de la coordination entre ceintures scapulaires et pelviennes

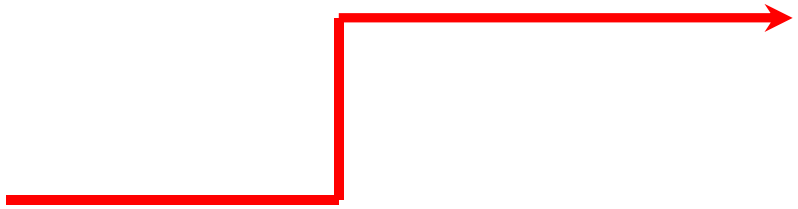
Lancer en opposition

Coordination en antiphase

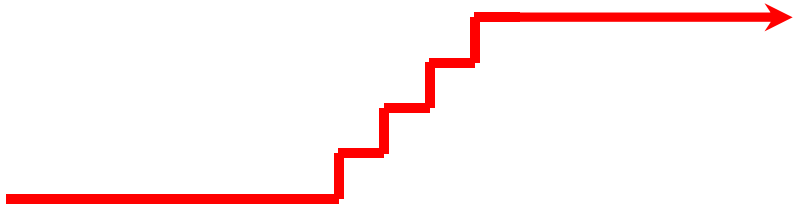
Beaubrun & Judey (2001)

Comment passe-t-on du comportement débutant au comportement expert?

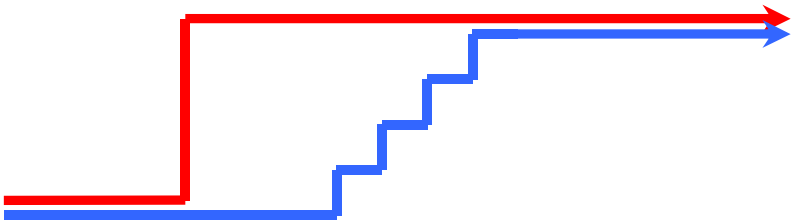
Transition abrupte



Transition progressive (avec comportements intermédiaires)

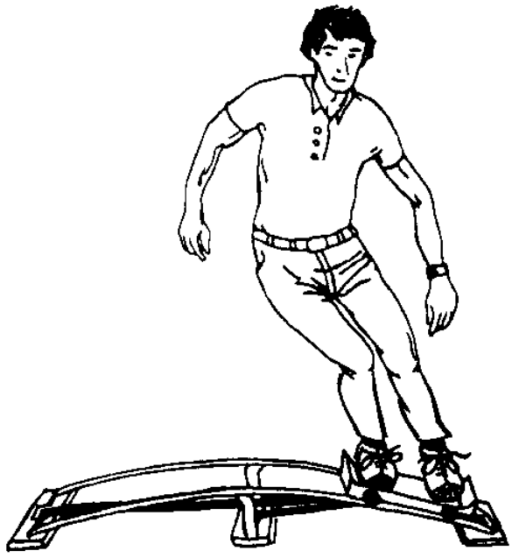


Il y a-t-il des différences inter-individuelles dans cette transition?



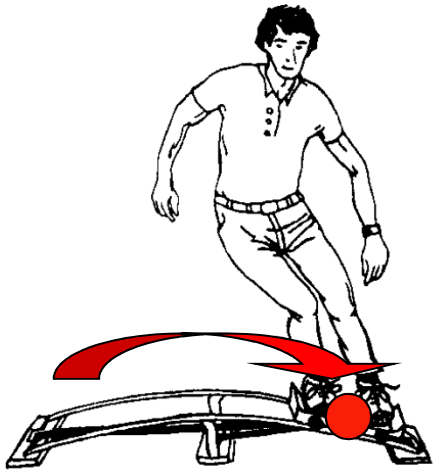
Apprentissage sur simulateur de ski

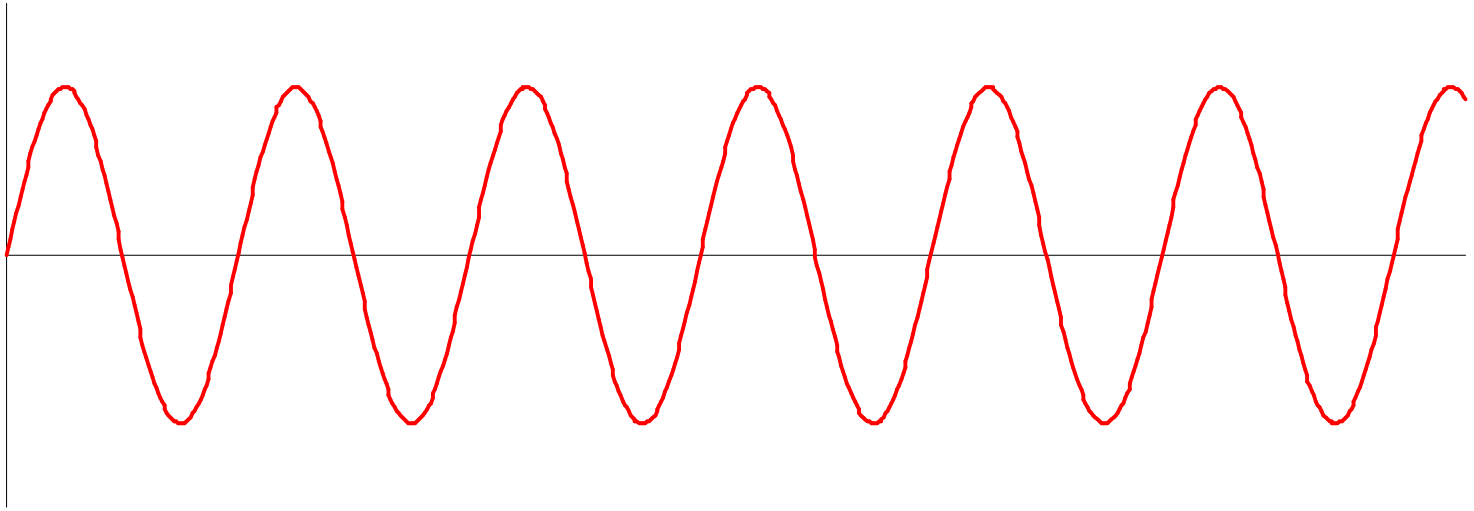
- 5 sujets débutants
- 13 semaines de pratique
- 3 sessions par semaine
- 10 essais de 1 minute par session
- Soit un total de 390 essais

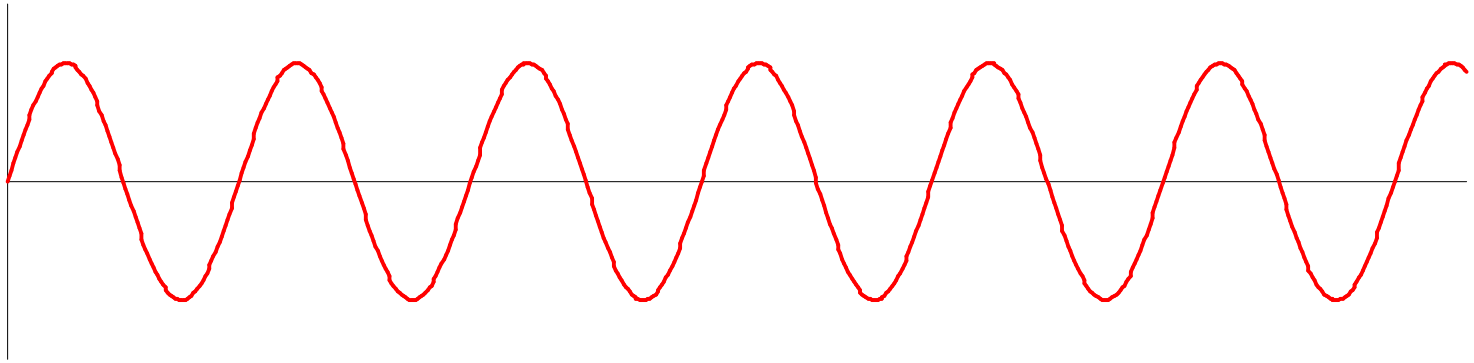


Nourrit, Delignières, Deschamps, Caillou, & Lauriot (2003)

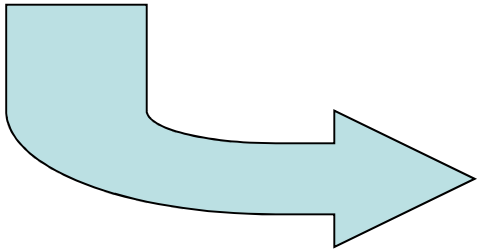
Analyses des déplacements de la plateforme

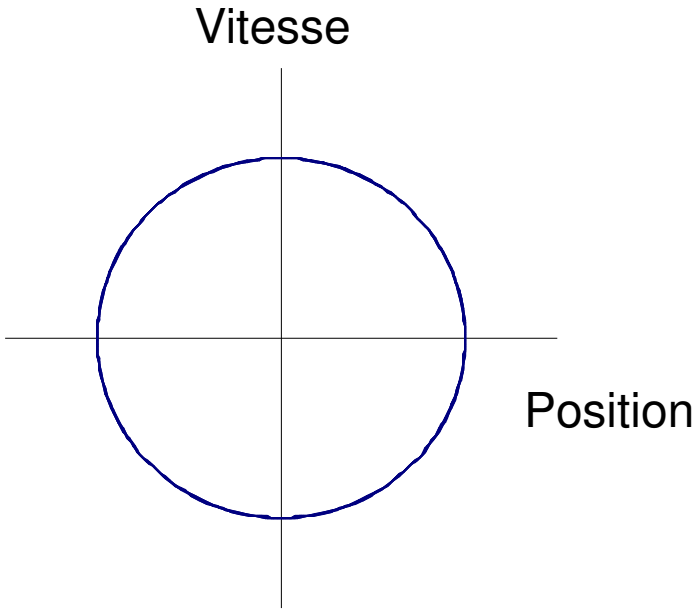


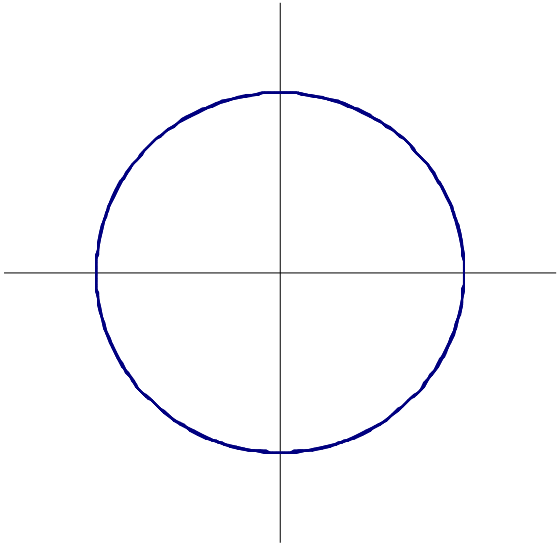




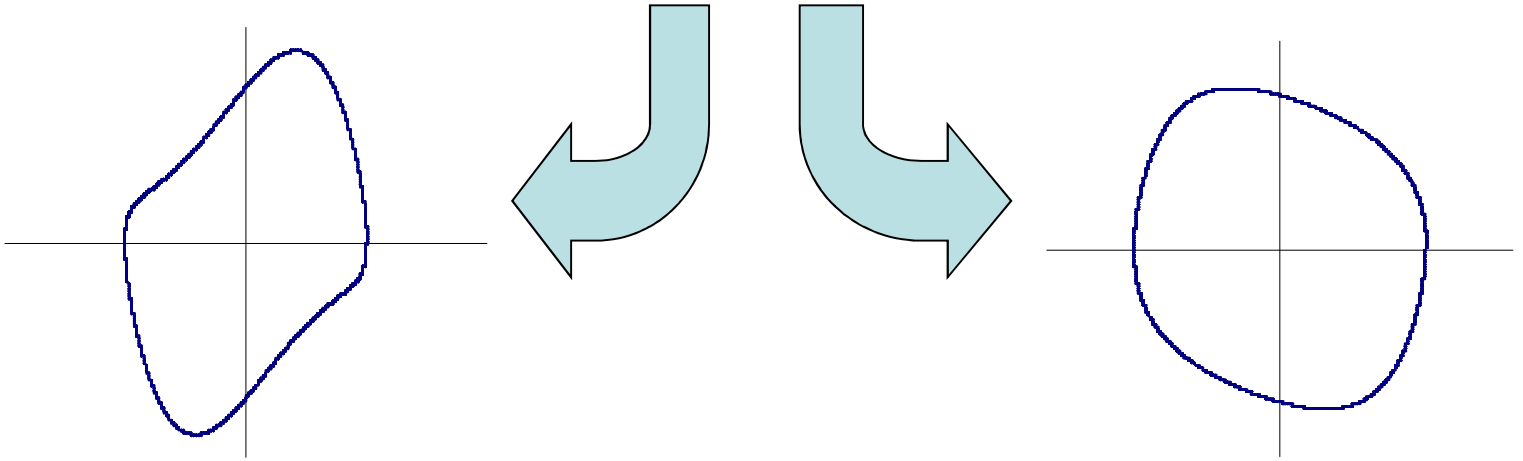
Analyse des portraits de phase
(position/vitesse)



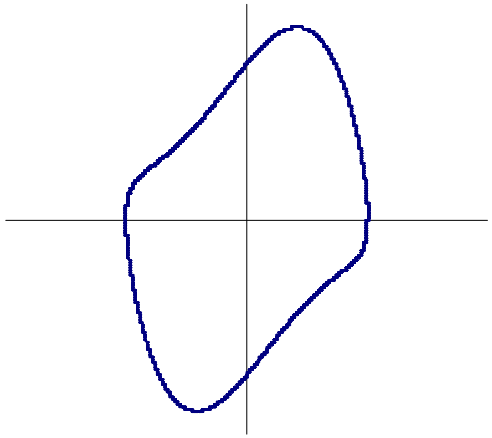




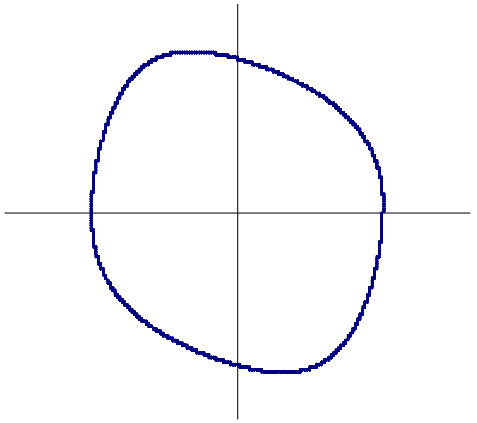
Analyse des déviations du cercle parfait (mouvement harmonique)



On trouve deux sortes de comportement oscillatoires



Rayleigh



Van der Pol

Novice → Expert

Pic de vitesse/forçage dans la première moitié du cycle

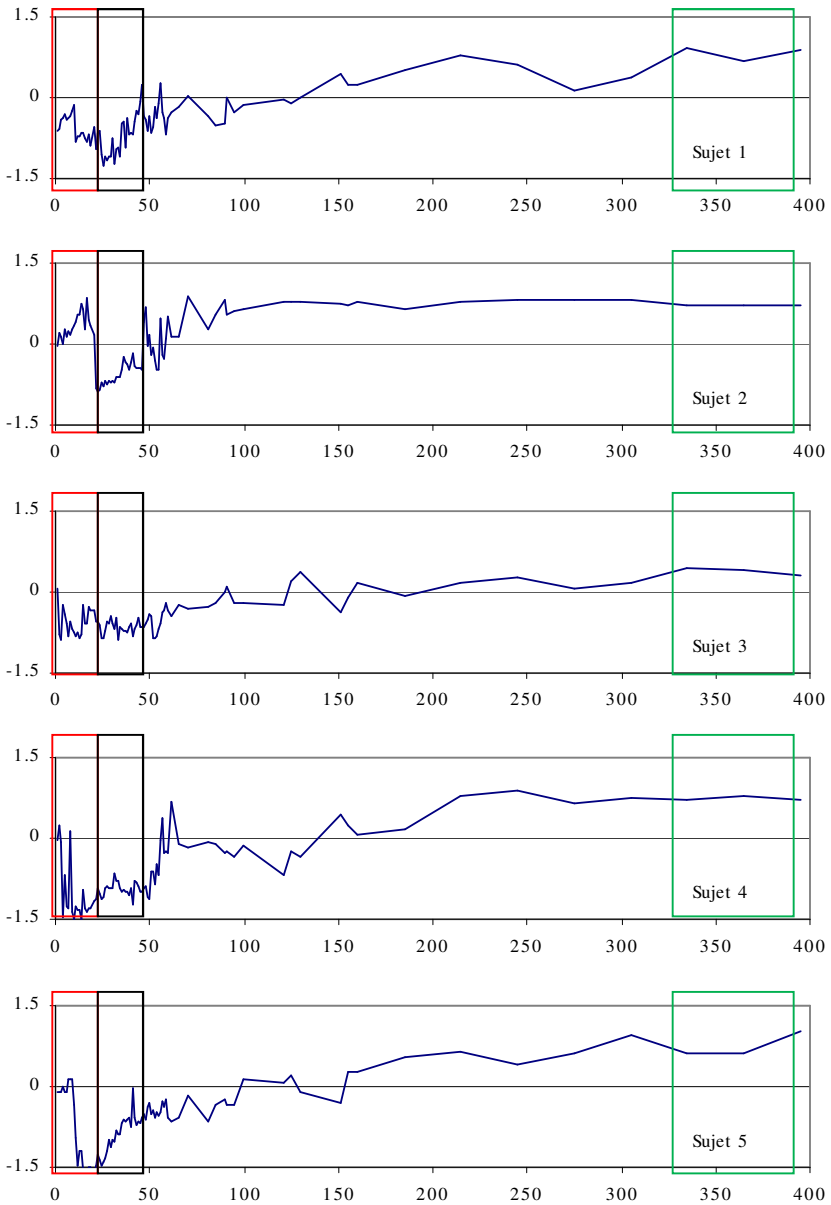
Pic de vitesse/forçage dans la deuxième moitié du cycle

Quand fréquence ↗ amplitude ↘

Fréquence et amplitude indépendants

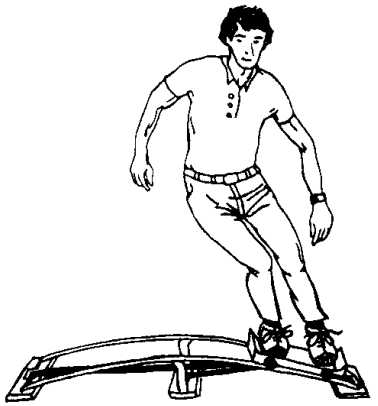
Les **valeurs négatives** renvoient à un comportement **débutant (Rayleigh)**

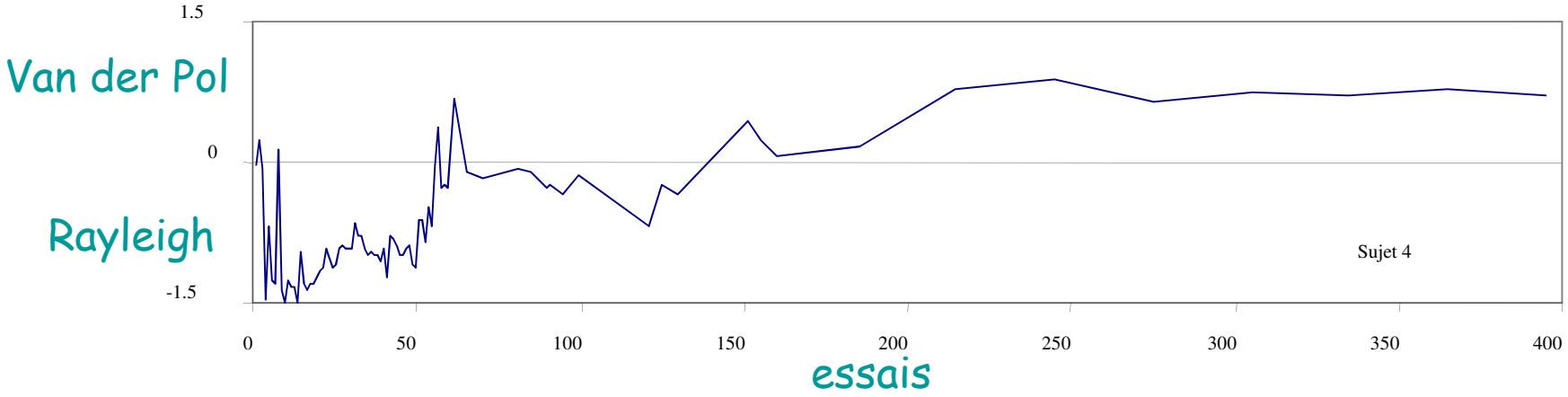
Les **valeurs positives** renvoient à l'adoption du comportement **expert (van der Pol)**



Nourrit, Delignières, Deschamps, Caillou, & Lauriot (2003)

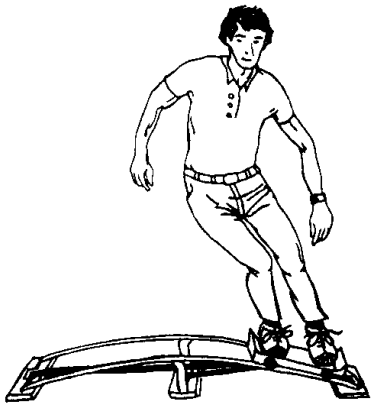
Evolution du comportement d'amortissement lors de l'apprentissage sur un simulateur de ski

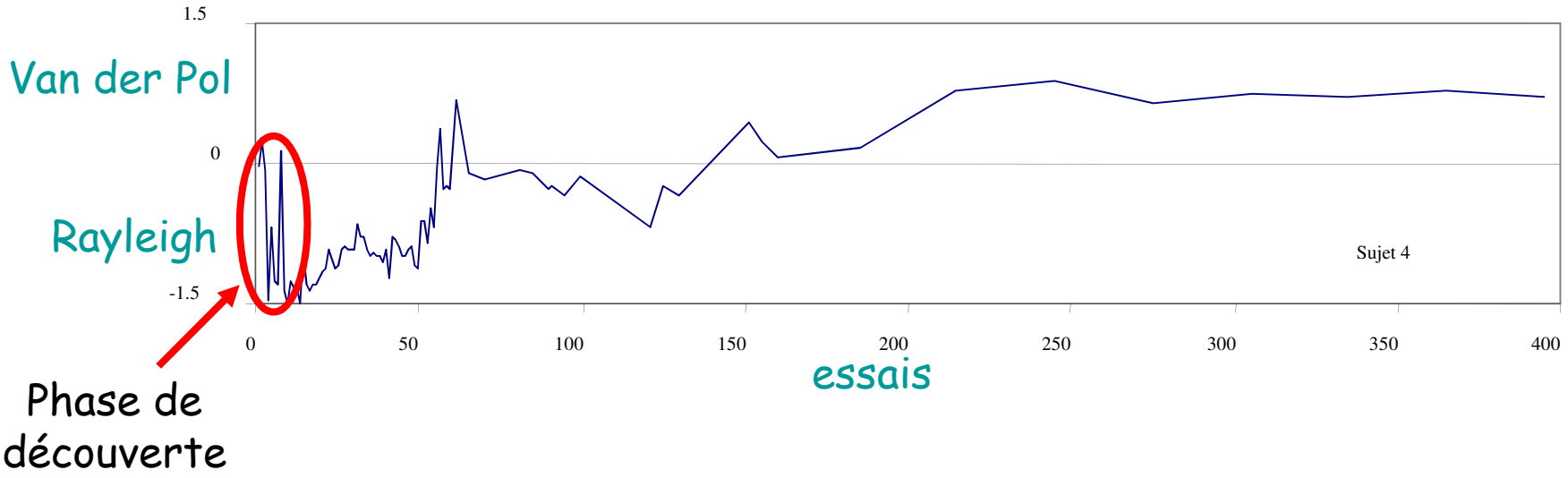




Nourrit et al. (2003)

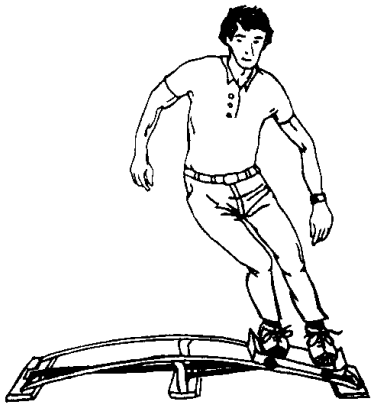
Lors des premiers essais le comportement est erratique: le débutant cherche à comprendre la tâche et ses contraintes

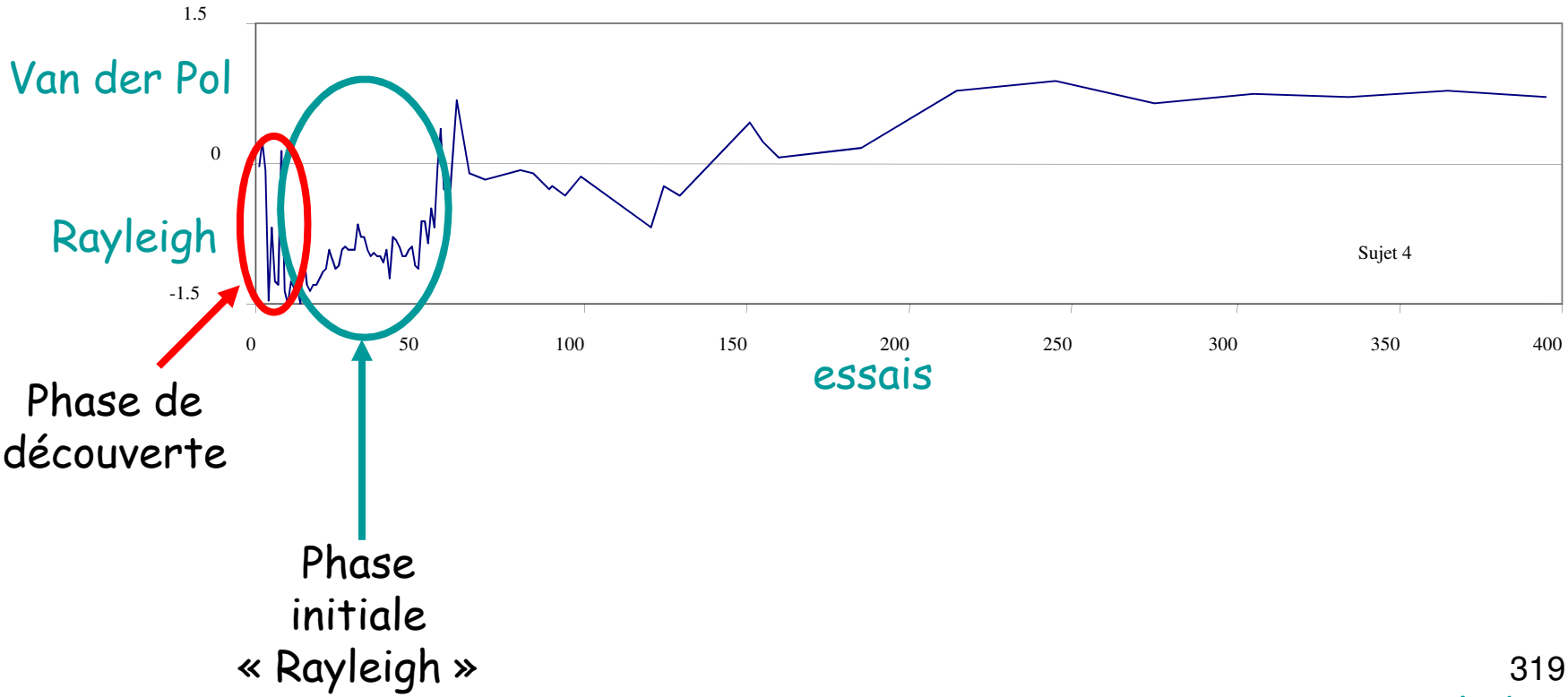




Nourrit et al. (2003)

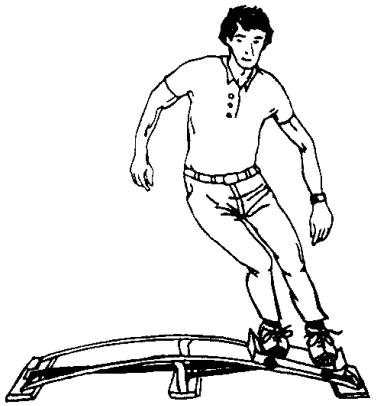
Dans une seconde phase le sujet stabilise le comportement débutant. Cette phase peut durer jusqu' à une centaine d' essais

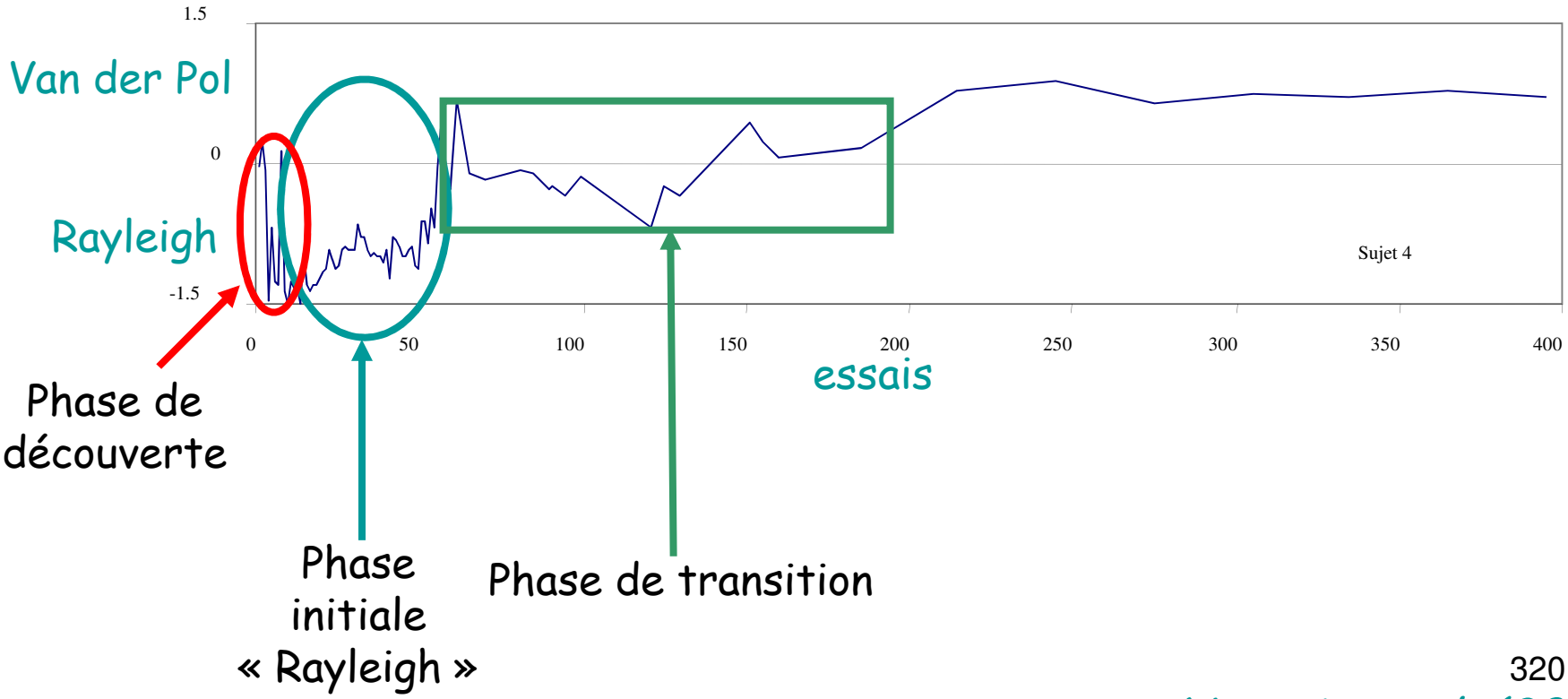




Nourrit et al. (2003)

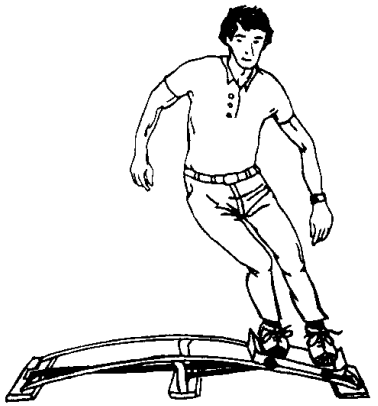
Puis le sujet entre dans une phase de transition. Durant cette phase les deux comportements sont exploités en alternance. Cette phase peut durer jusqu'à 150 essais

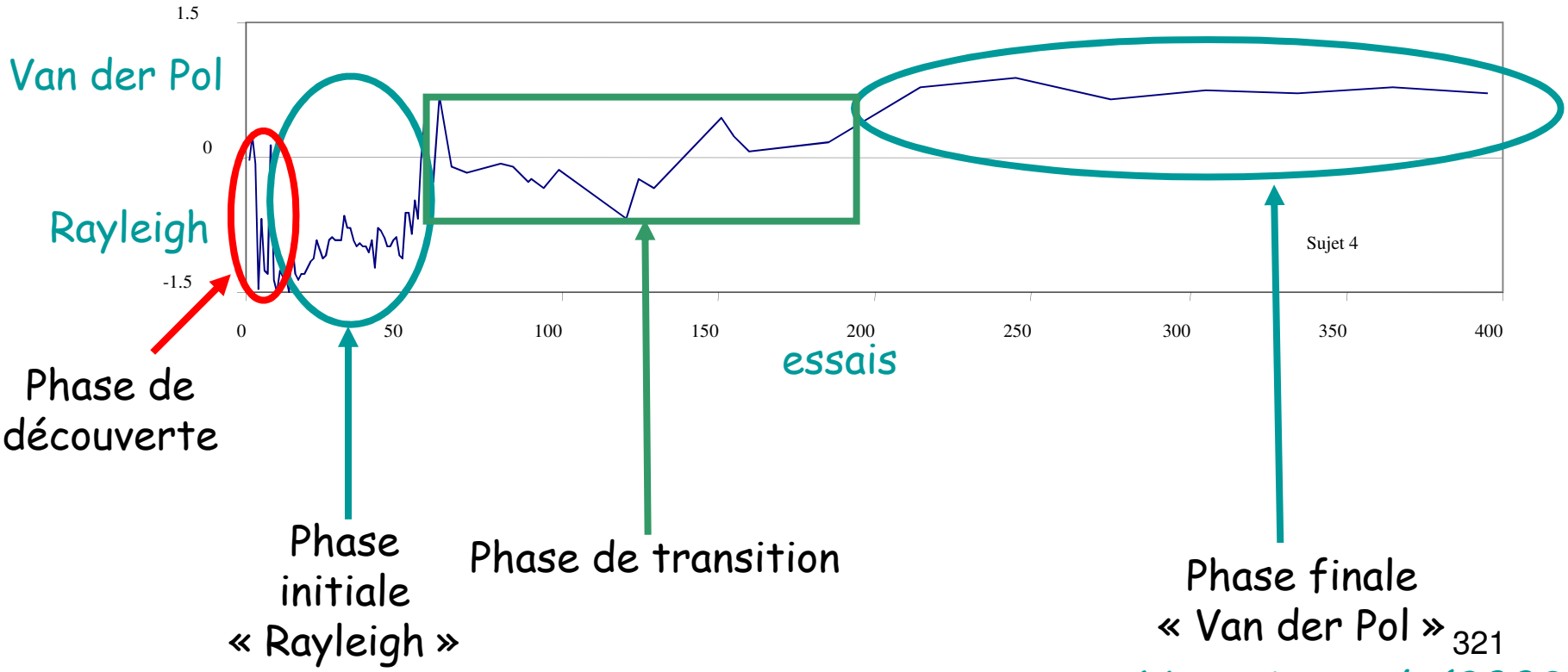




Nourrit et al. (2003)

Enfin le sujet adopte de manière exclusive le comportement expert. Il ne revient plus au comportement débutant.





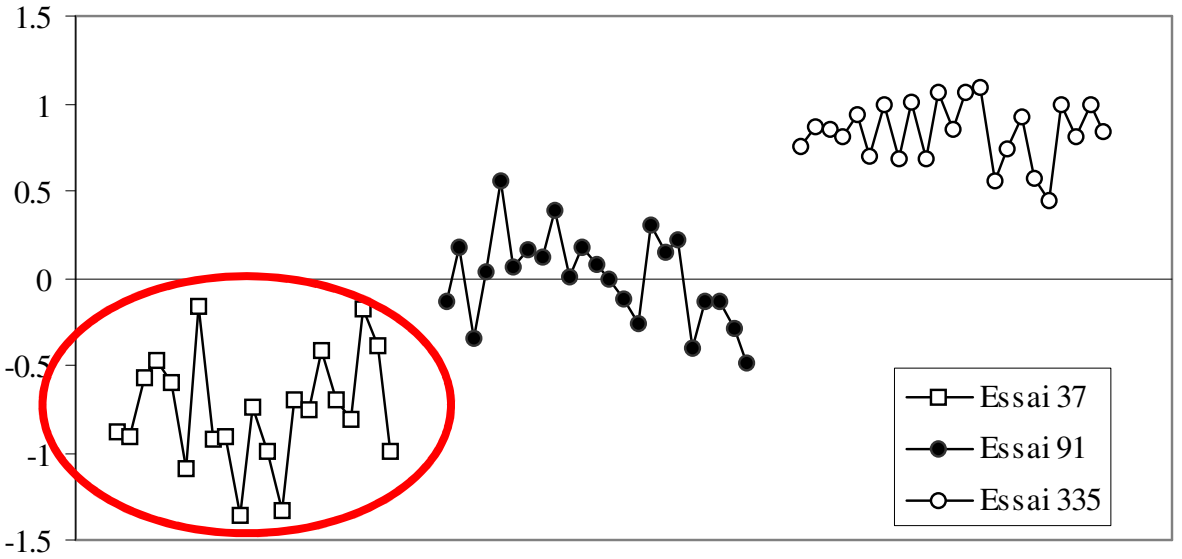
321

Nourrit et al. (2003)

Evolution cycle-à-cycle de l'amortissement dans trois essais caractéristiques

Van der Pol

Rayleigh



Comportement débutant

Transition

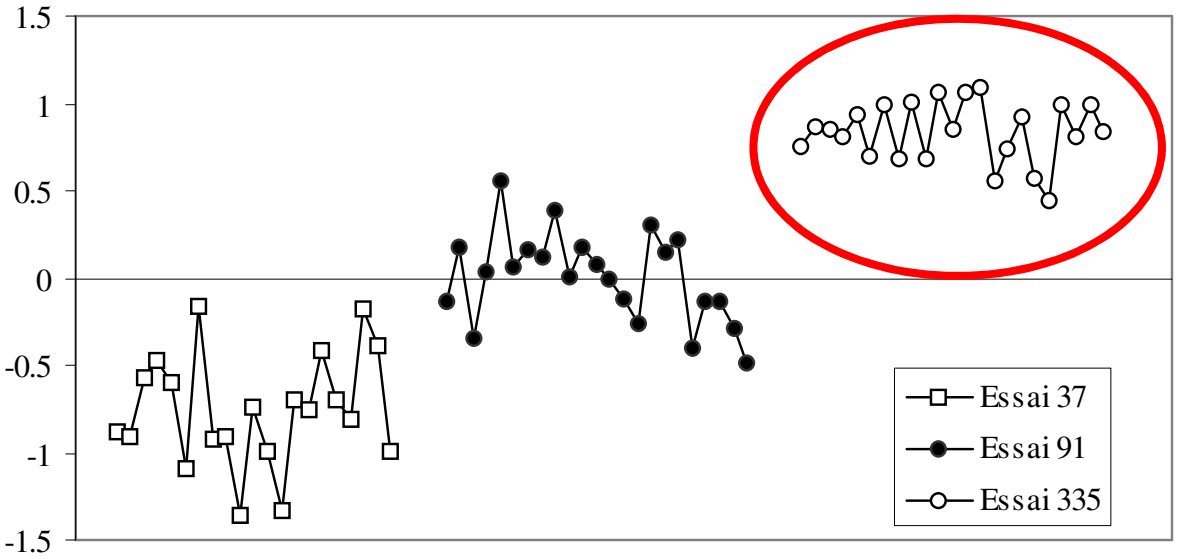
Comportement expert

Lors de la phase initiale le comportement débutant est utilisé de manière exclusive. Il présente une grande variabilité d'un cycle à l'autre

Evolution cycle-à-cycle de l'amortissement dans trois essais caractéristiques

Van der Pol

Rayleigh



Comportement débutant

Transition

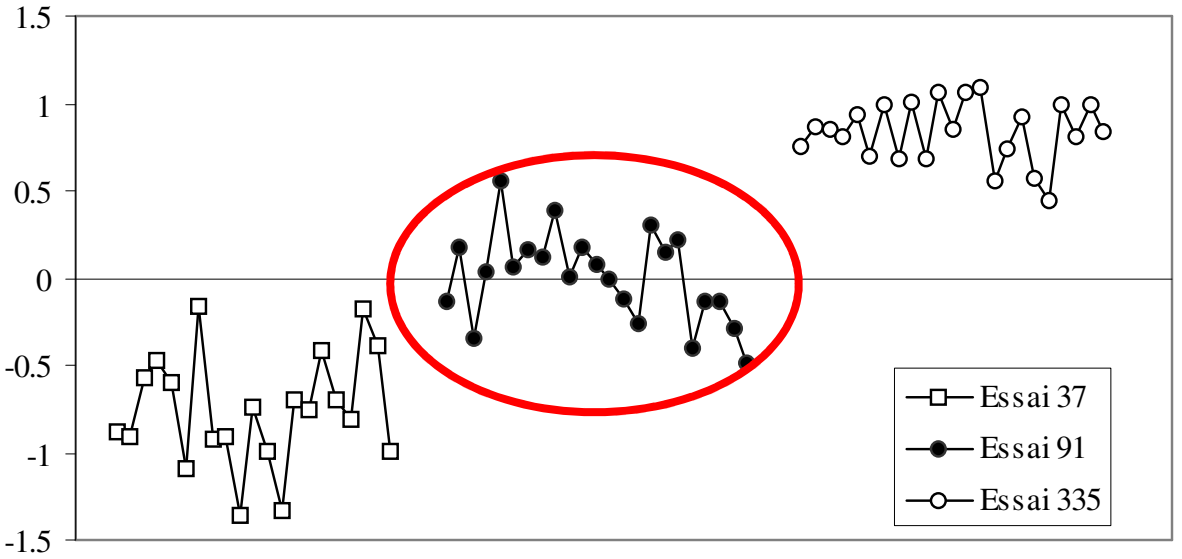
Comportement expert

Lors de la phase finale le comportement expert est utilisé de manière exclusive. Il présente une grande stabilité d'un cycle à l'autre

Evolution cycle-à-cycle de l'amortissement dans trois essais caractéristiques

Van der Pol

Rayleigh



Comportement débutant

Transition

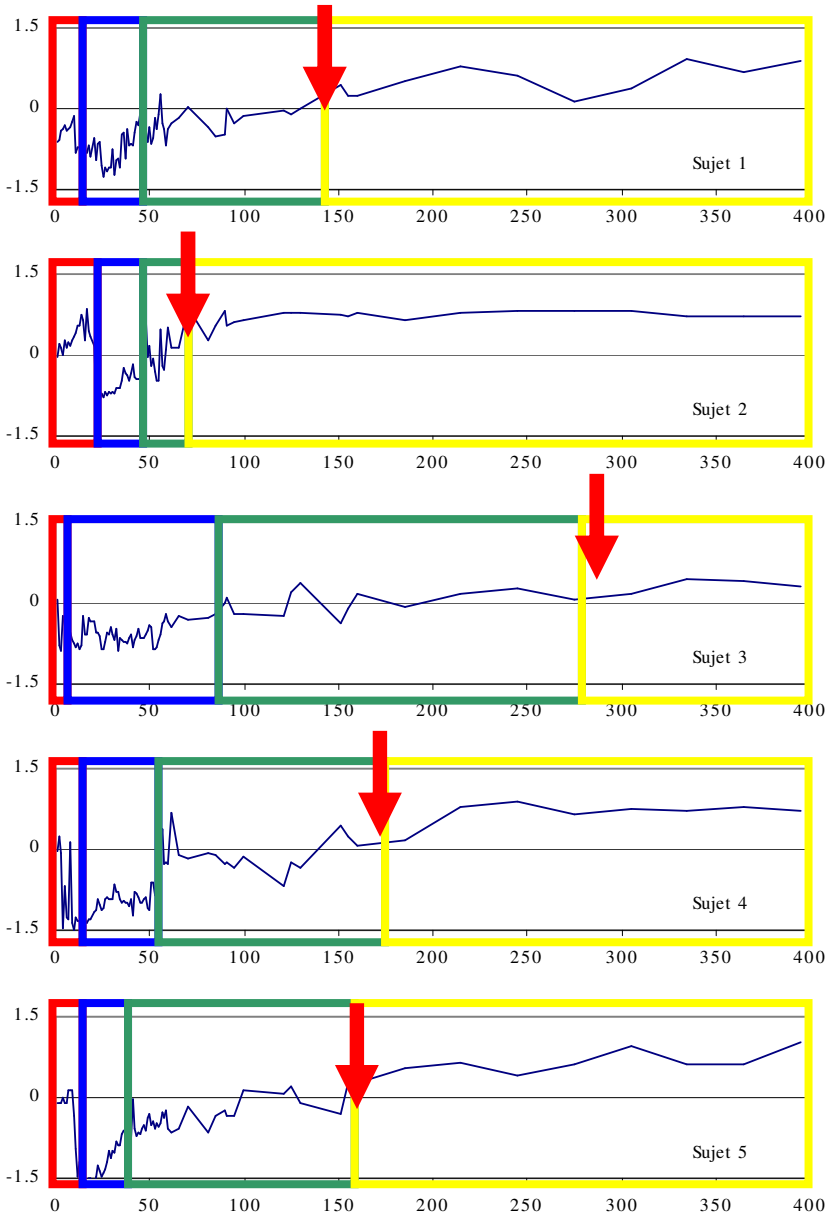
Comportement expert

Durant la période de transition les deux comportements sont exploités de manière alternée, d'un cycle à l'autre

Tous les sujets présentent les mêmes phases, dans le même ordre

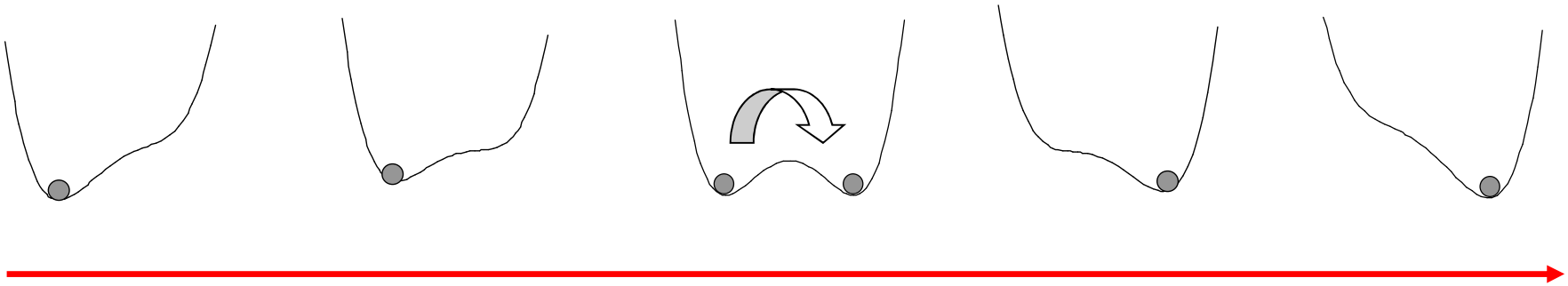
La durée de ces phases peut être variable d' un sujet à l' autre

Le passage definitif au comportement expert se fait après un temps de pratique très variable



Nourrit, Delignières, Deschamps, Caillou, & Lauriot (2003)

Une modélisation dynamique de l'apprentissage

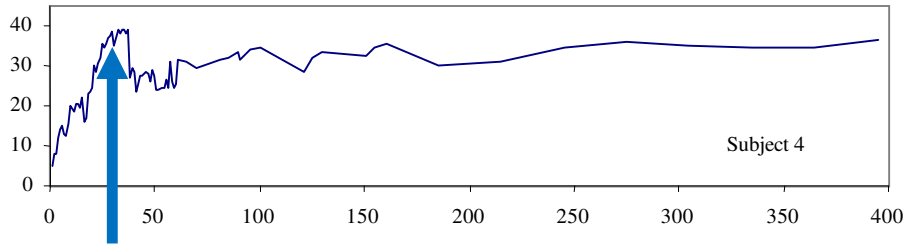


L'apprentissage est une transition de phase, déterminée par l'évolution du paysage des attracteurs.

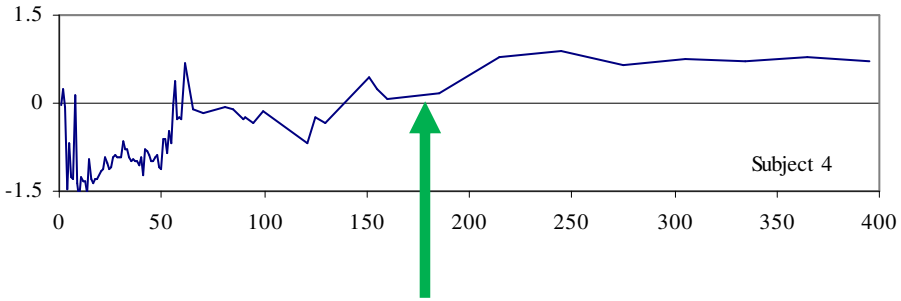
Régime monostable (Van der Pol / débutant) → Régime bistable (transition) → Régime monostable (Rayleigh / expert)

Nourrit, Delignières, Deschamps, Caillou & Lauriot (2003)

Amplitude
(perf quantitative)

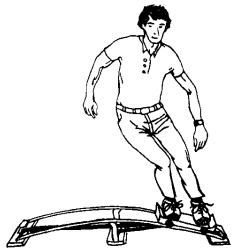


Comportement
(qualitatif)



L'amplitude maximale est atteinte très tôt, par exploitation du comportement débutant

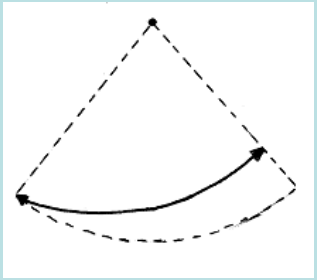
Le véritable apprentissage intervient plus tard, lors de l'adoption du comportement expert



→ La performance ne constitue pas nécessairement un bon indicateur de l'apprentissage

Apprentissage des balancers en suspension mi-renversée

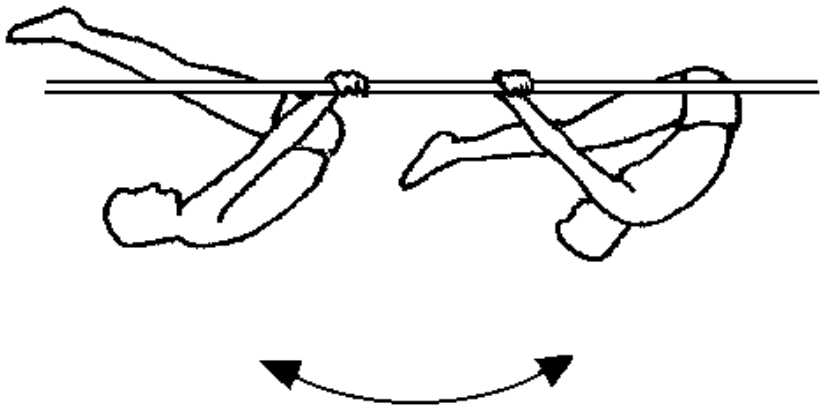
aux barres parallèles



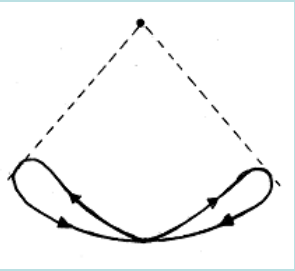
Débutant

PR de 0°

Rapport de 1:1



b.



Expert

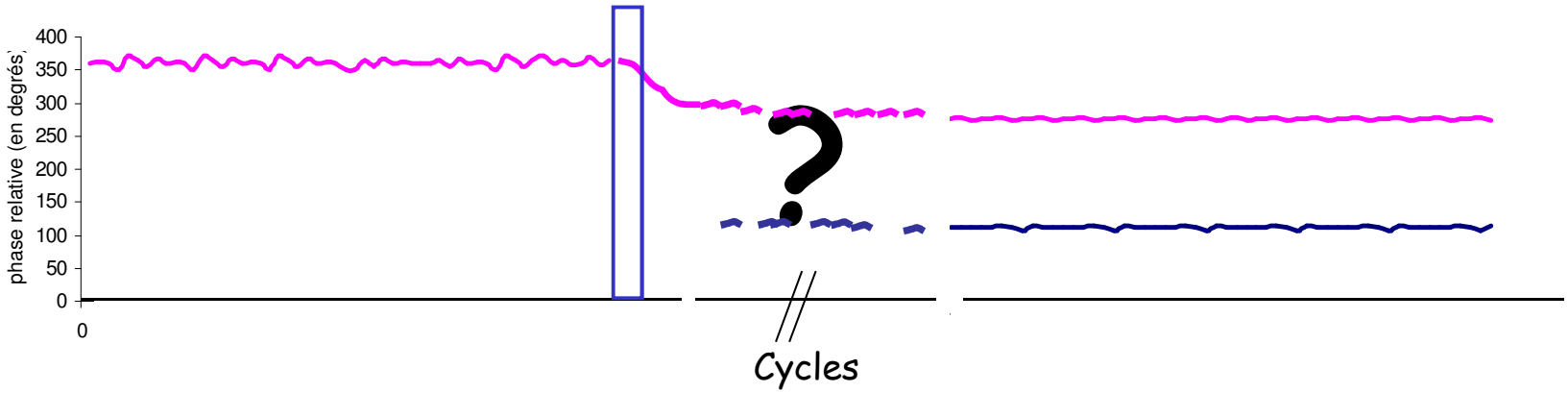
PR de 90° /270°

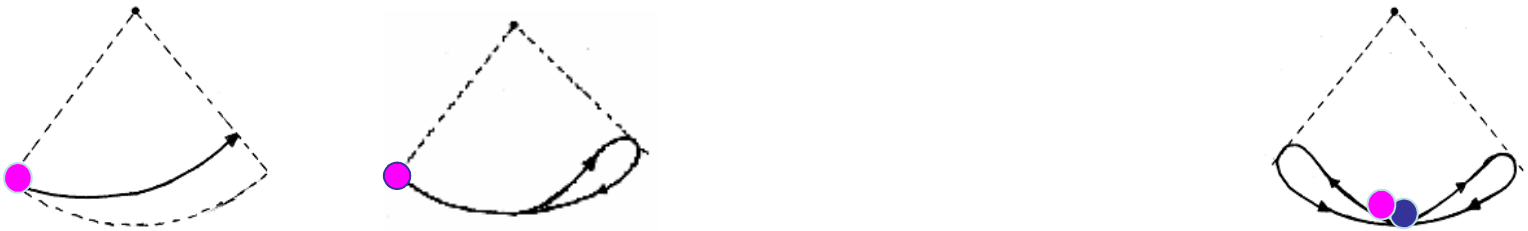
Rapport de 2:1

Teulier, 2005

Débutants

Experts





1 forçage

Vers 0°

Dérive

Alternance

2 forçages

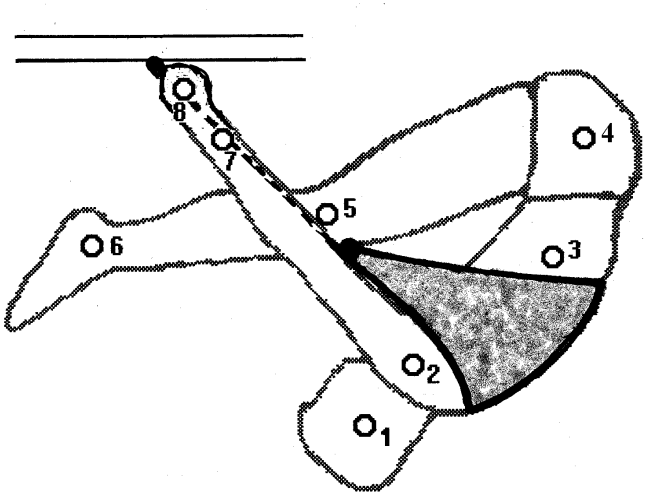
Vers
90° /270°

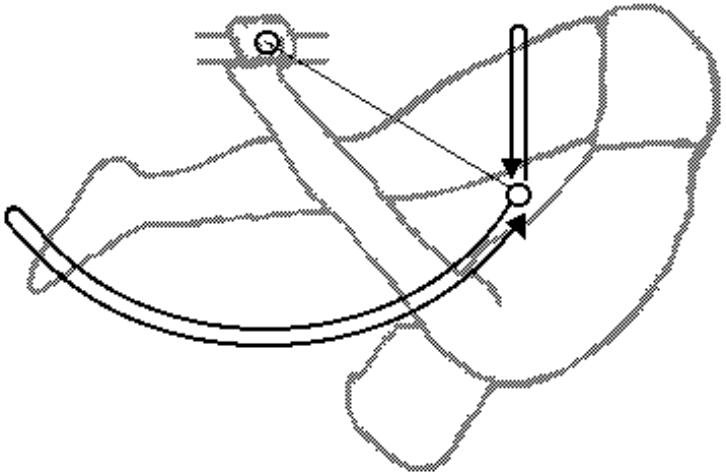
Teulier, 2005

✓ 3 sujets

✓ 12 sessions sur 4 semaines

✓ 8 essais de 20 secondes par sessions





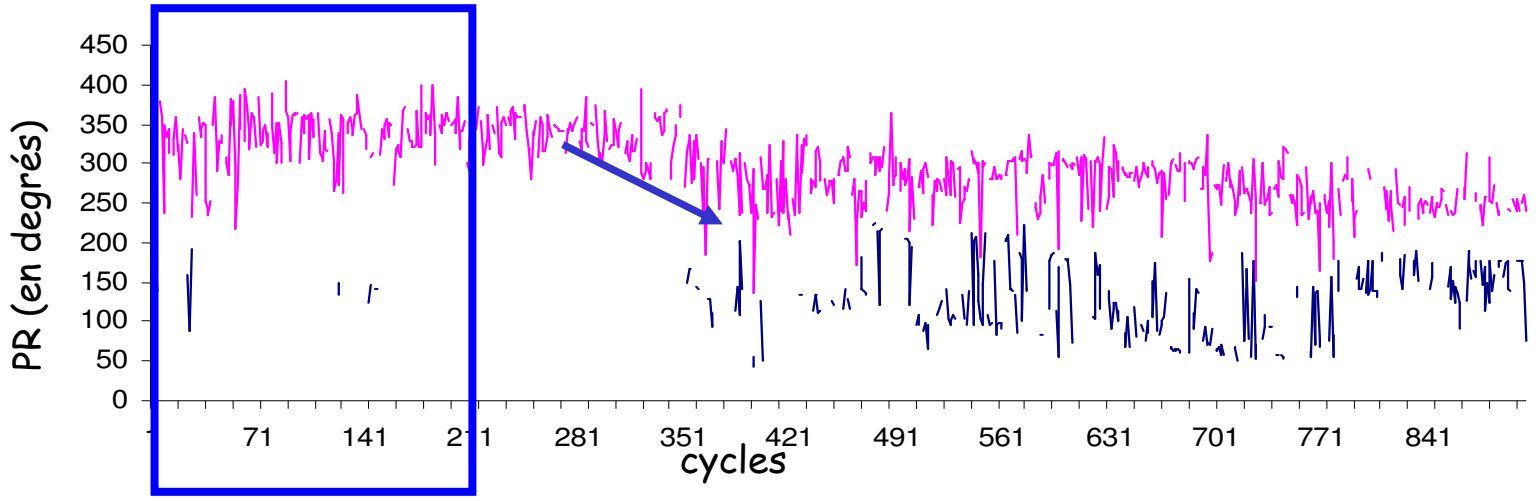
Oscillations pendulaires/

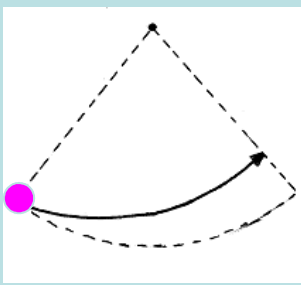
Oscillations verticales

du centre de gravité

Teulier, 2005

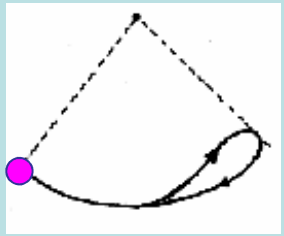
Participant 1





PR 0°

1:1



PR 270°

dérive

Alternance

PR 140° /270°

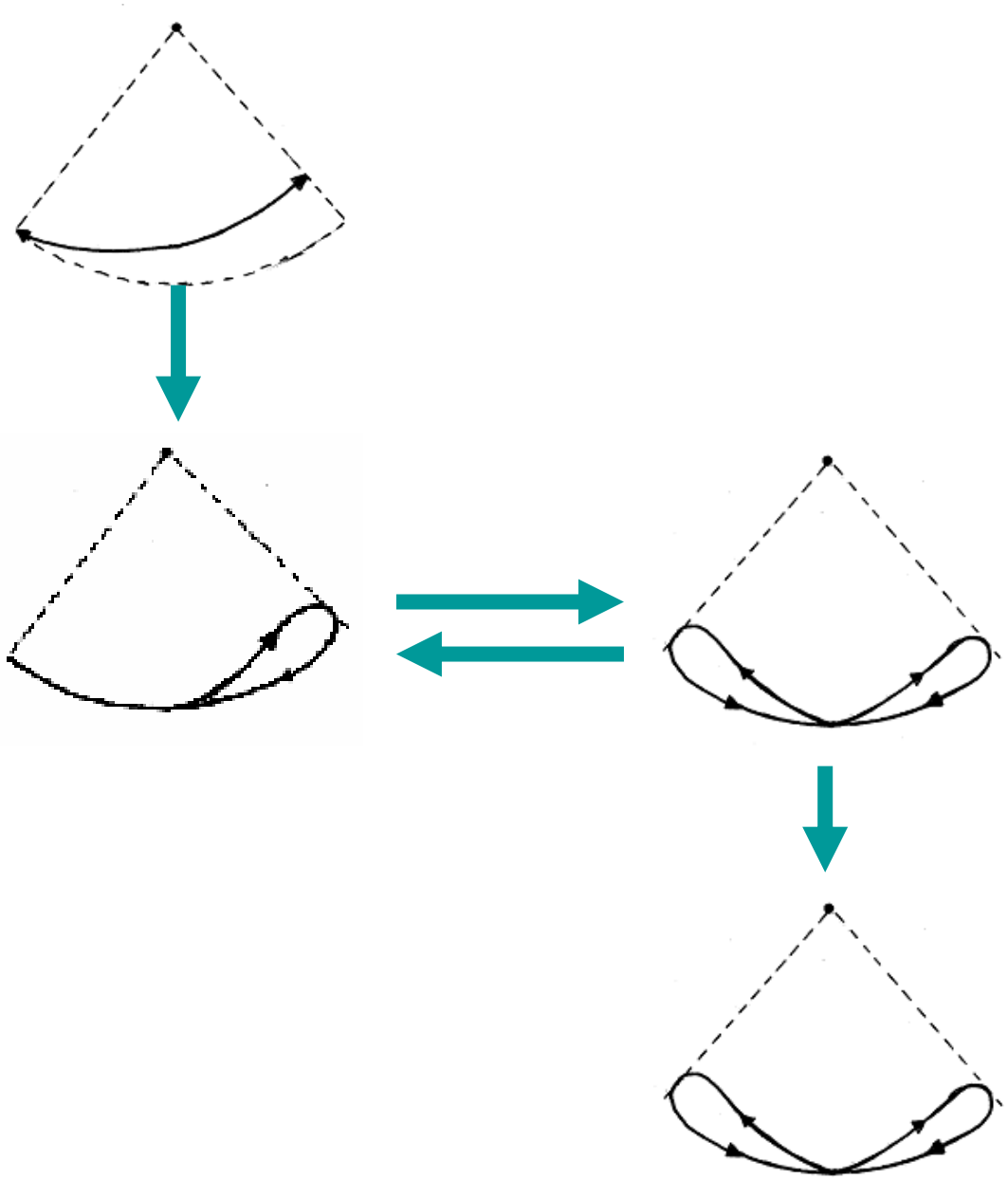
1:1 / 2:1

Teulier, 2005

Phase initiale

Phase de transition

Phase finale



Le comportement débutant est une première adaptation la tâche, répondant à des exigences de facilité de contrôle

Le comportement débutant permet de satisfaire aux exigences de la tâche et d' atteindre des niveaux acceptables de performance

Le comportement expert est caractérisé par une exploitation optimale des contraintes, un haut niveau d' efficience et une grande stabilité

La transition du comportement débutant au comportement expert n'est ni progressive, ni brutale

Cette transition s'opère au travers d'une phase d'alternance, où les deux comportements sont utilisés de manière alternée

La phase initiale est essentielle:

Le comportement débutant doit dans un premier temps être stabilisé pour permettre son dépassement

Le comportement débutant constitue une sorte de « tête de pont », permettant l'exploration du système, la découverte et l'exploitation de la coordination experte

Plan du cours

Introduction : définitions

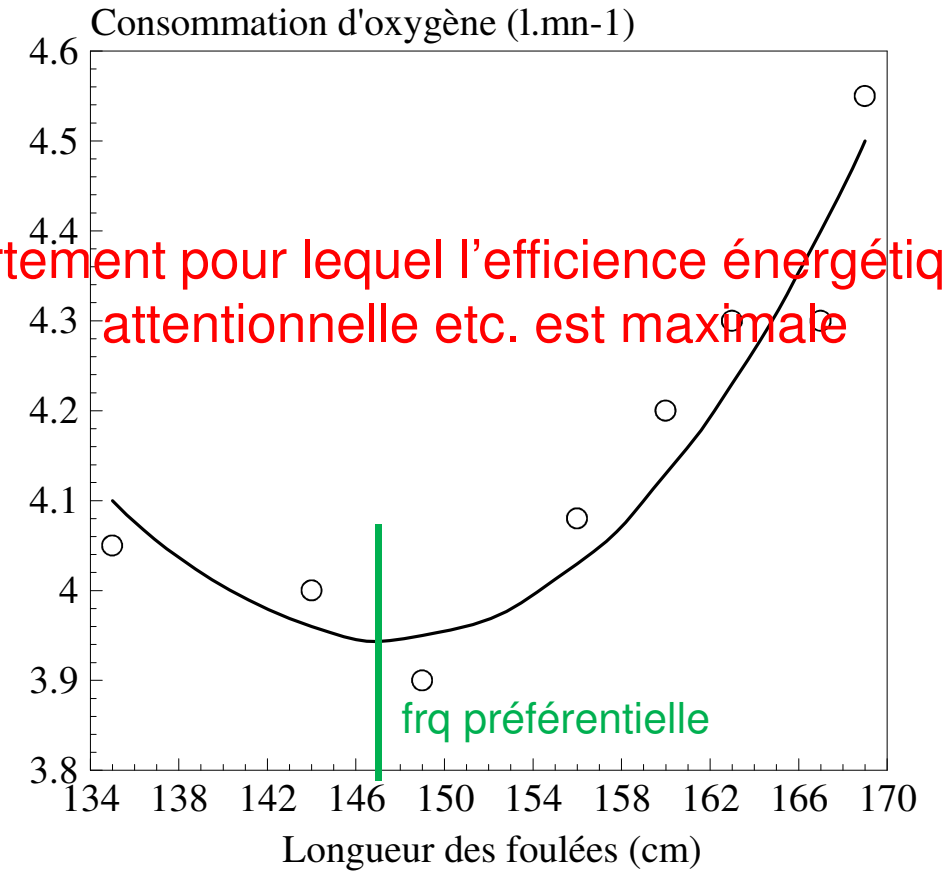
1. Habileté et traitement de l'information
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente
3. Les étapes de l'apprentissage moteur
4. Apprentissage et efficience
5. Apprentissage et conditions d'apprentissage
6. Apprentissage et connaissances

4. Apprentissage et efficience

4.1. Régimes optimaux de travail

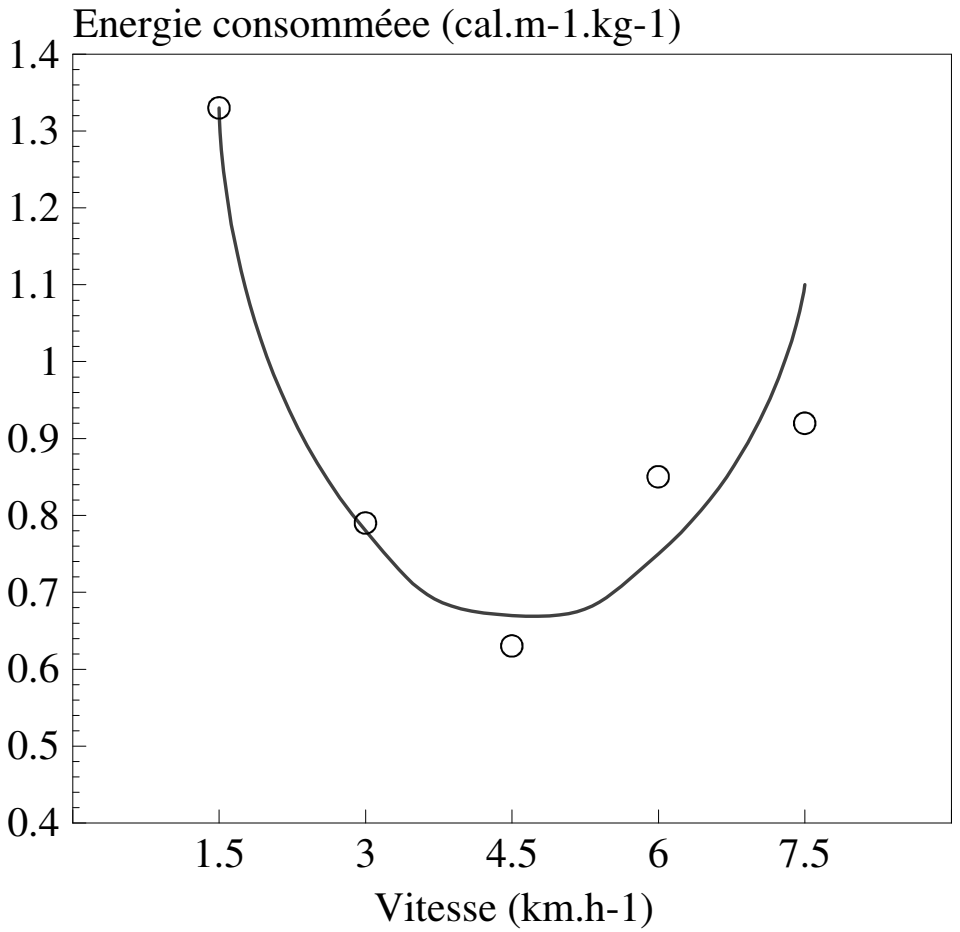
4.2. Apprentissage et optimisation

4.3. Stabilité et efficience

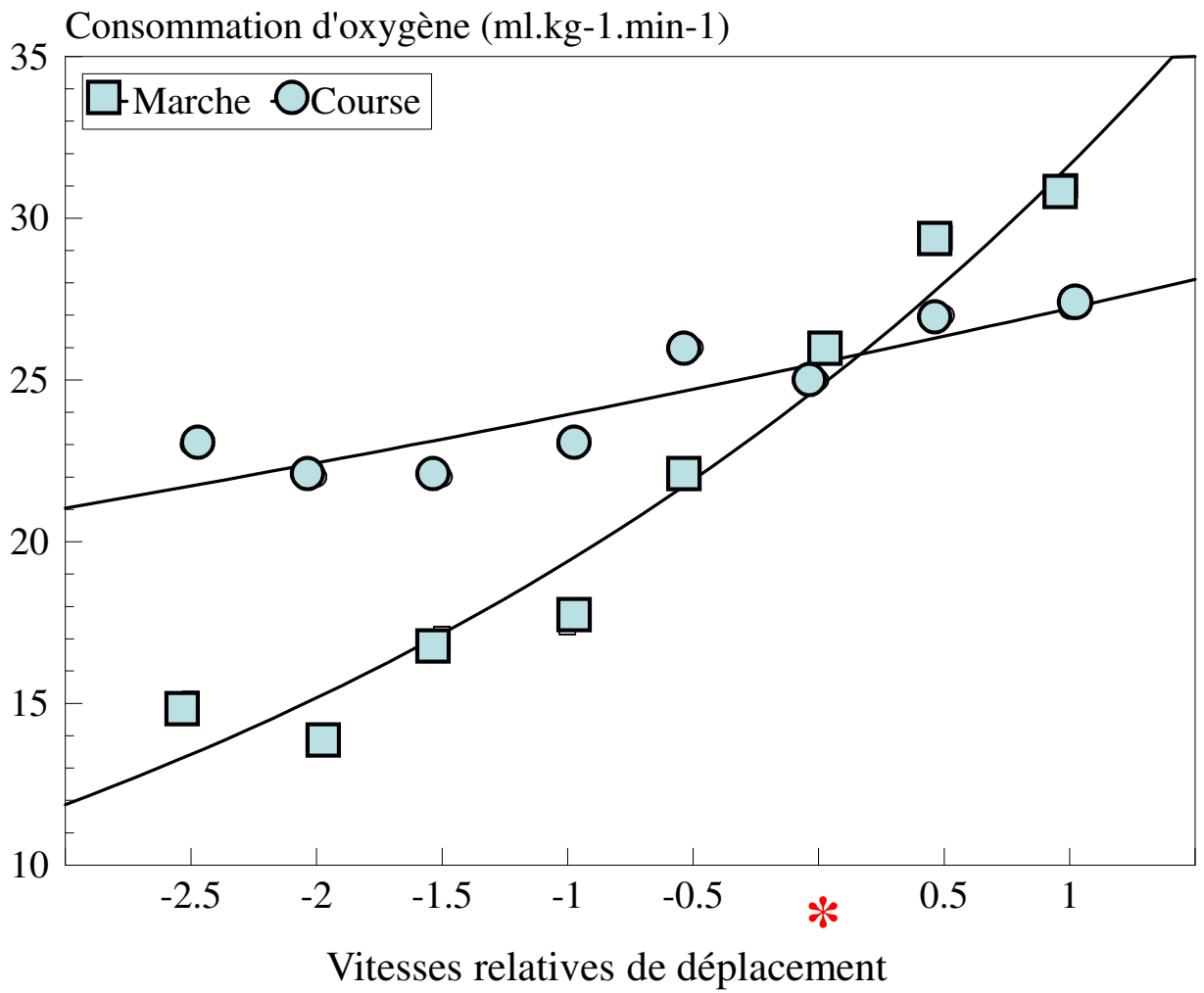


Comportement pour lequel l'efficience énergétique et/ou attentionnelle etc. est maximale

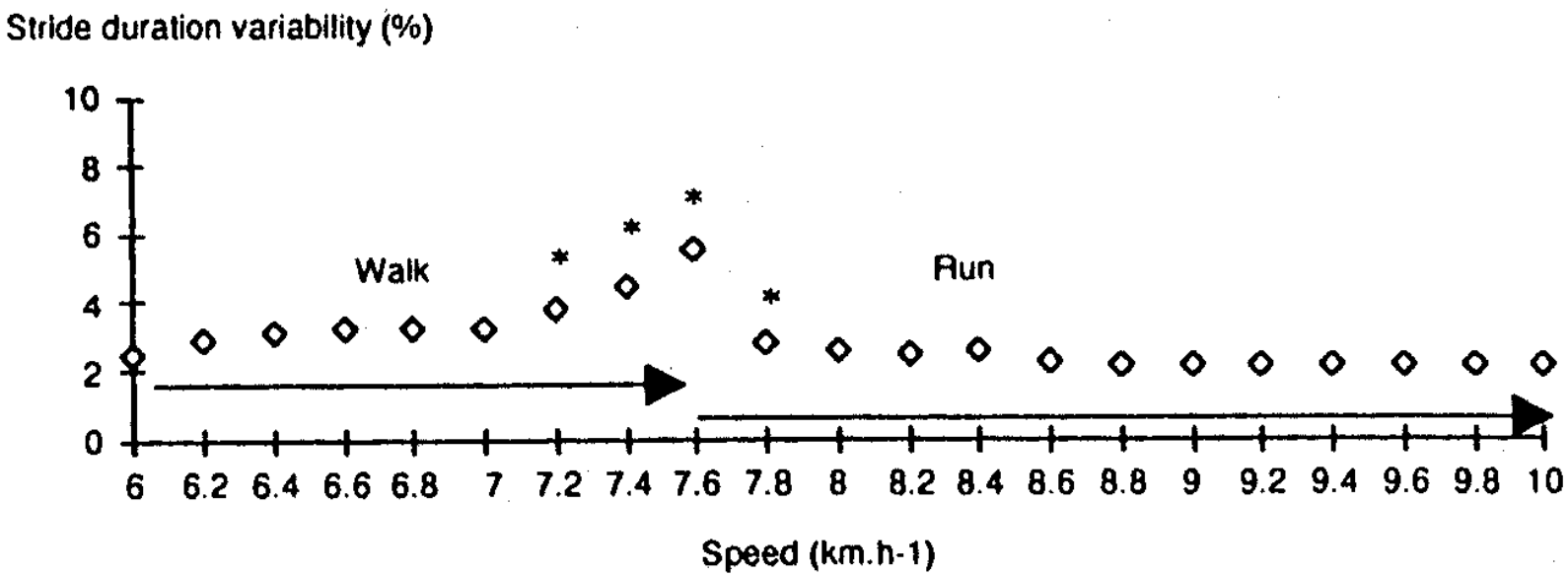
Consommation d'oxygène en fonction de la longueur des foulées lors d'une course à 16 km/h. Le trait vertical indique l'amplitude spontanément adoptée par les sujets (d'après Hogberg, 1952).



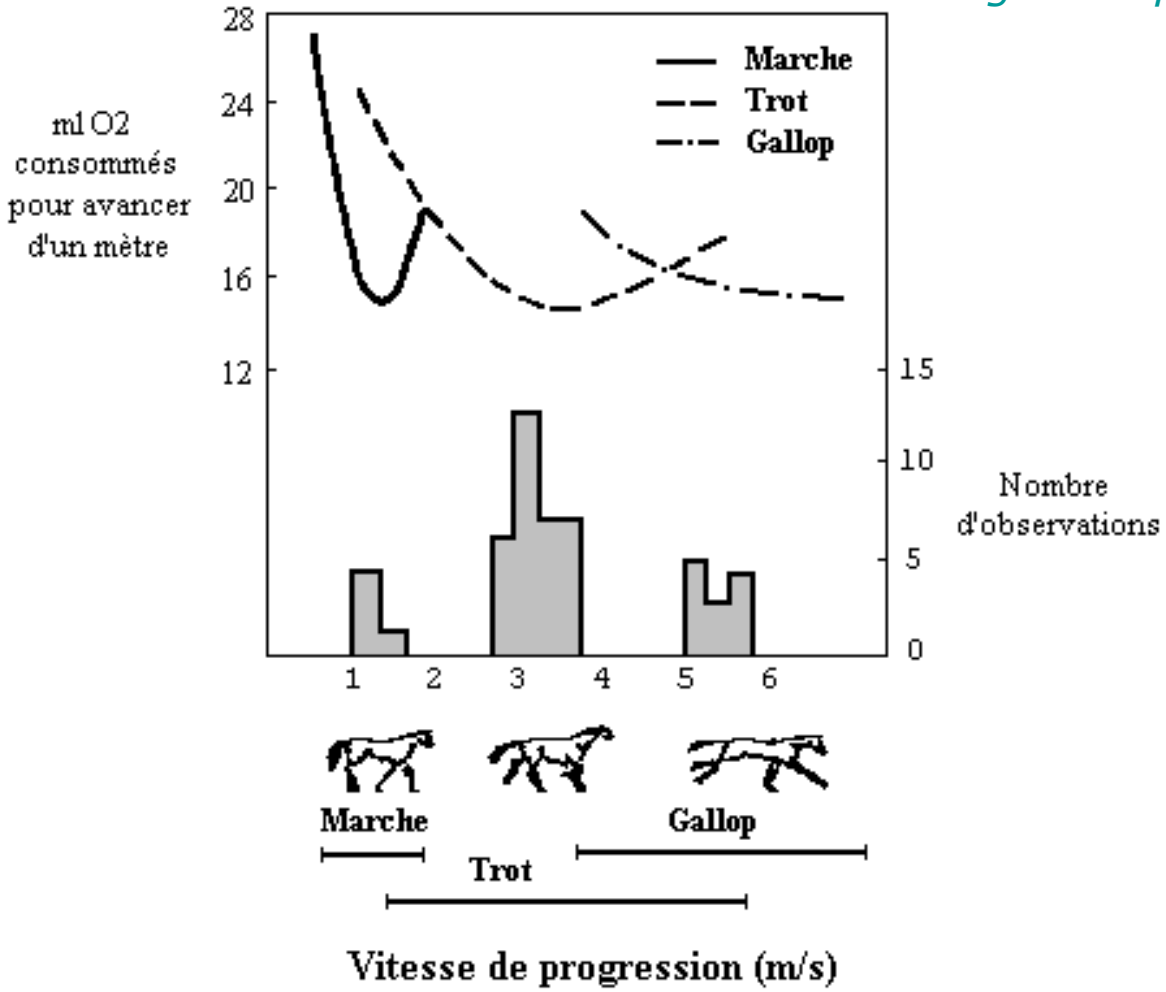
Relation entre le coût énergétique de la marche et la vitesse de déplacement (données d'après Ralston, 1958)



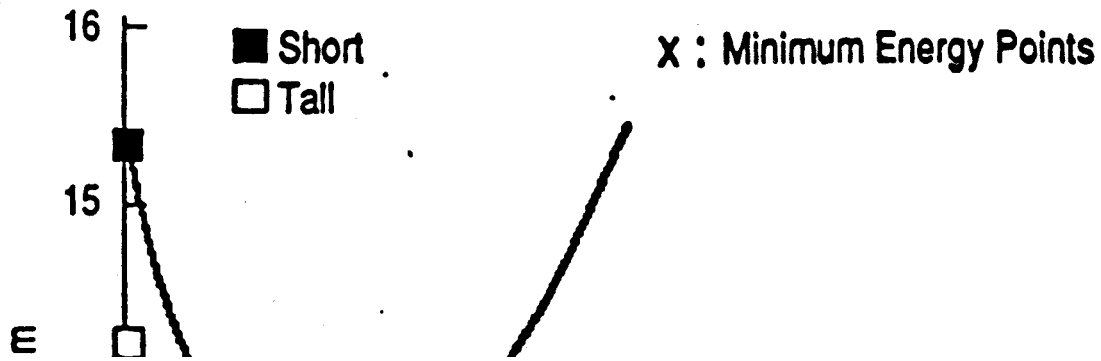
Consommation d'oxygène lors de la marche et de la course. L'étoile indique le palier où en moyenne les sujets sont passés de la marche à la course, dans une condition leur laissant le libre choix de l'allure.



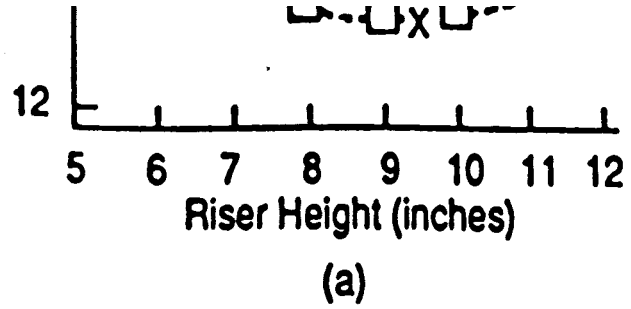
Variabilité de la durée du pas, en fonction de la vitesse de déplacement, lors d'un protocole d'incrémentation progressive de la vitesse. Une transition marche-course apparaît entre 7.6 et 7.8 km/h (Brisswalter& Mottet, 1996)



Profils métaboliques des principaux modes de locomotion chez le cheval,
et fréquence d'apparition de ces différents modes
en fonction de la vitesse de déplacement
(d'après Hoyt & Taylor, 1981)



→ L'optimum énergétique n'est pas absolu :
Il dépend des caractéristiques morphologiques des individus



Warren (1988)

L'évaluation de l'efficience cognitive

Quantité de ressources de traitement de l'information que l'on doit investir pour réaliser une tâche

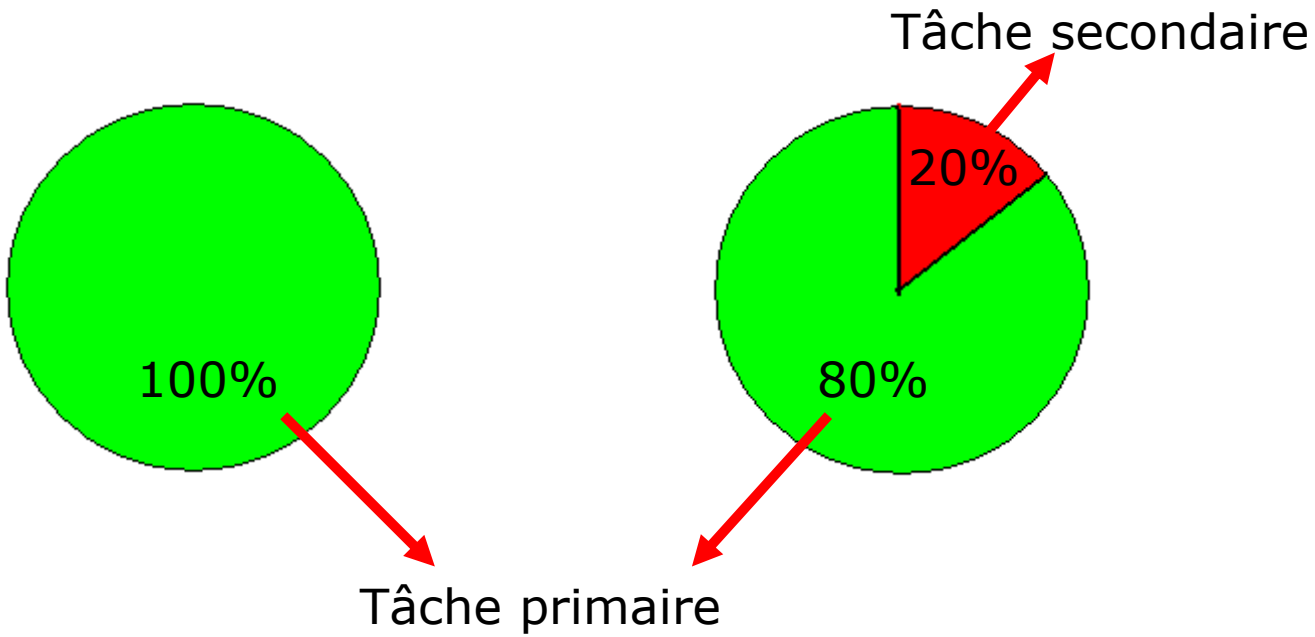
Le paradigme de la double-tâche

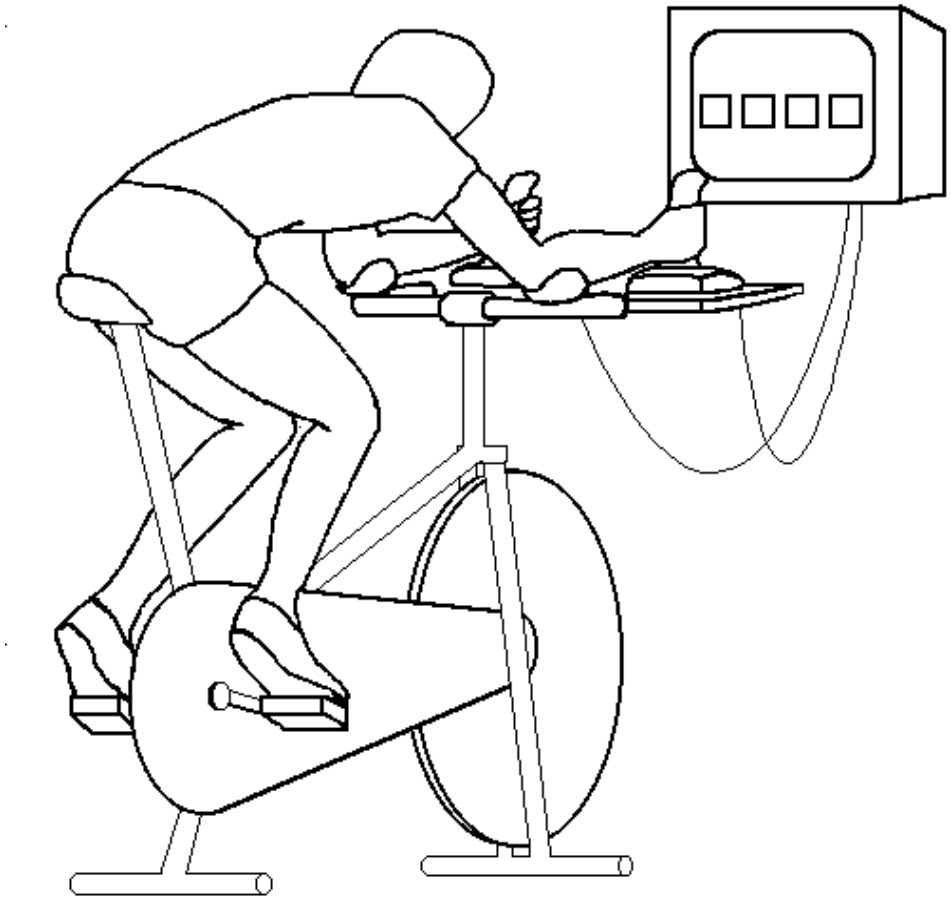
1. On mesure la performance du sujet dans une première tâche, dite tâche primaire (en général une tâche de temps de réaction simple ou binaire)

2. On mesure la performance du sujet dans la tâche primaire, alors qu'il réalise simultanément une seconde tâche

3. La différence entre les deux performances sur la première tâche mesure la quantité de ressources utilisée par la tâche secondaire

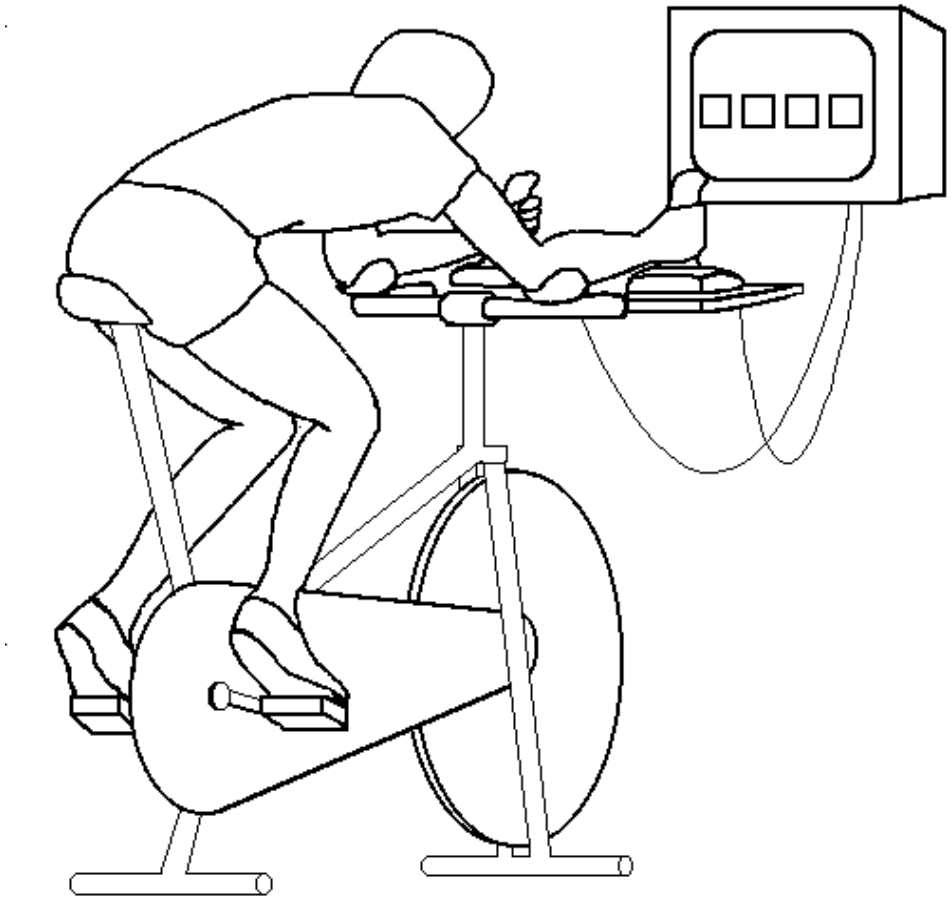
Exploitation des ressources de traitement en double-tâche





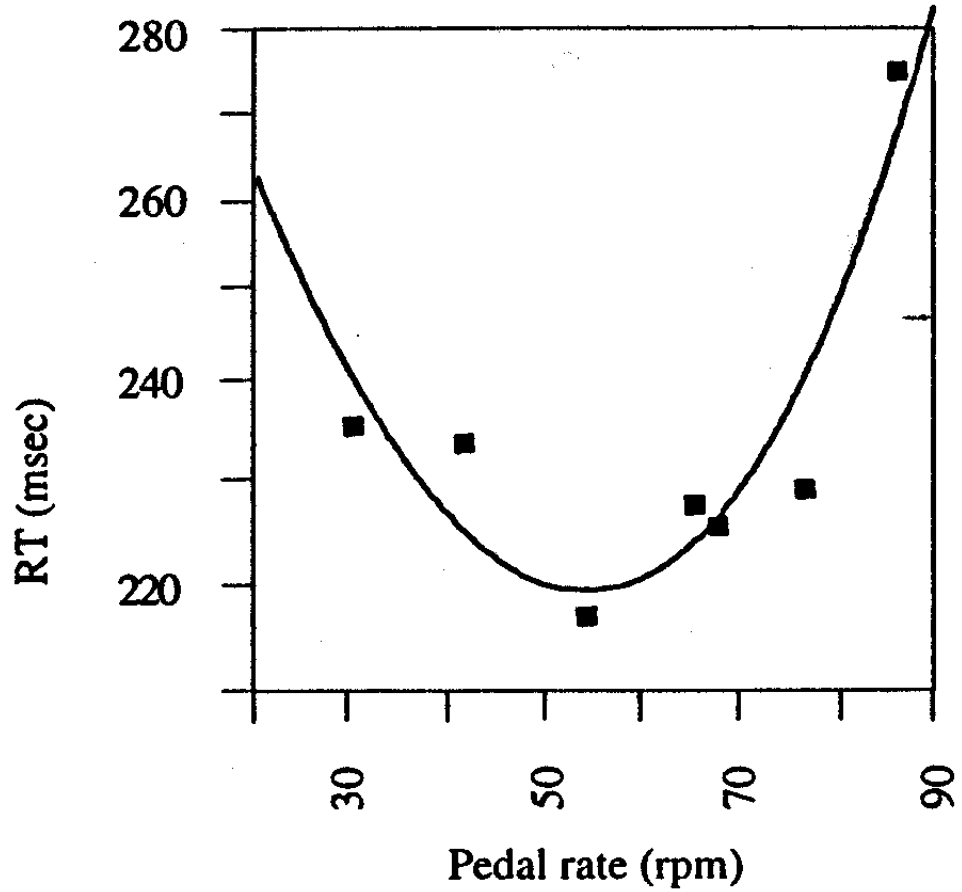
Tâche primaire: temps de réaction de choix
Tâche secondaire: pédalage sur cyclo-ergomètre

(Brisswalter, Durand, Delignières & Legros, 1995)



→ Influence de la fréquence de pédalage sur cycloergomètre sur la performance dans une tâche simultanée de temps de réaction?

(Brisswalter, Durand, Delignières & Legros, 1995)



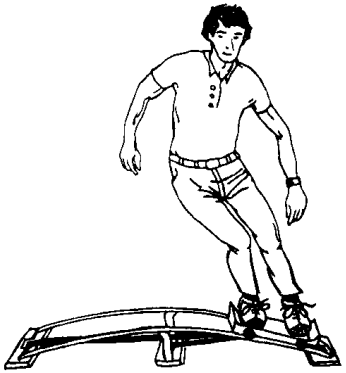
Le temps de réaction est plus rapide lorsque l'on pédale dans le régime optimal de travail
(Brisswalter, Durand, Delignières & Legros, 1995)

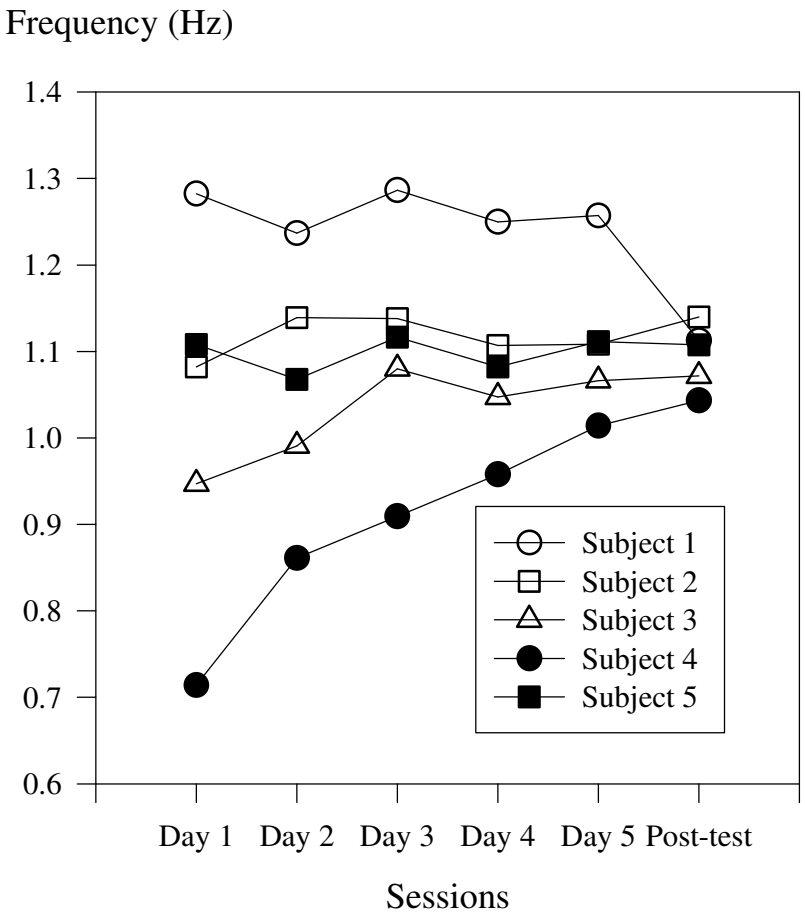
4. Apprentissage et efficience

4.1. Régimes optimaux de travail

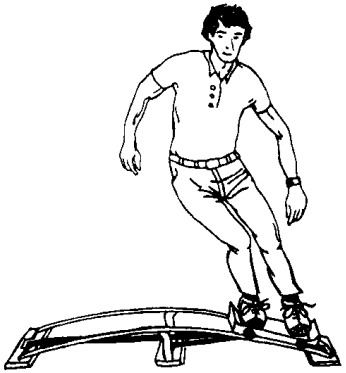
4.2. Apprentissage et optimisation

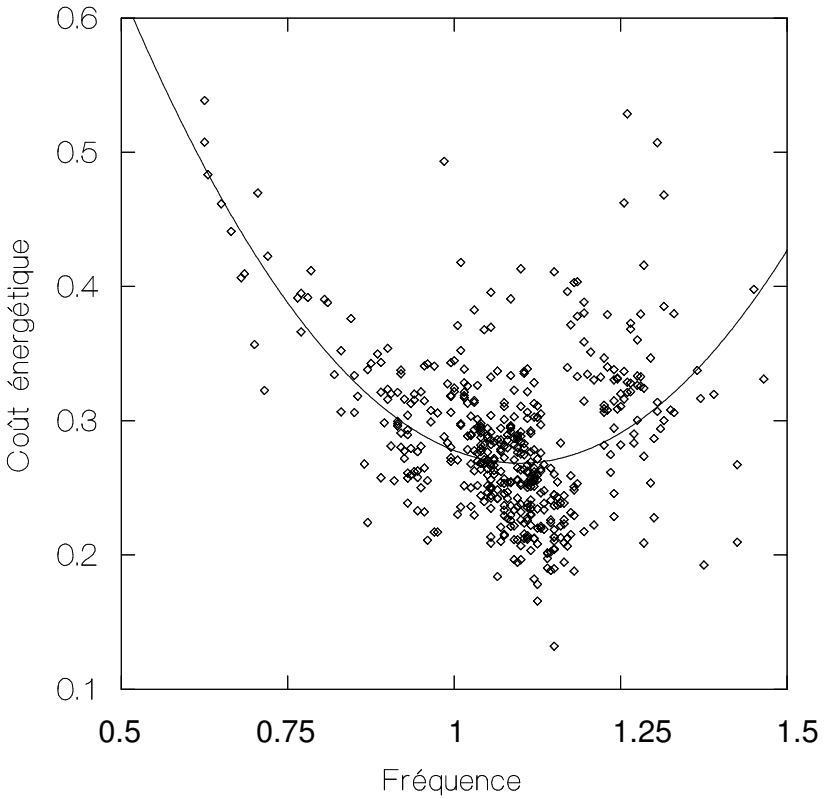
4.3. Stabilité et efficience



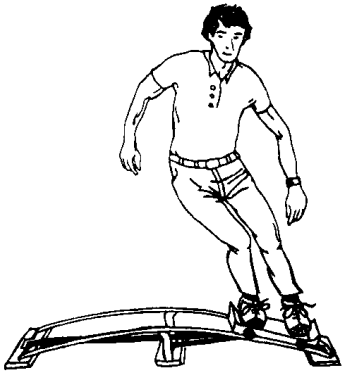


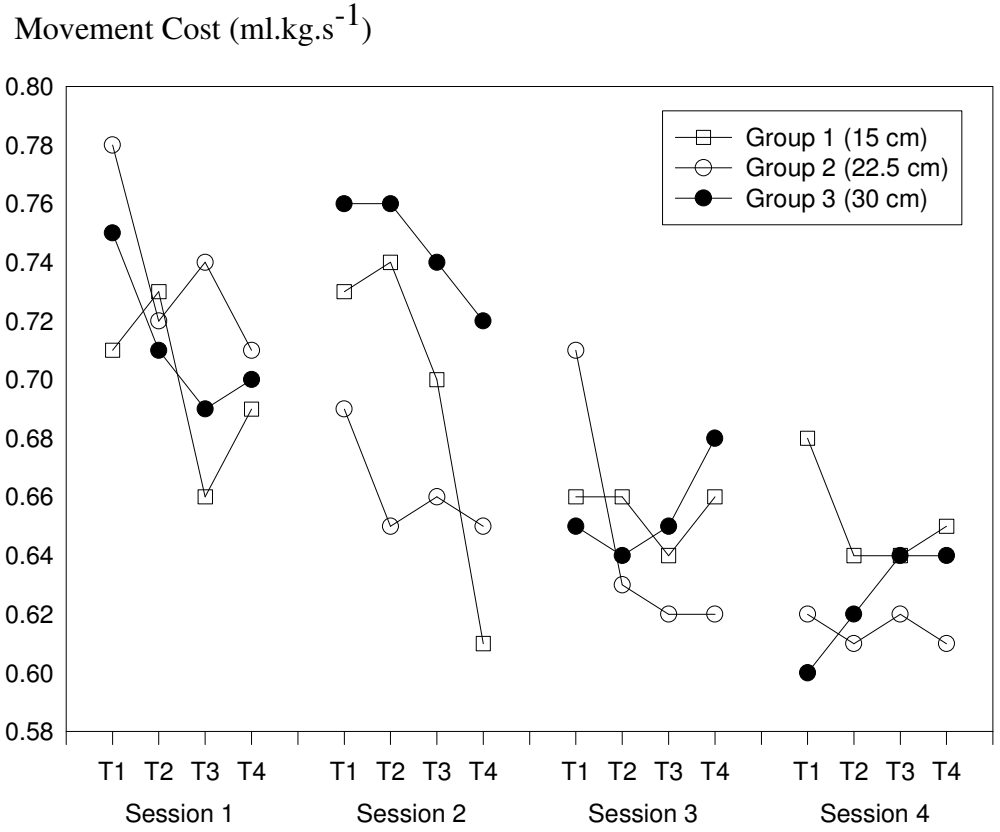
Evolution individuelle de la fréquence d'oscillation sur simulateur de ski
(Durand, Geoffroi, Varray & Préfaut, 1994)





Relation entre fréquence d'oscillation et coût énergétique sur le simulateur de ski
Delignières, Geoffroy, Nourrit & Durand (1996)





Evolution du coût du mouvement avec l'apprentissage

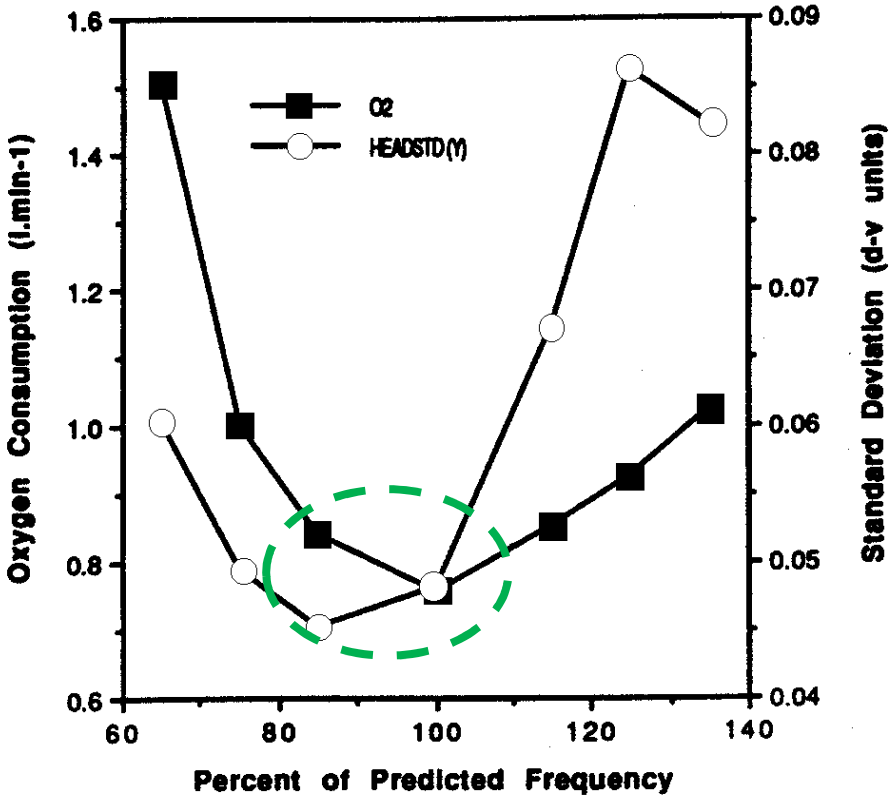
Nourrit, Lauriot, Deschamps, Caillou & Delignières (2000)

4. Apprentissage et efficience

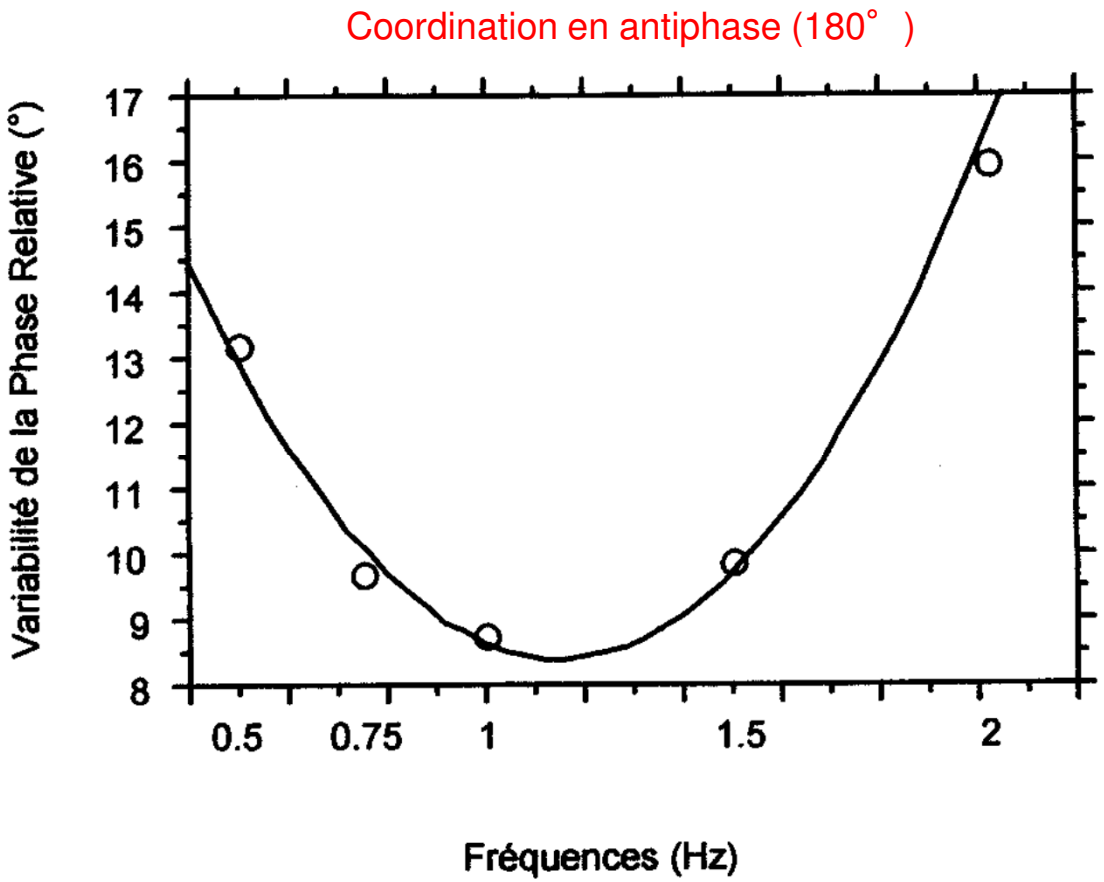
4.1. Régimes optimaux de travail

4.2. Apprentissage et optimisation

4.3. Stabilité et efficience

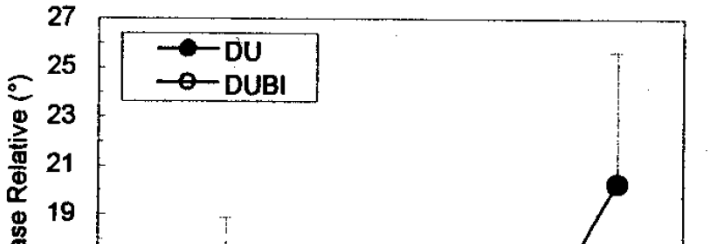


Consommation d'oxygène et stabilité de la tête,
en fonction de la fréquence de marche.
(Holt, Jeng, Ratcliffe & Hamill, 1995)

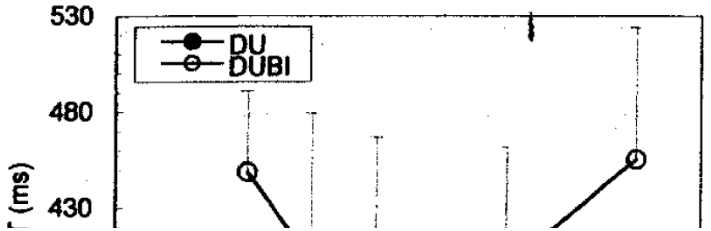


Influence de la fréquence d'oscillation sur la stabilité de la phase relative dans une tâche de coordination bi-manuelle (Monno, 2000)

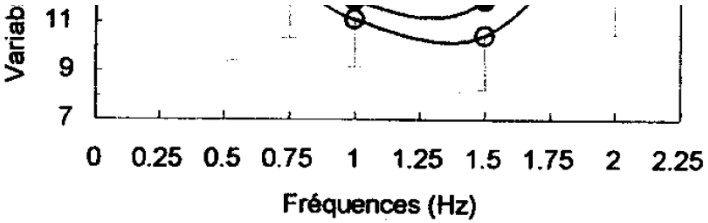
Stabilité de coordination

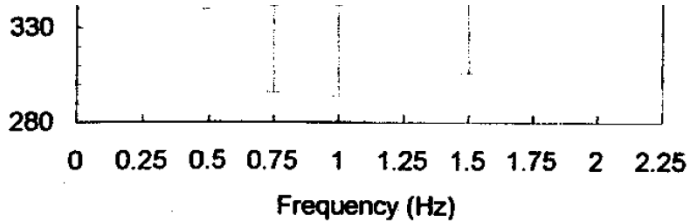


Efficience cognitive



Il y a concomitance entre stabilité comportementale et efficience cognitive (ou énergétique)





Tâches de coordination bi-manuelles:
Influence de la fréquence d'oscillation sur la stabilité de la phase relative (à gauche)
et sur le temps de réaction dans la tâche simultanée (à droite)
(Monno, 2000)

Plan du cours

Introduction : définitions

1. Habileté et traitement de l'information
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente
3. Les étapes de l'apprentissage moteur
4. Apprentissage et efficience
5. Apprentissage et conditions d'apprentissage
6. Apprentissage et connaissances

5. Apprentissage et conditions d'apprentissage

5.1. Répétition, consistance et automatisation

5.2. Difficulté de la tâche et apprentissage

5.3. La démonstration

5.4. Variabilité de la pratique

5.5. L'interférence contextuelle

5.6. Feedbacks

5.7. L'apprentissage piloté par les contraintes

Shiffrin et Schneider (1977) distinguent
les processus contrôlés et les processus automatiques

Les processus contrôlés:

- Fonctionnent en série
- Sont contrôlés par la conscience
- Demandent de l'attention
- Demandent du temps

Les processus automatiques:

- Fonctionnent en parallèle
- Se déroulent en dehors du champ de la conscience
- Ne réclament aucun effort
- Sont extrêmement rapides

Un exemple:

L'effet Stroop

Lisez le mot

VERT

ROUGE

VERT

ROUGE

BLEU

VERT

BLEU

ROUGE

BLEU

ROUGE

VERT

BLEU

Un exemple:

L'effet Stroop

Nommez la couleur

VERT
ROUGE
BLEU
ROUGE
BLEU
ROUGE
VERT
BLEU
BLEU
VERT
ROUGE
VERT

Un exemple:

L'effet Stroop

La lecture des mots et la désignation des couleurs sont automatiques

Par contre, la dissociation du texte et de la couleur renvoie à un processus contrôlé

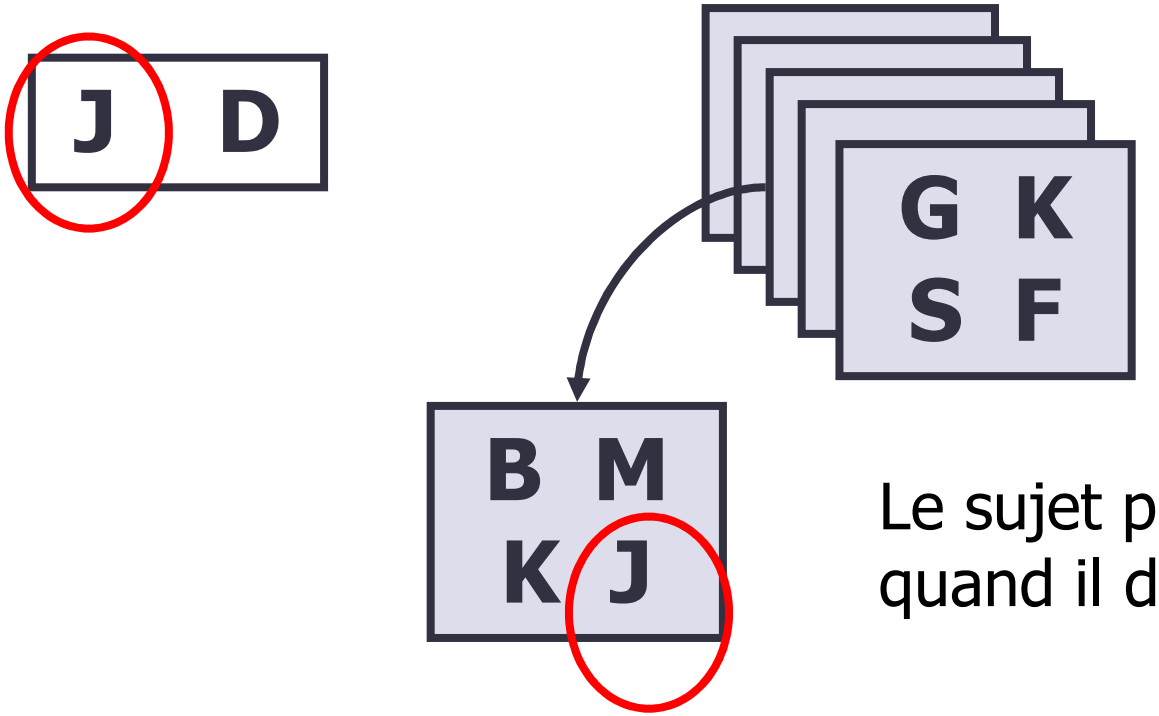
Nommez la couleur

VERT
BLEU
ROUGE
BLEU
ROUGE
VERT
ROUGE
VERT
ROUGE
BLEU
VERT
BLEU

L'expérience de Shiffrin et Schneider (1977)

- Tâche de recherche visuelle
  - Les sujets doivent détecter la présence de lettres cibles parmi un ensemble d'autres lettres (distracteurs)
  - Cibles: 1, 2 or 4 lettres à détecter toujours parmi 4 lettres au total

Exemple: deux lettres cibles



Chaque écran est présenté pendant 40 msec

Le sujet presse un bouton quand il détecte une cible

Shiffrin & Schneider (1977)

Conditions de pratique “variable” *vs.* pratique “consistante”

- Pratique variable:
  - Les lettres cibles changent à chaque essai
  - Il n’y a aucun régularité dans la tâche – on doit utiliser des processus contrôlés à tout moment

Hypothèses:

- Le nombre de lettres cibles devrait avoir un effet sur la performance
- Le nombre de distracteurs devrait avoir un effet sur la performance

Shiffrin & Schneider (1977)

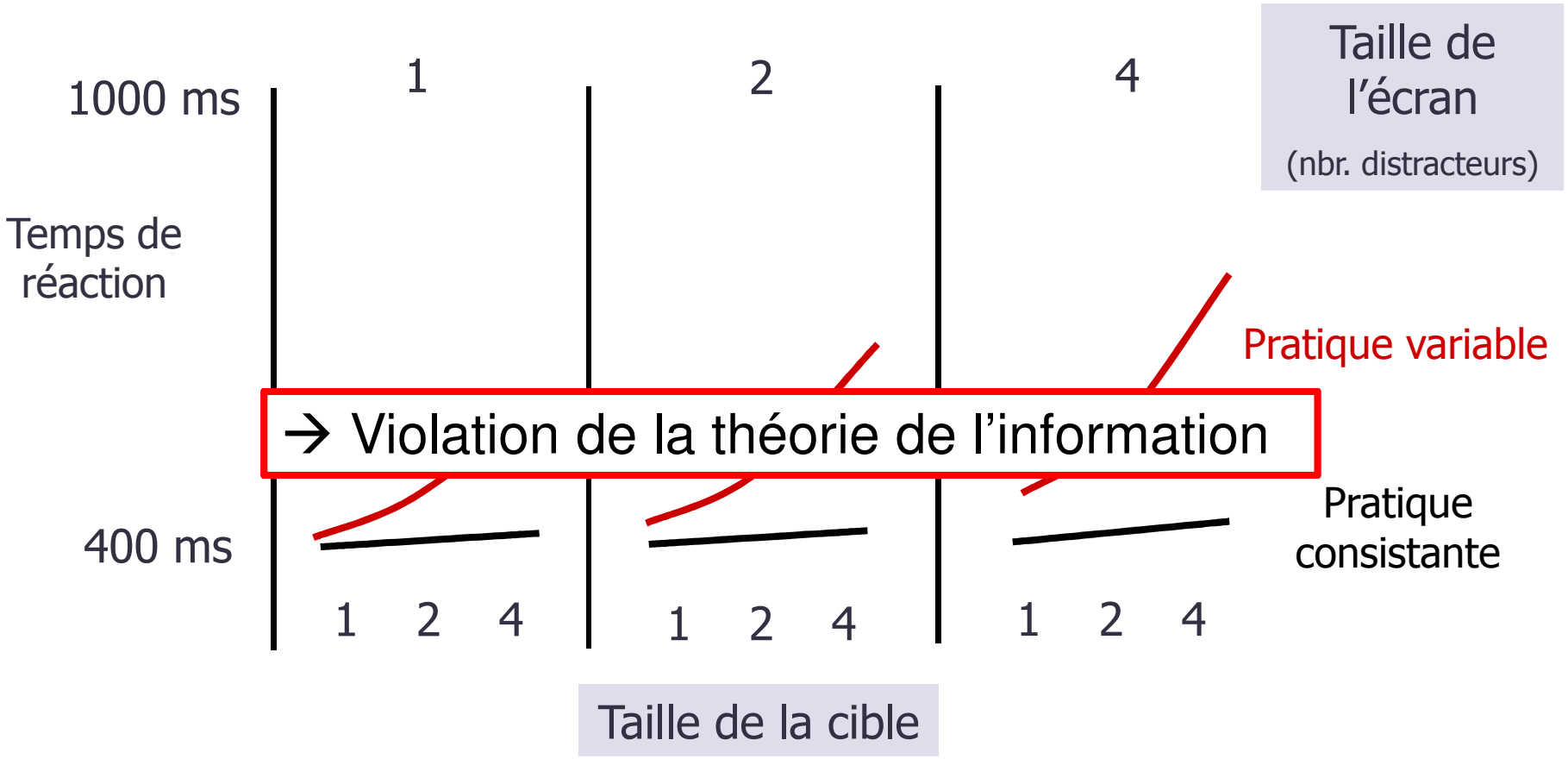
- Pratique consistante:
  - Les lettres cibles sont identiques d'un essai à l'autre
  - La tâche présente des régularités – on devrait être capables de construire des automatismes

Hypothèse:

- Le nombre de lettres cibles ou de distracteurs ne devrait pas avoir d'effet sur la performance

Shiffrin & Schneider (1977)

- Résultats après 2100 essais (sur deux semaines)



Shiffrin & Schneider (1977)

- Conclusions:
  - La consistance de la tâche permet l'automatisation des processus cognitifs
  - C'est la pratique (nécessité de repetition ++), en situation consistante qui est déterminante dans l'automatisation
  - La consistance peut n'être que partielle: le degré d'automatisation est lié au degré de consistance (Camus, 1989)

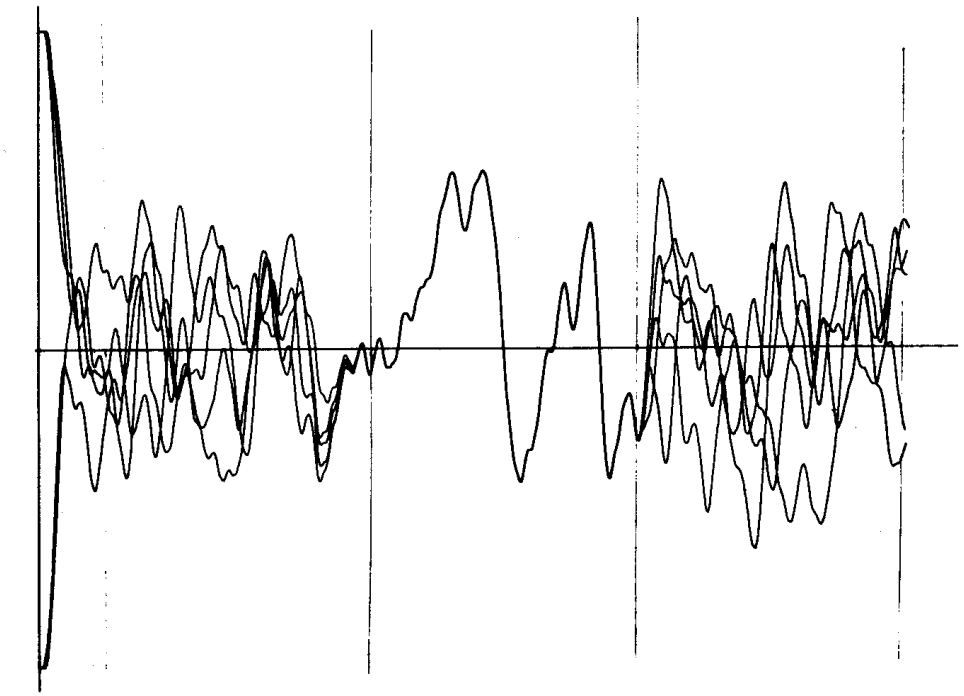
Shiffrin & Schneider (1977)

L'expérience de Pew (1974)

Les sujets doivent suivre une cible se déplaçant sur un écran

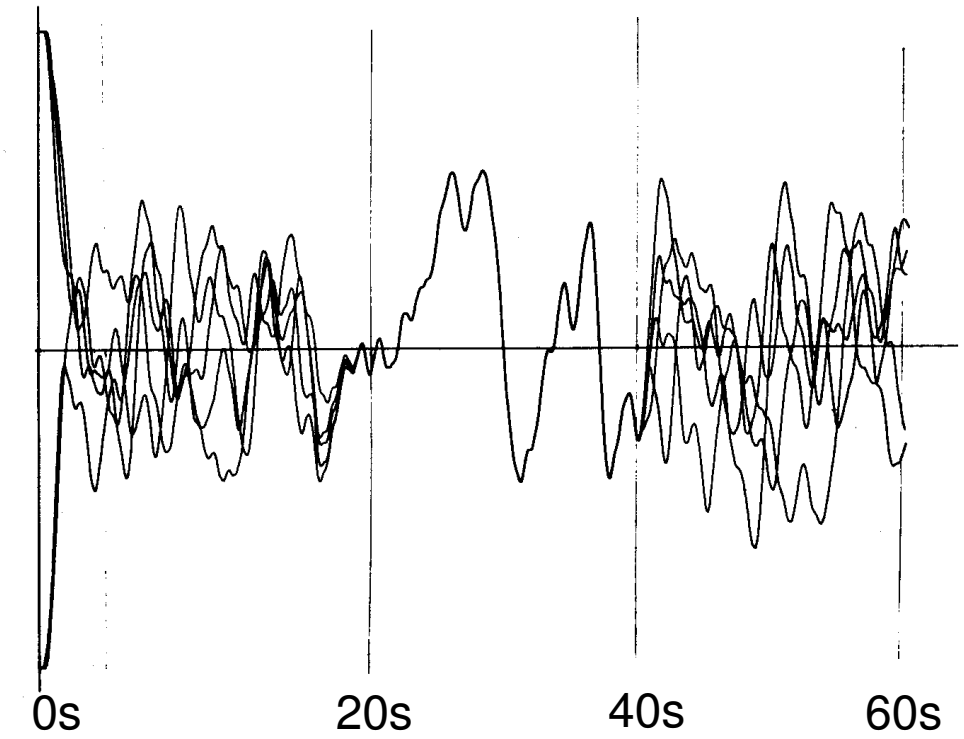
Chaque essai dure une minute

Le déplacement de la cible paraît aléatoire



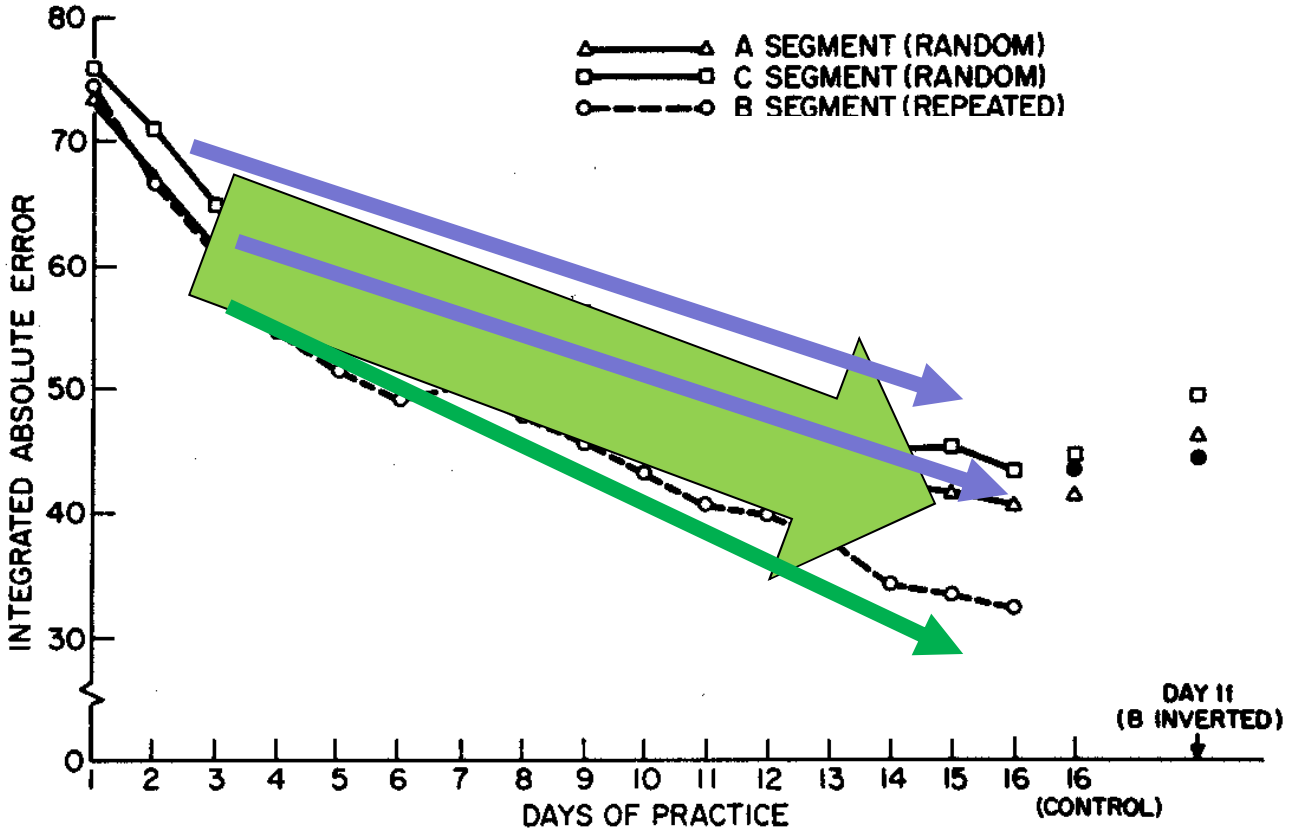
L'expérience de Pew (1974)

Chaque essai est composé de deux segments aléatoires de 20 secondes, encadrant un segment consistant de 20 secondes



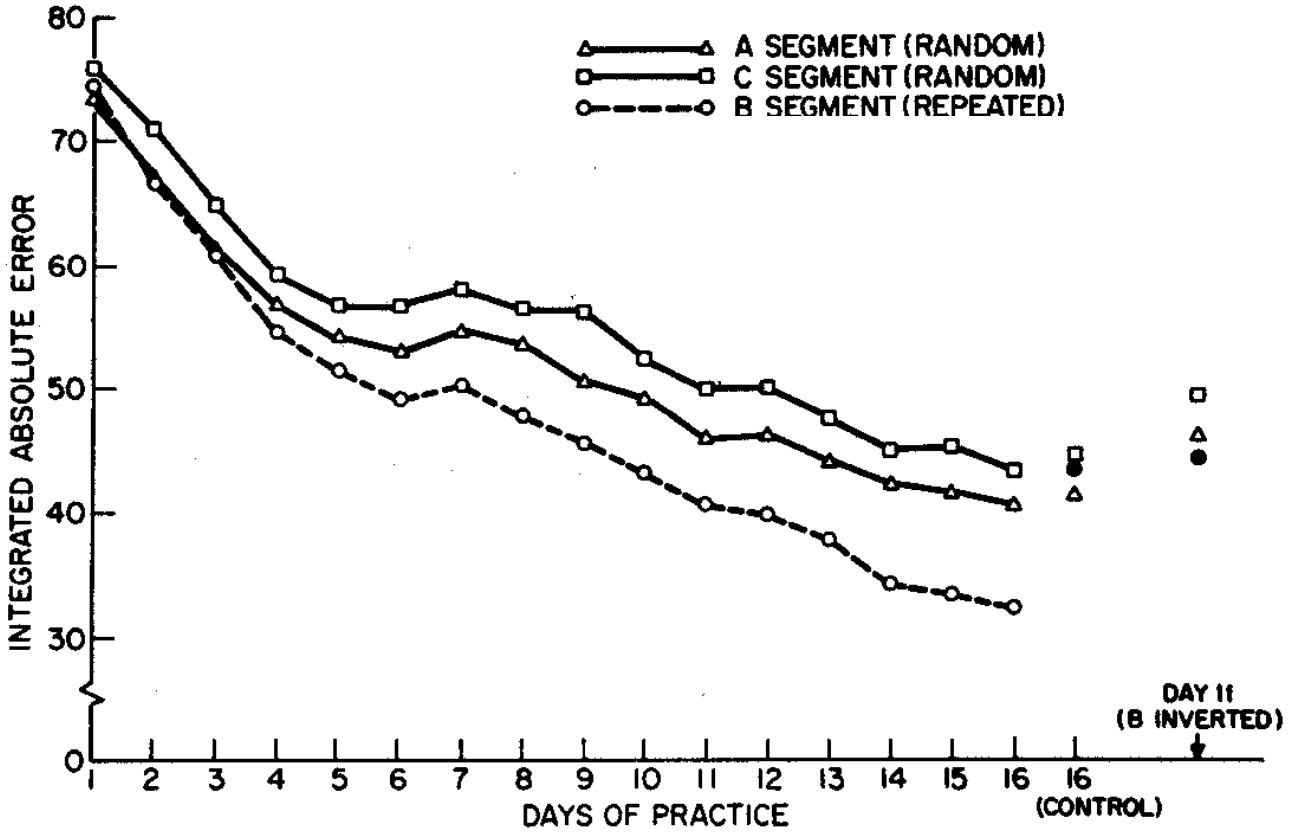
L'expérience de Pew (1974)

La performance est significativement meilleure dans le segment consistant



L'expérience de Pew (1974)

Aucun sujet n'a eu conscience de la consistance du segment médian



- Conclusions:
  - La consistance de la tâche permet l'automatisation des processus cognitifs
  - C'est la pratique, en situation consistante, qui est déterminante dans l'automatisation
  - La consistance peut n'être que partielle: le degré d'automatisation est lié au degré de consistance (Camus, 1989)
  - **Il n'est pas nécessaire que le sujet ait conscience de la consistance pour que l'automatisation ait lieu.**

5. Apprentissage et conditions d'apprentissage

5.1. Répétition, consistance et automatisation

5.2. Difficulté de la tâche et apprentissage

5.3. La démonstration

5.4. Variabilité de la pratique

5.5. L'interférence contextuelle

5.6. Feedbacks

5.7. L'apprentissage piloté par les contraintes

Position du problème:

On veut apprendre à des sujets à réaliser une tâche de difficulté donnée (tâche critère)

Doit-on se contenter de faire répéter la tâche au niveau de difficulté visé?

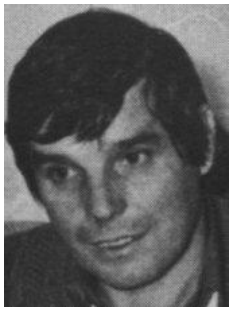
Ou

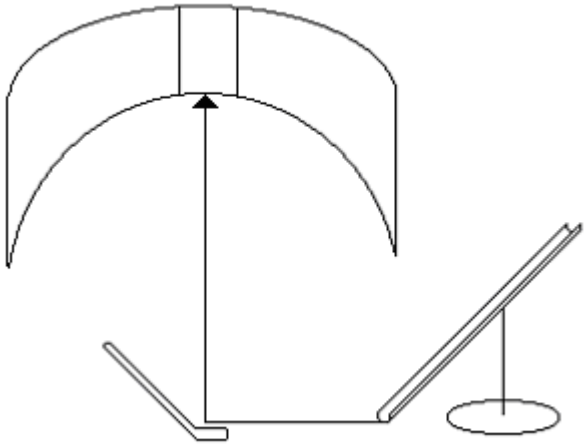
N'est-il pas plus efficace de proposer dans un premier temps une version plus facile de la tâche (progressivité)?

Ou

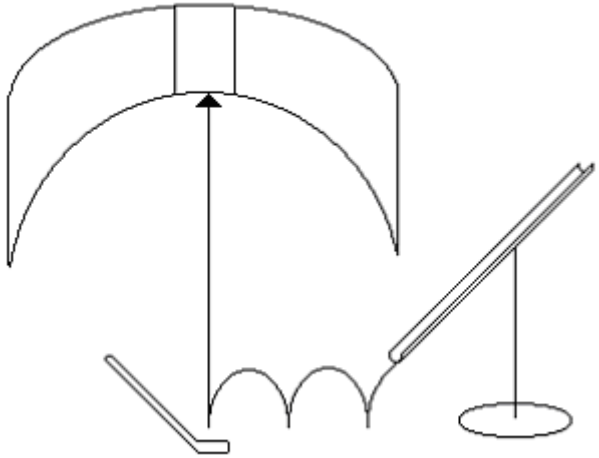
N'est –il pas plus efficace à contrario de confronter le sujet à une version encore plus difficile (sur-complexité)?

Famose, Durand et Bertsch (1985) travaillent avec une tâche d'anticipation-coïncidence





Tâche facile

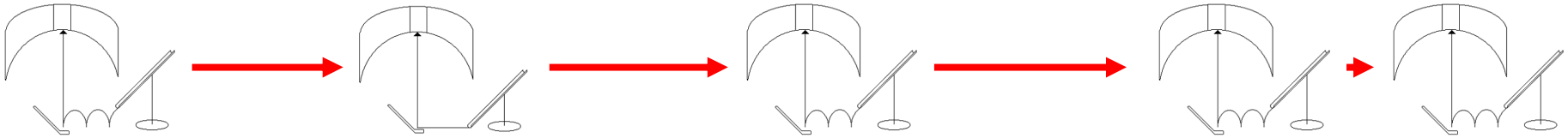


Tâche difficile
(tâche critère)

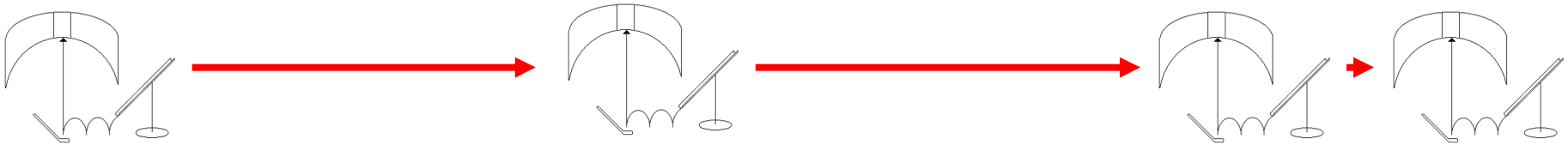
Plan expérimental

Famose, Durand et Bertsch (1985)

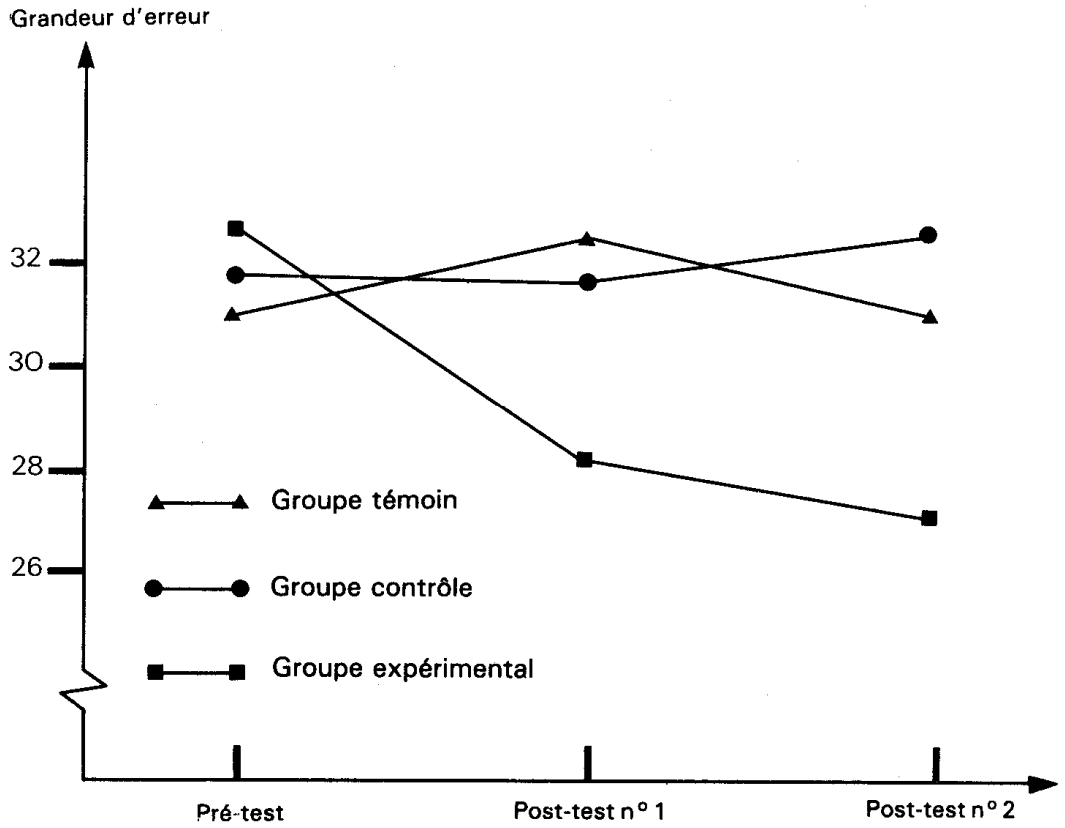
Groupe expérimental



Groupe témoin



Groupe contrôle



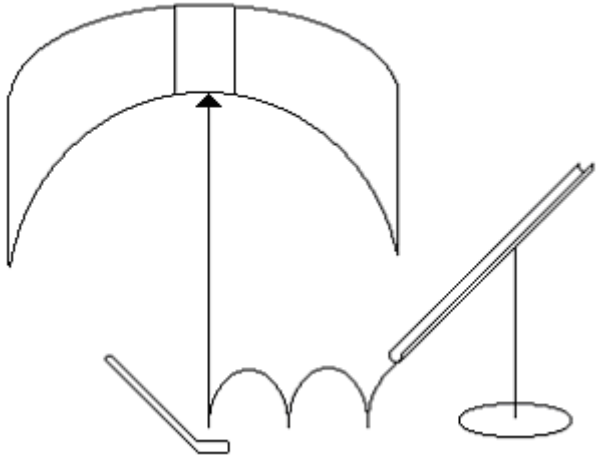
Evolution des performances dans une tâche d'anticipation-coïncidence
(Famose, Durand & Bertsch, 1985)

La progressivité de la difficulté s'avère favorable à l'apprentissage

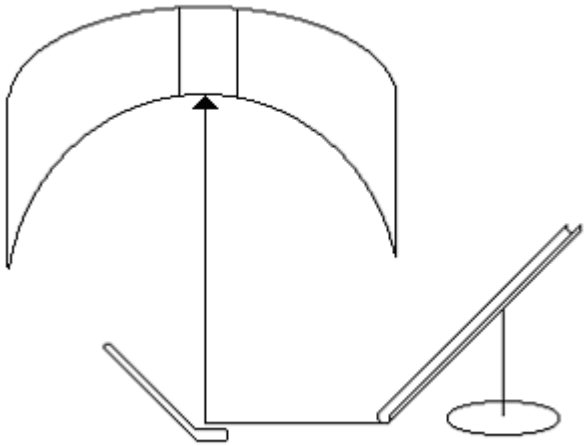
→ Sur quelles dimensions de la tâche cette progressivité doit-elle être appliquée?

→ Y-a-t-il des dimensions plus pertinentes que d'autres, pour une tâche donnée?

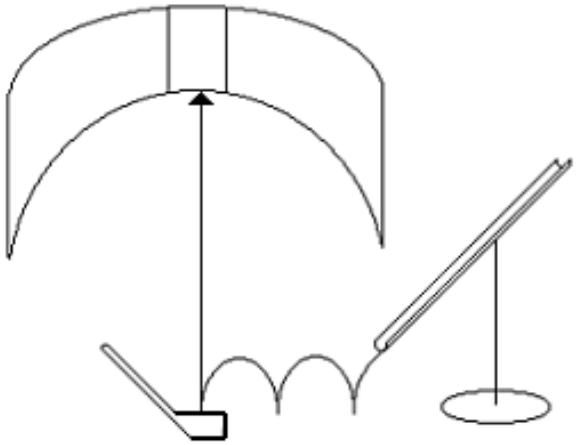
Durand, Famose et Bertsch (1985)



Tâche critère { Précision requise +
Incertitude spatiale +

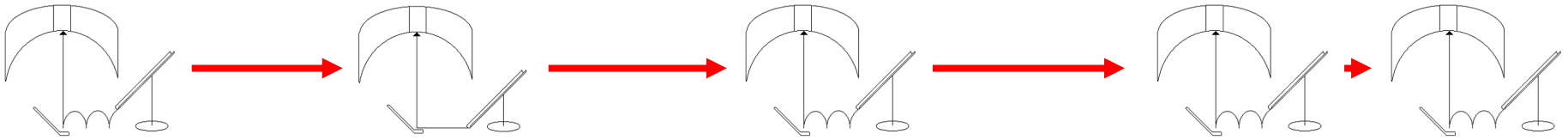


Simplification
Incertitude spatiale



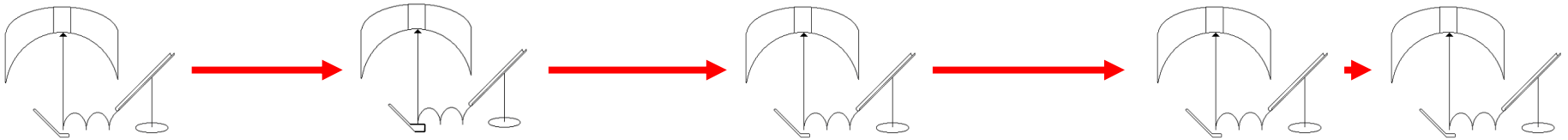
Simplification
Précision requise

Groupe incertitude spatiale



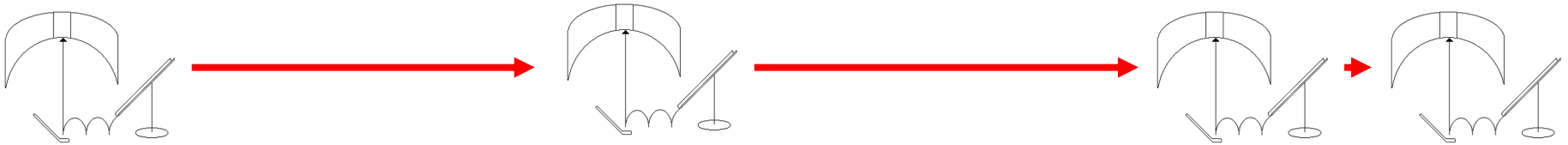
Pré-test — 100 essais tâche facile — 100 essais tâche difficile — Post-test — Rétention

Groupe précision requise



Pré-test — 100 essais tâche facile — 100 essais tâche difficile — Post-test — Rétention

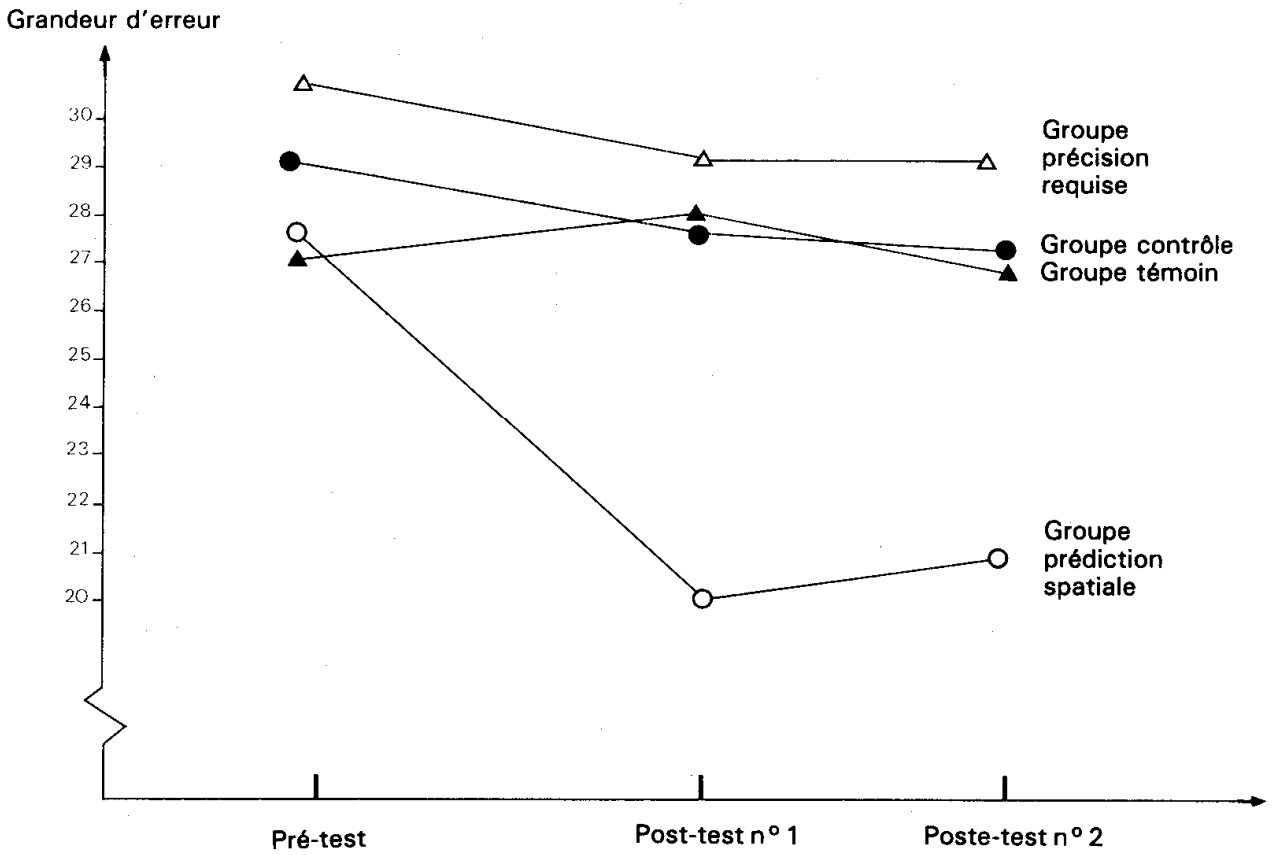
Groupe témoin



Pré-test — 200 essais tâche difficile — Post-test — Rétention

Groupe contrôle

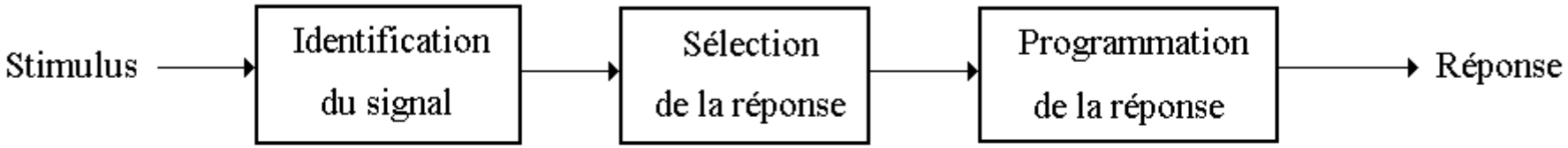
Pré-test — Post-test — Rétention



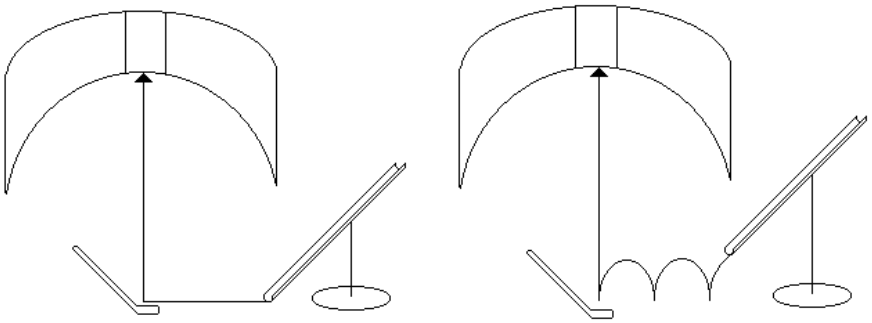
Evolution de l'apprentissage en fonction de la progressivité de l'incertitude spatiale et de la précision requise
(Durand, Famose et Bertsch, 1985)

→ Il y a des dimensions de la tâche qui sont essentielles

→ Le principe: construire des tâches qui vont sélectivement solliciter des stades de traitement déterminés

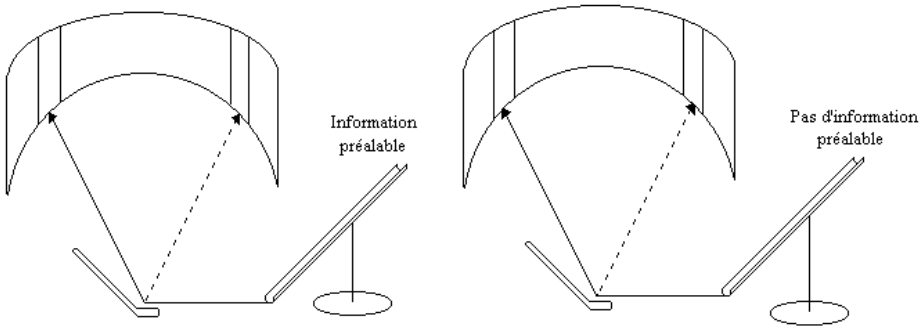


Modèle de traitement de l'information
(selon Schmidt, 1982)



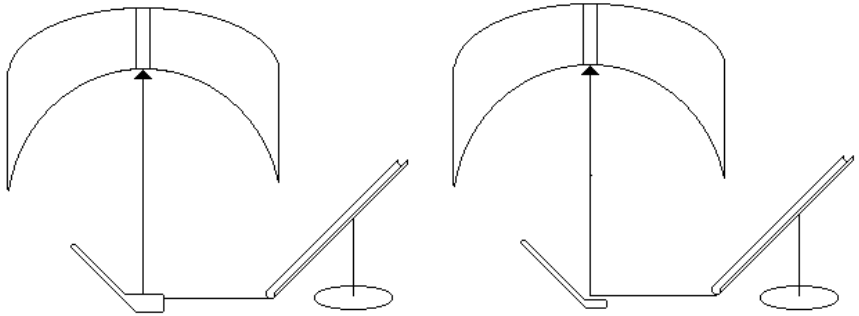
Expérience 1: Incertitude spatiale

Stade perceptif



Expérience 2: Incertitude évènementielle

Stade décisionnel



Expérience 3: Précision requise

Stade moteur

Famose (1990)

Références bibliographiques

Famose, J.P. (1982). Apprentissage moteur et tâches motrices. In R. Thomas (Ed.), *Sport et Science 1982* (pp. 67-82). Paris: Vigot.

Famose, J.P. (1985). L'habileté motrice: théorie et enseignement. *STAPS, 12,* 31-48.

Famose, J.P. (1990). Apprentissage moteur et difficulté de la tâche. Paris: INSEP.

5. Apprentissage et conditions d'apprentissage

5.1. Répétition, consistance et automatisation

5.2. Difficulté de la tâche et apprentissage

5.3. La démonstration

5.4. Variabilité de la pratique

5.5. L'interférence contextuelle

5.6. Feedbacks

5.7. L'apprentissage piloté par les contraintes

Procédure pédagogique souvent critiquée (Famose, 1983)

La démonstration est cependant abondamment utilisée dans les activités morphocinétiques

Problèmes:

Qui doit démontrer?

A quel moment?

Combien de fois?

Dans quels types de tâches?

Théorie de l'apprentissage social (Bandura, 1969, 1974)

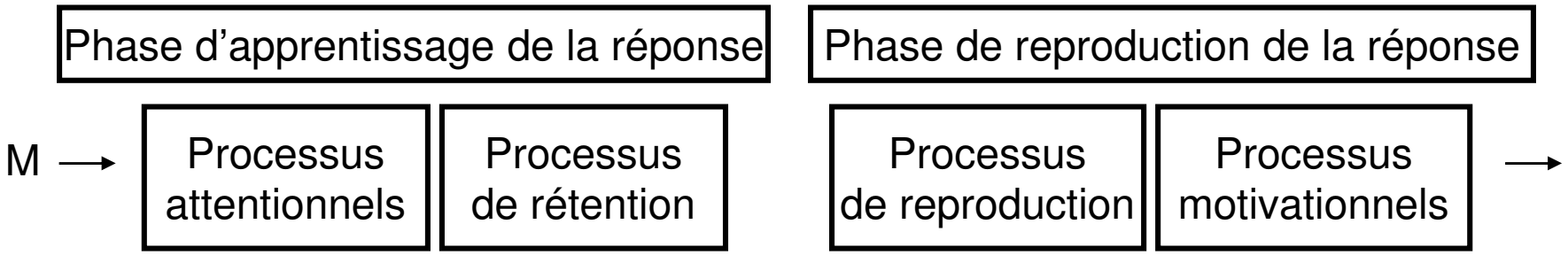
- Expliquer la manière dont un humain s'intègre à la culture, s'approprie ses valeurs, acquièrt des comportements nouveaux

- Possibilités d'apprendre par simple observation

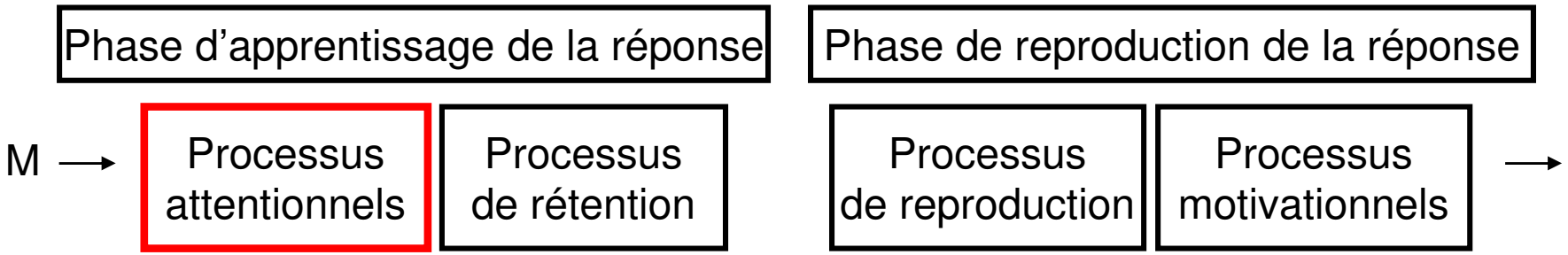
- Bandura souligne la complexité des processus cognitifs sous-jacent l'apprentissage par observation:
L'imitation n'est pas un processus passif!

- Processus central = constitution d'une représentation interne du comportement à (re-)produire

Bandura, 1969, 1974

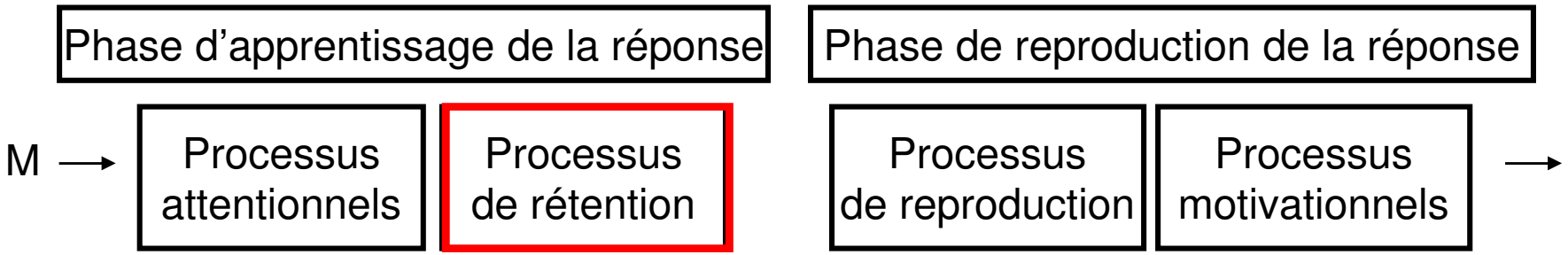


Bandura, 1969, 1974



L'observateur doit sélectionner les informations pertinentes dans la démonstration

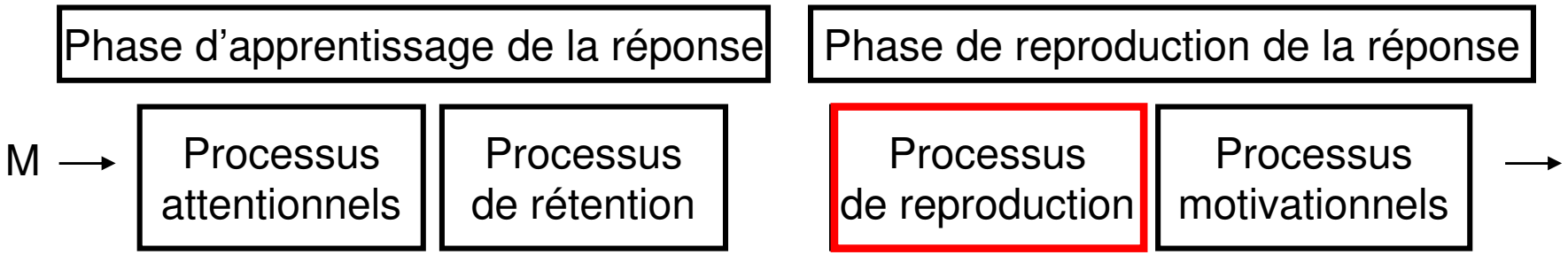
Bandura, 1969, 1974



L'observateur doit sélectionner les informations pertinentes dans la démonstration

Les informations doivent être codées en mémoire à partir d'une représentation imagée ou verbale

Bandura, 1969, 1974

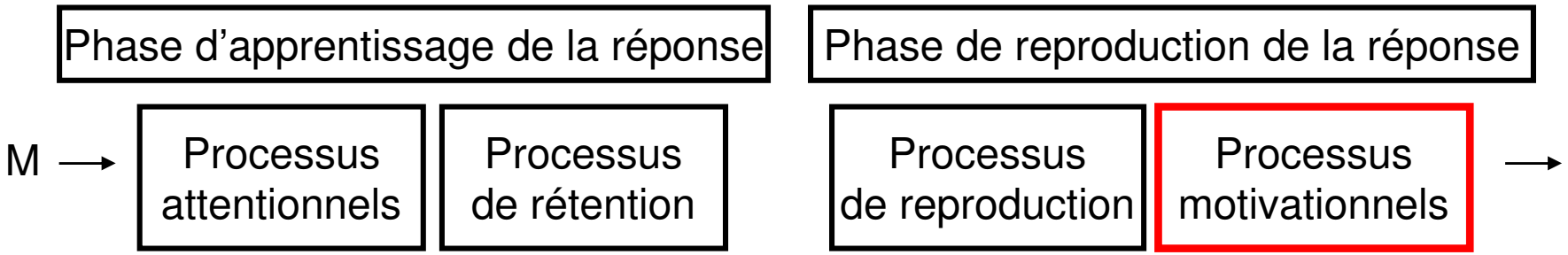


L'observateur doit sélectionner les informations pertinentes dans la démonstration

Les informations doivent être codées en mémoire à partir d'une représentation imagée ou verbale

Cette représentation sert à guider le pratiquant pour la reproduction motrice, au niveau de la planification du mouvement, de la détection et correction d'erreurs…

Bandura, 1969, 1974



L'observateur doit sélectionner les informations pertinentes dans la démonstration

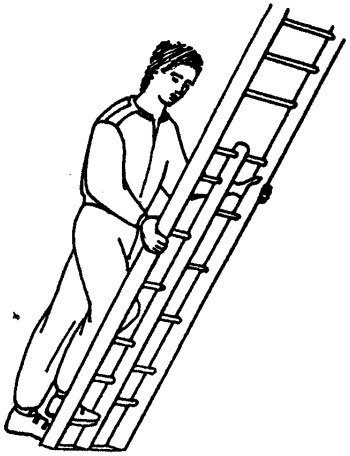
Les informations doivent être codées en mémoire à partir d'une représentation imagée ou verbale

Cette représentation sert à guider le pratiquant pour la reproduction motrice, au niveau de la planification du mouvement, de la détection et correction d'erreurs…

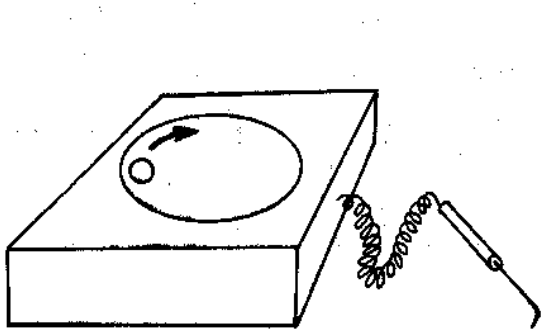
Importance des facteurs motivationnels dans l'efficacité de l'apprentissage par observation (attrait du modèle, désir d'identification, etc.)

Démonstration pour quel type de tâches?

L'expérience de Burwitz (1975)



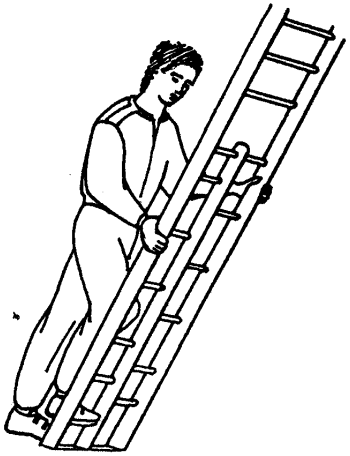
Echelle de Bachman



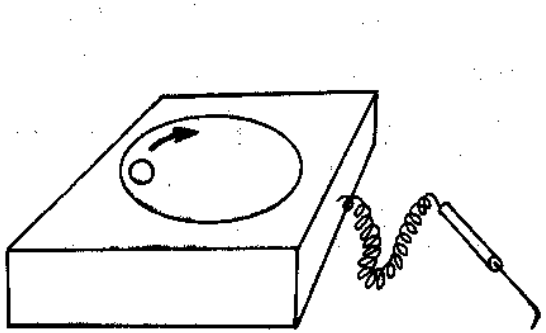
Poursuite rotative

- Groupe avec démonstration
- Groupe sans démonstration

L'expérience de Burwitz (1975)



Echelle de Bachman



Poursuite rotative

→ La démonstration améliore la performance, mais surtout dans la tâche globale (échelle de Bachman)

→ La démonstration permet de préciser les stratégies d'exécution

→ La démonstration ne semble pas être utile que pour les tâches morphociétiques…

Nombre de démonstrations et codage verbal

Carroll et Bandura (1990)

Reproduction d'une séquence gestuelle

Démonstration par vidéo

2 vs. 8 démonstrations

Codage verbal de la séquence vs. démo visuelle simple

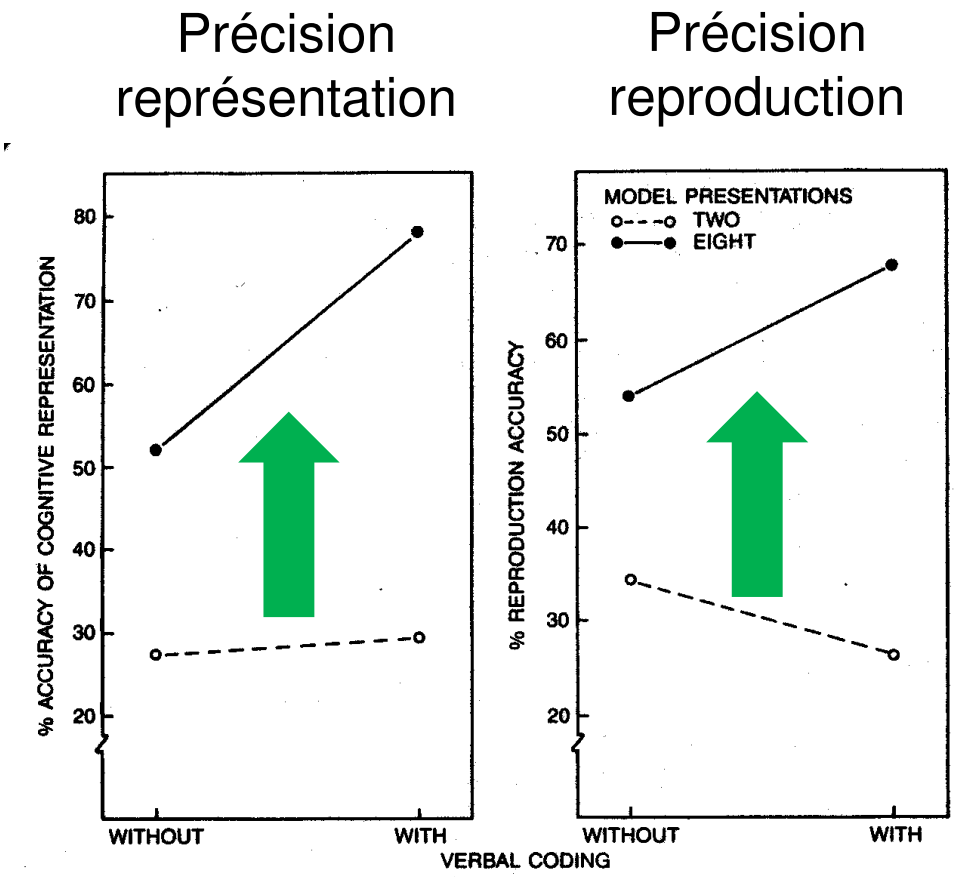
→ Evaluation de la précision de la représentation

→ Evaluation de la précision de reproduction

Nombre de démonstrations et codage verbal

Carroll et Bandura (1990)

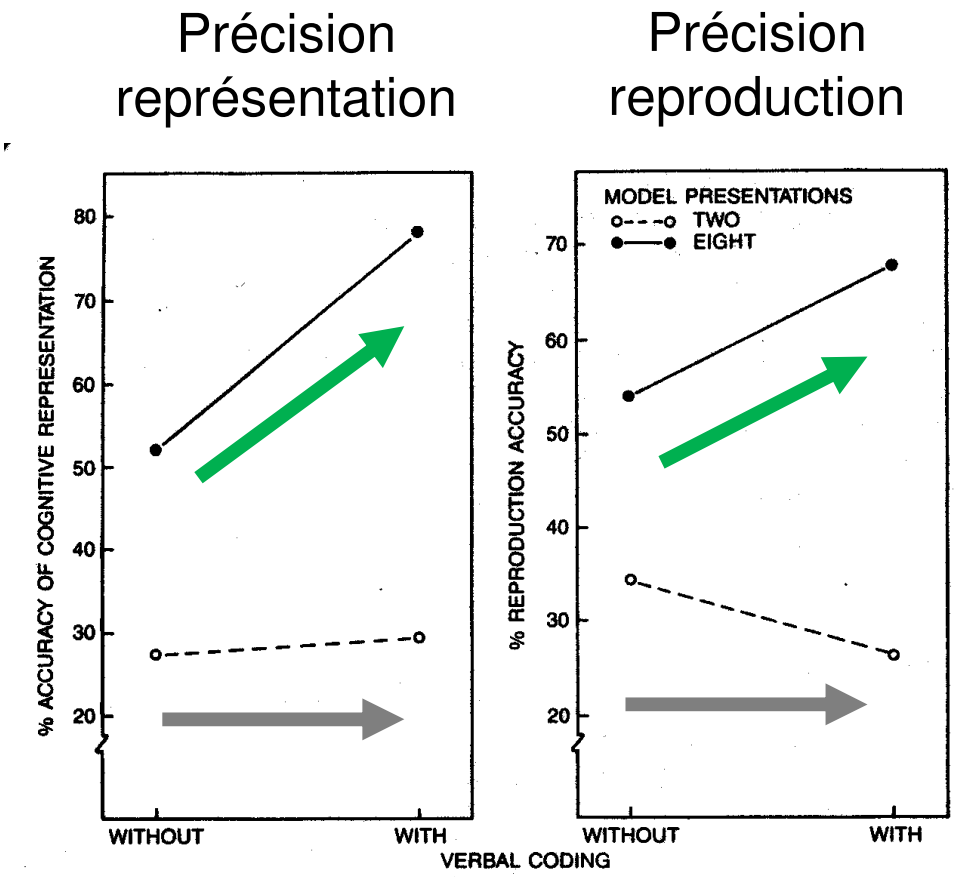
Le nombre de démonstration améliore simultanément la précision de la représentation ET la qualité de la reproduction



Nombre de démonstrations et codage verbal

Carroll et Bandura (1990)

Le codage est bénéfique, mais seulement si le nombre de démonstrations est élevé



Nombre de démonstrations et codage verbal

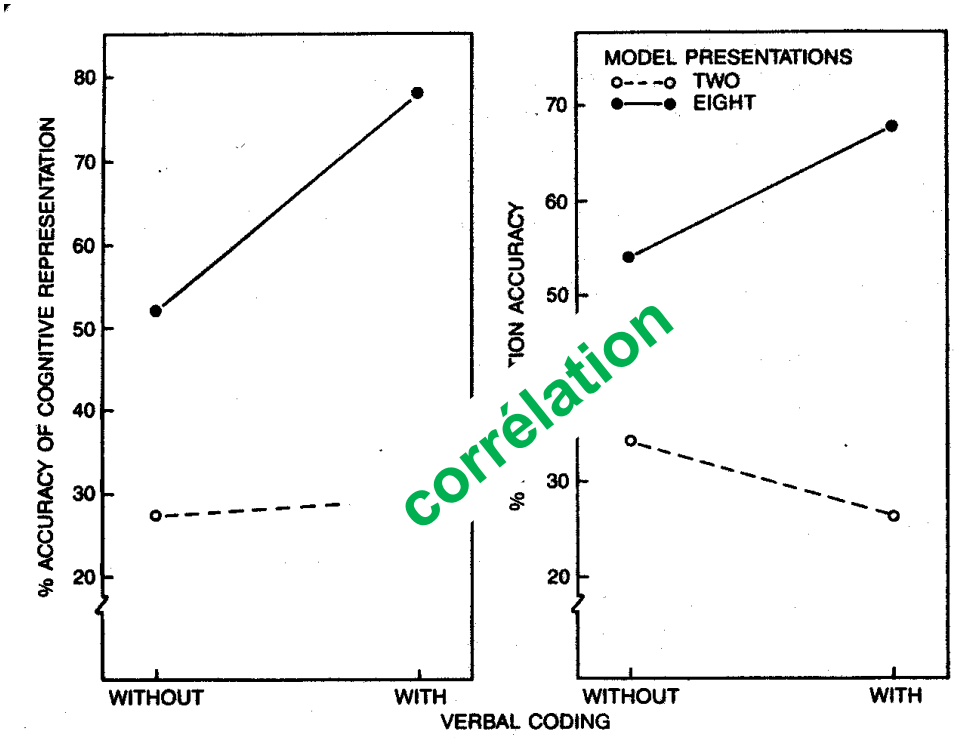
Carroll et Bandura (1990)

Une analyse supplémentaire démontre que la qualité de la reproduction est liée à la précision de la représentation construite en mémoire

→ Démontre l'importance des processus cognitifs lors de l'apprentissage avec démonstration

Précision représentation

Précision reproduction



Les opérations de codage lors de la démonstration

Expérience de Gerst (1971)

Apprentissage d'une séquence de gestes tirés du langage des signes

Quatre conditions de mémorisation du modèle:

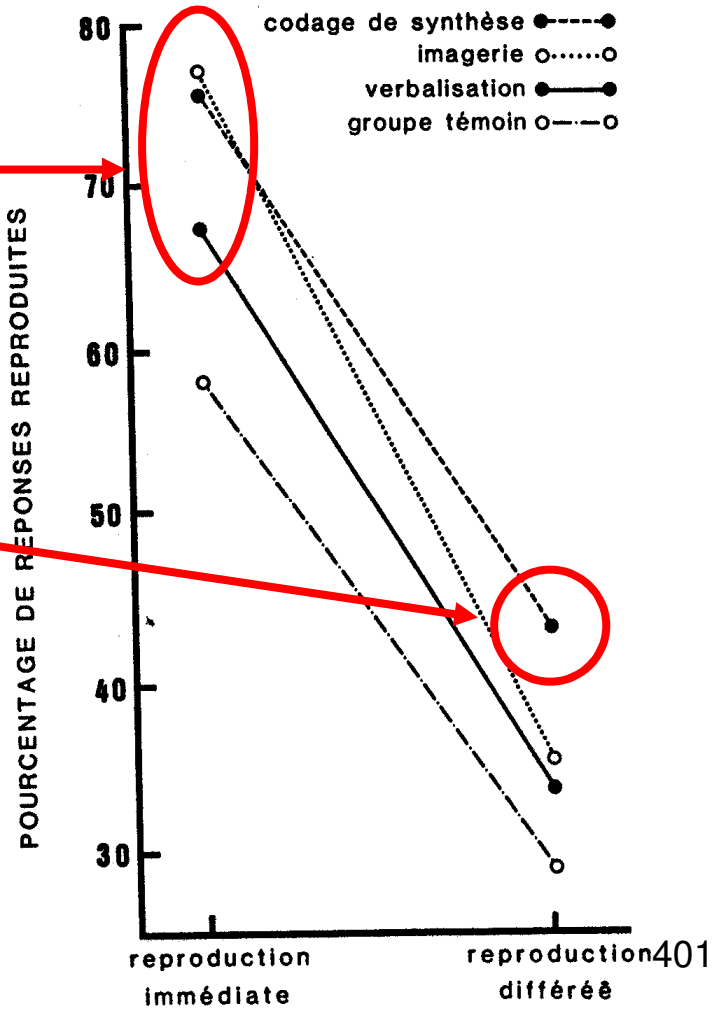
- Imagerie mentale
- Description verbale concrète
- Codage de synthèse
- Aucune stratégie (groupe témoin, libre)

Les opérations de codage lors de la démonstration

Les stratégies de codage améliorent la mémorisation et la reproduction du modèle

Le codage abrégé permet une rétention plus efficace

→ Il ne suffit pas de presenter le modèle; il faut guider l'observation et les processus de construction de la représentation



Distribution de la démonstration et apprentissage

Landers (1975)

Expérience réalisée sur l'échelle de Bachman

Trois groupes expérimentaux

- 4 démonstrations données avant la pratique
- 4 démonstrations en cours de pratique
- 2 démonstration avant et 2 pendant

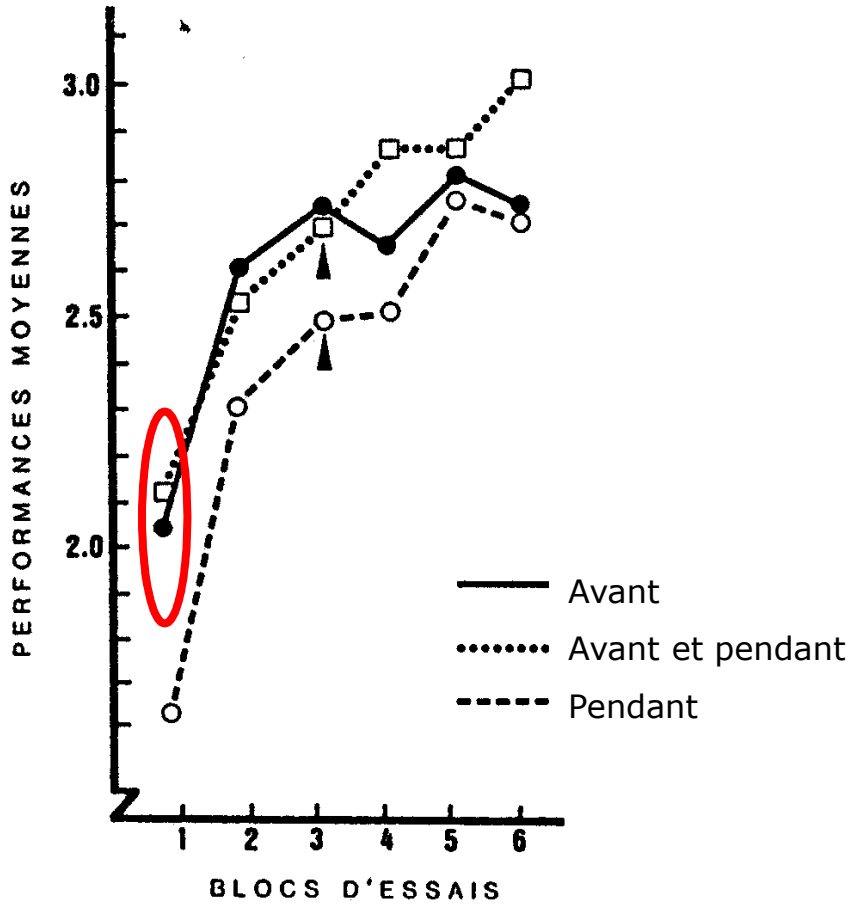
Question:

Peut-on tirer benefice de la demo alors que l'on n'a encore jamais pratiqué?

Distribution de la démonstration et apprentissage

Landers (1975)

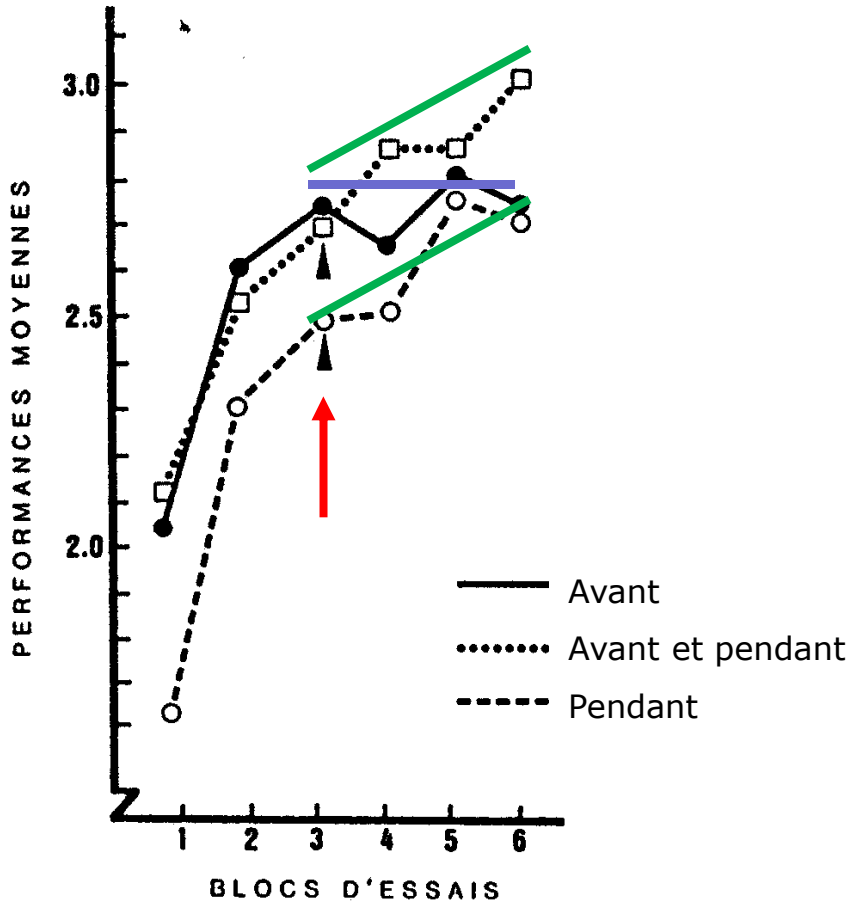
La démonstration donnée avant la pratique améliore la performance de départ



Distribution de la démonstration et apprentissage

Landers (1975)

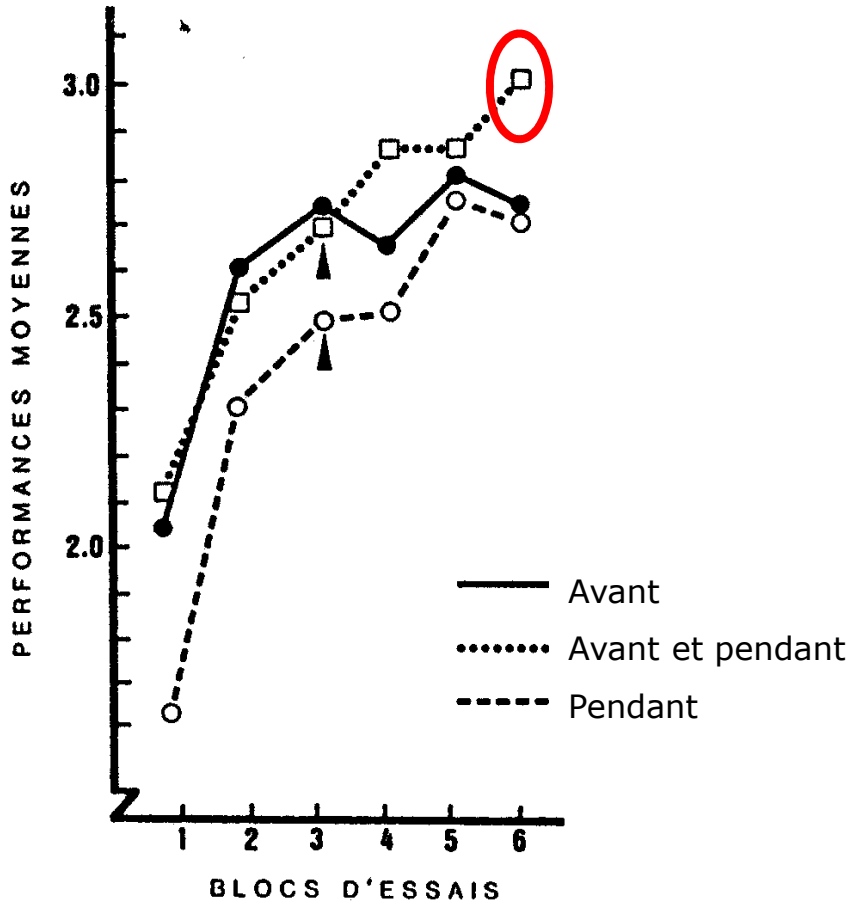
La démonstration donnée pendant la pratique relance la progression des performances

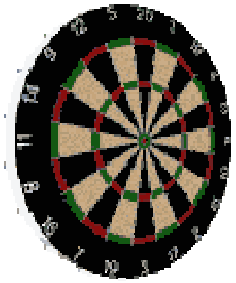


Distribution de la démonstration et apprentissage

Landers (1975)

Les deux effets s'additionnent dans le groupe qui reçoit le modèle de manière distribuée



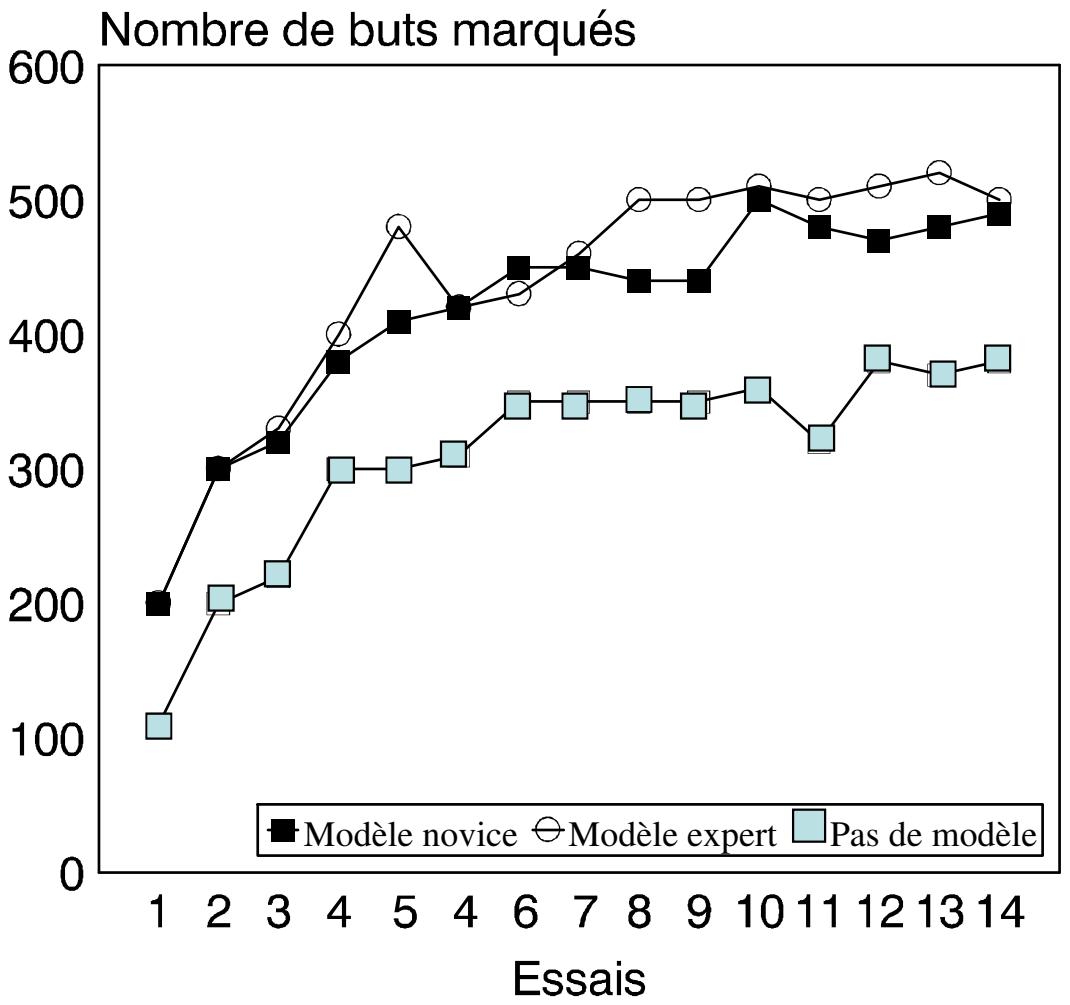


Effets de l'expertise du modèle

Weir et Leavitt (1990), dans une expérience sur le lancer de fléchettes, montrent qu'un modèle novice est plus efficace qu'un modèle expert

L'observation d'un débutant permet d'avoir des informations sur les problèmes que les sujets inexpérimentés rencontrent, et surtout de voir comment ces problèmes peuvent être résolus

Influence de l'observation d'un modèle et de l'expertise du modèle sur la performance (Pollack & Lee, 1992)



Un modèle novice est aussi efficace qu'un modèle expert

Effet de la qualité du modèle sur l'apprentissage

Martens, Burwitz et Zuckerman (1976)

Tâche de « roll-up » (lancer de balle sur un plan incliné)

4 conditions:

- Modèle correct
- Séquence d'apprentissage
- Modèle incorrect
- Pas de modèle

X

Sujets pratiquent

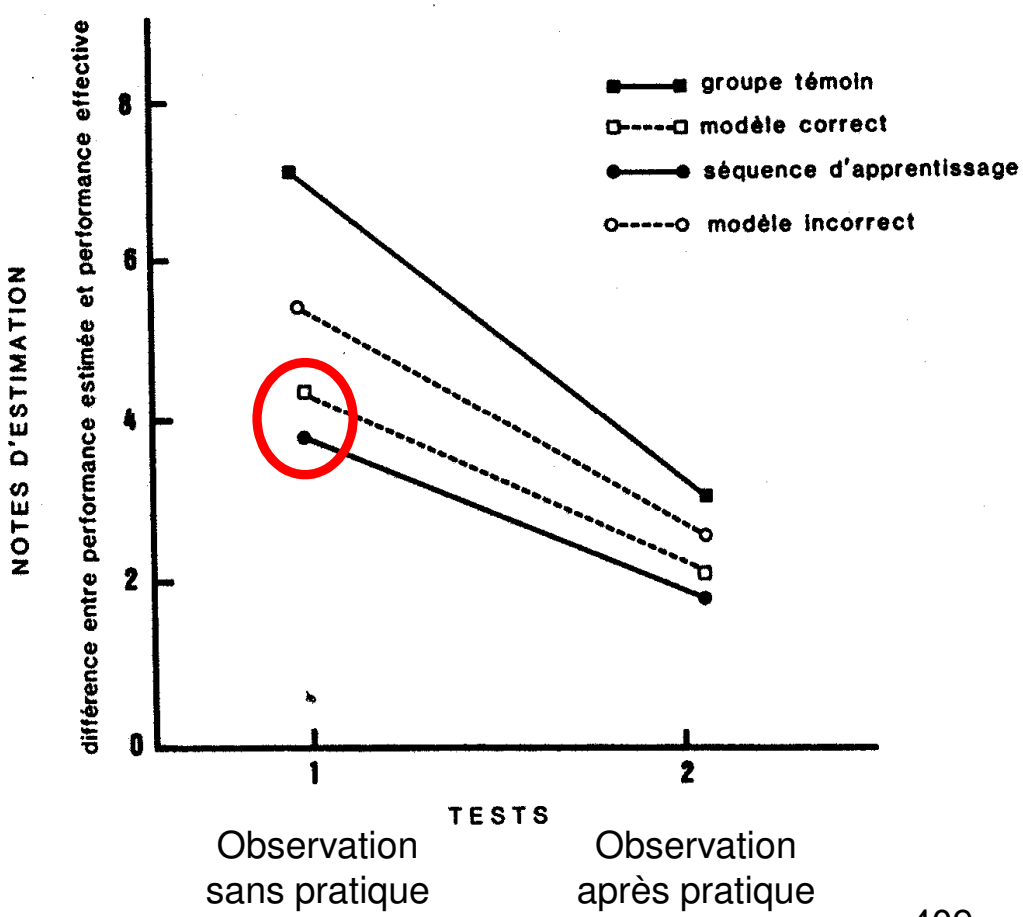
Sujets ne pratiquent jamais

On évalue la capacité des sujets à estimer le résultat de la tâche, après observation du modèle, et après une pratique de 10 essais

Effet de la qualité du modèle sur l'apprentissage

Martens, Burwitz et Zuckerman (1976)

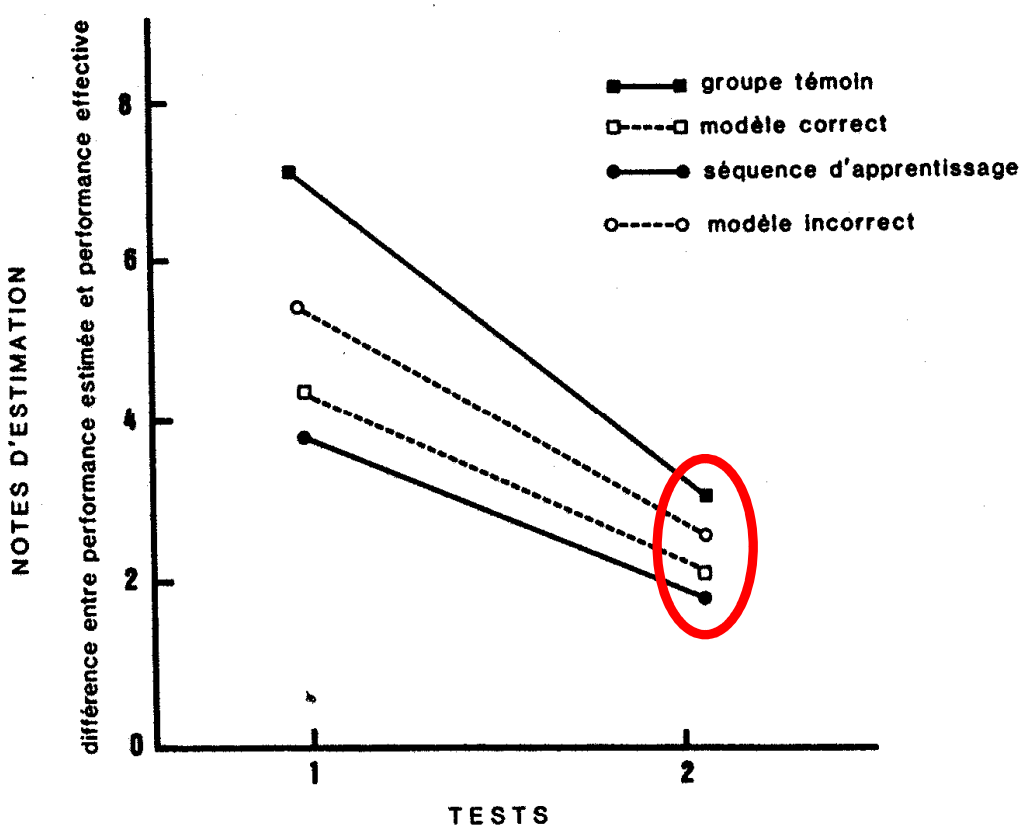
Les sujets ayant visionné un modèle correct ou une séquence d'apprentissage sont plus performants dans l'estimation de la performance sans pratique



Effet de la qualité du modèle sur l'apprentissage

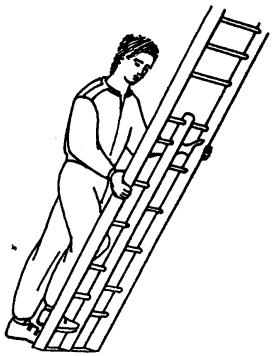
Martens, Burwitz et Zuckerman (1976)

Après pratique, les différences tendent à s'estomper entre les groupes



Effets de l'expertise et du statut du modèle

Landers et Landers (1973)



Expérience réalisée sur l'échelle de Bachman

- démonstration proposée par un enseignant expert ou non expert

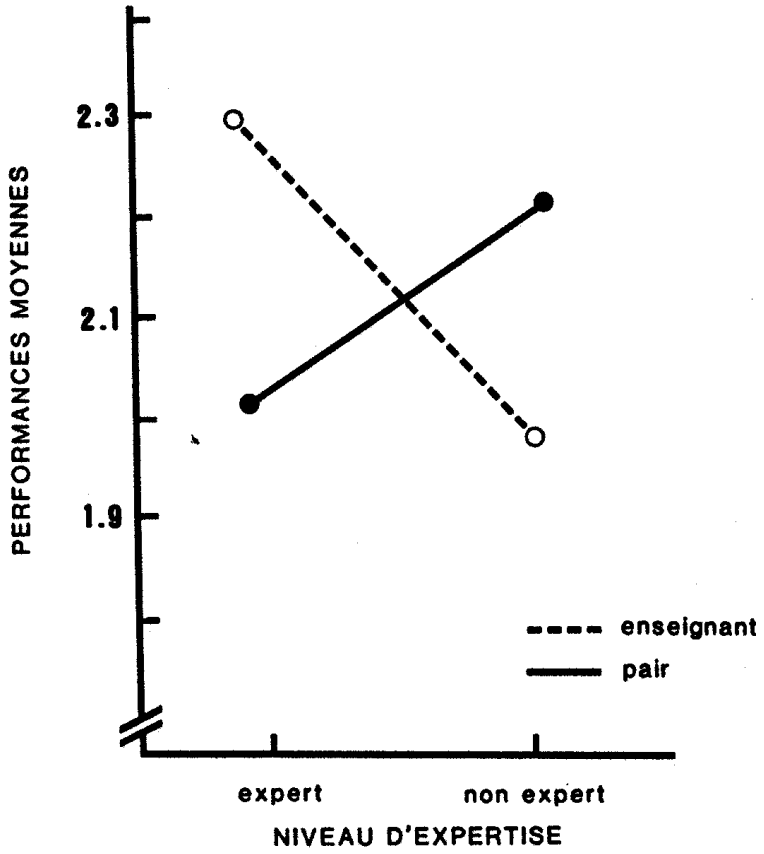
- démonstration proposée par un pair expert ou non expert

Effets de l'expertise et du statut du modèle

Landers et Landers (1973)

Le statut de l'enseignant accroît l'effet positif de sa démonstration s'il est expert

L'inexpertise de l'enseignant à une effet plus négatif que l'inexpertise du pair



Démonstration, tâches de contrôle, tâches de coordination

Magill et Schoenfelder-Zohdi (1995)

Méta-analyse

Les auteurs distinguent:

Les tâches à buts de coordination: le sujet ne dispose pas de solution et doit construire une nouvelle coordination

Les tâches à but de contrôle: le problème du sujet est d'adapter à la situation présente une coordination déjà acquise

Résultat: La démonstration semble profitable lorsque le sujet est confronté à un tâche de coordination

Felz (1982) suggère que la démonstration est surtout efficace dans la phase cognitive de l'apprentissage

Démonstration et théorie du Schéma

Shea, Wulf, Park et Gaunt (2001)

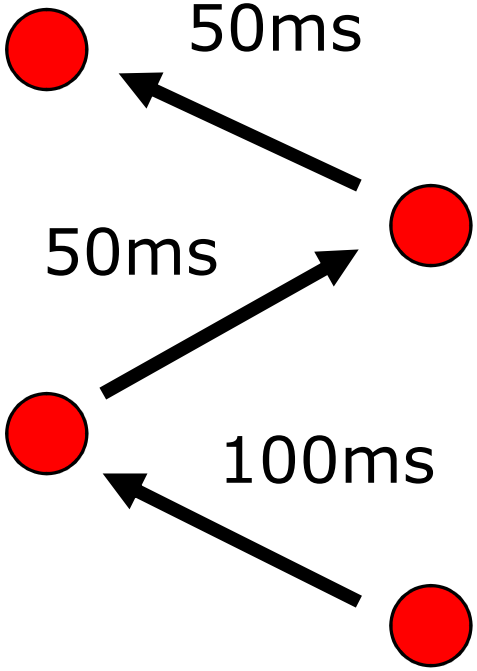
Par extension, on peut prédire que la démonstration favorise la construction du PMG, mais qu'elle n'a pas d'effet bénéfique sur les règles de paramétrisation

Shea, Wulf, Park et Gaunt (2001) analysent l'effet de la démonstration sur le timing relatif et le timing absolu d'une tâche motrice

Rappel:
Le timing relatif renvoie au programme moteur généralisé
Le timing absolu renvoie aux règles de paramétrisation

Démonstration et théorie du Schéma

Shea, Wulf, Park et Gaunt (2001)



Temps total
200ms

Réalisation d'un pattern rythmique

- un groupe de sujet pratique sans démonstration
- un groupe de sujet bénéficie d'une démonstration (signal sonore) mais sans pratique.

X

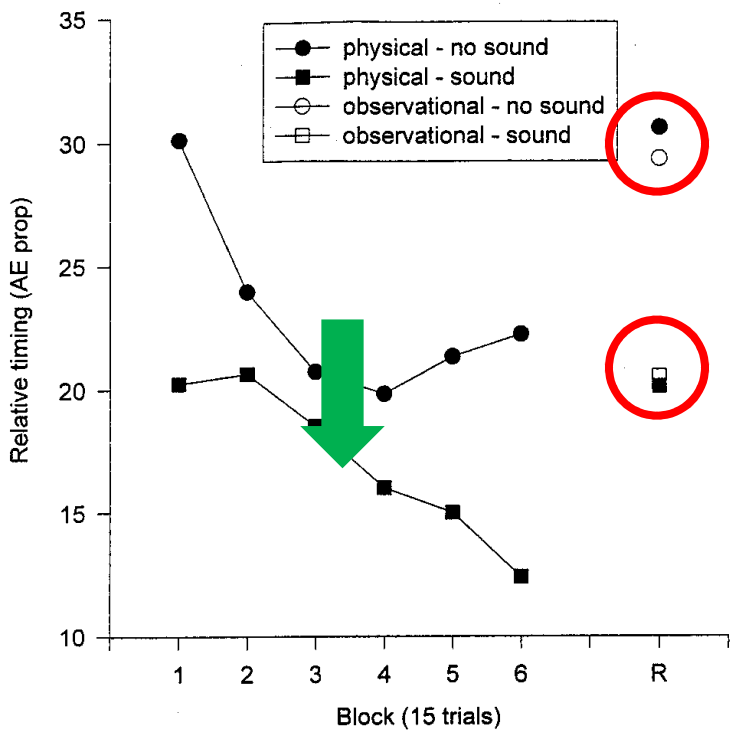
La tâche réalisée avec signal sonore (démo)

La tâche réalisée sans signal sonore

Erreur temporelle relative

● Sans démonstration

■ Avec démonstration



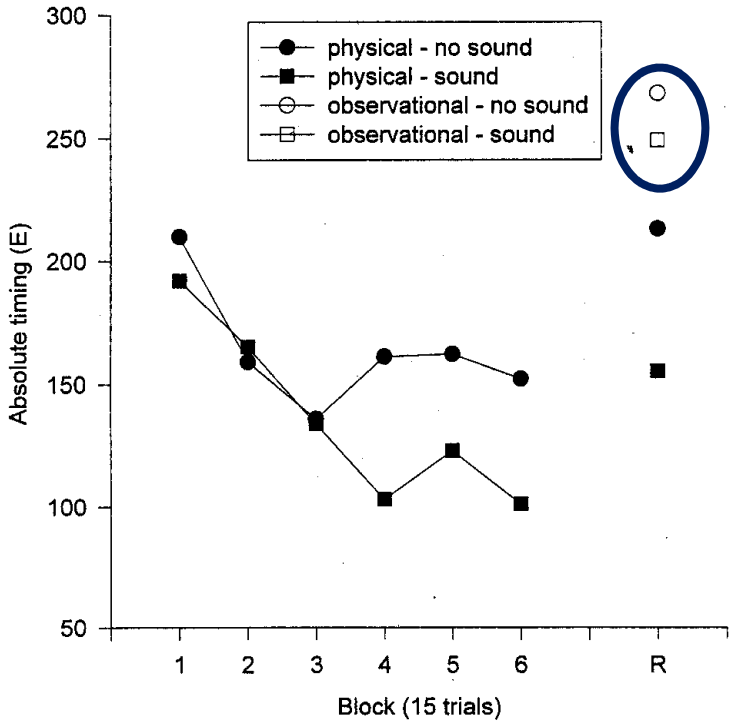
La présence de signal sonore améliore la performance

Les sujets ayant bénéficié uniquement de l'observation ont les mêmes résultats que les sujets qui ont eu observation + pratique

→ La demonstration aide la construction d'un PMG indépendamment de la pratique

Shea, Wulf, Park & Gaunt (2001)

Erreur temporelle absolue



Les sujets ayant bénéficié uniquement de la démonstration ont de plus mauvaises performances en termes de timing absolu

→ La demonstration n'aide pas la paramétrisation

Shea, Wulf, Park & Gaunt (2001)

Références bibliographiques

Simonet, P. (1985). *Apprentissages moteurs*. Paris: Vigot.

Schmidt, R.A. (1993). *Apprentissage moteur et performance.* Paris: Vigot.

Magill, R.A. & Schoenfelder-Zohdi, B. (1995). Interaction entre les informations en provenance d'un modèle et la connaissance de la performance lors d'un apprentissage moteur. In Bertsch, J., Le Scanff, C. (Eds.), *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage* (pp. 15-26). Paris: P.U.F.

5. Apprentissage et conditions d'apprentissage

5.1. Répétition, consistance et automatisation

5.2. Difficulté de la tâche et apprentissage

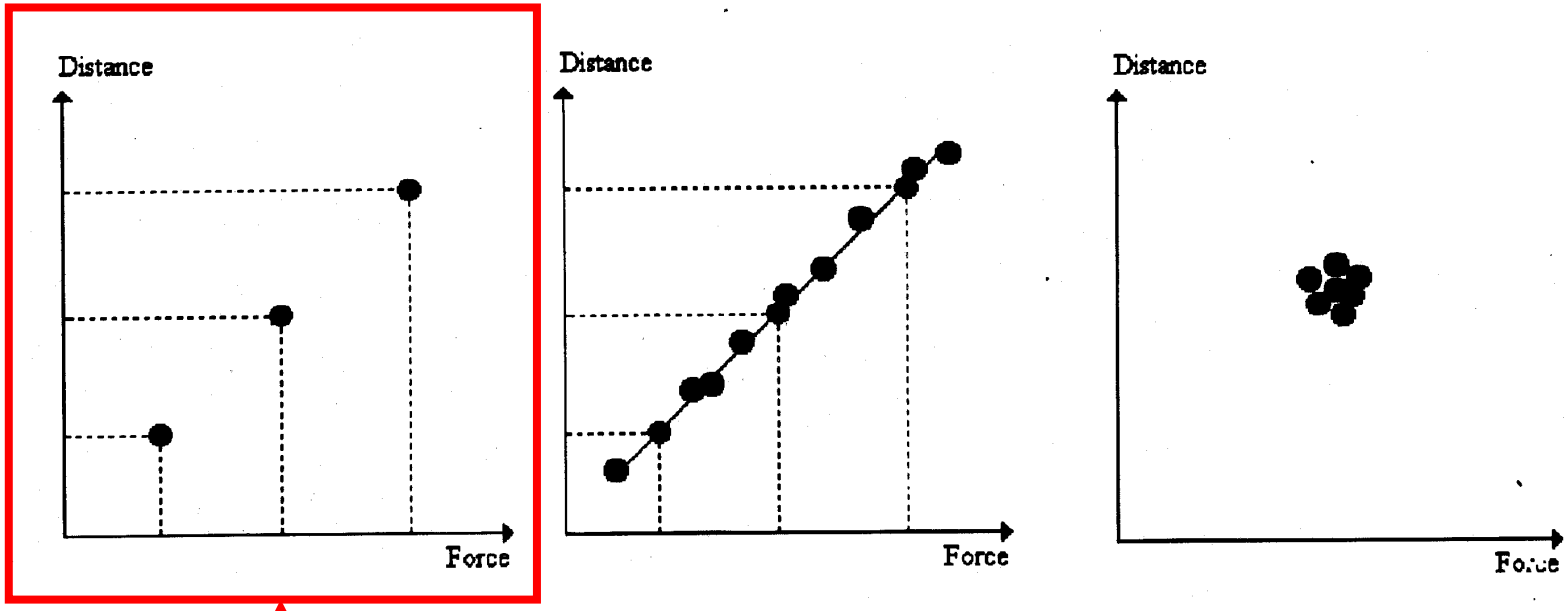
5.3. La démonstration

5.4. Variabilité de la pratique

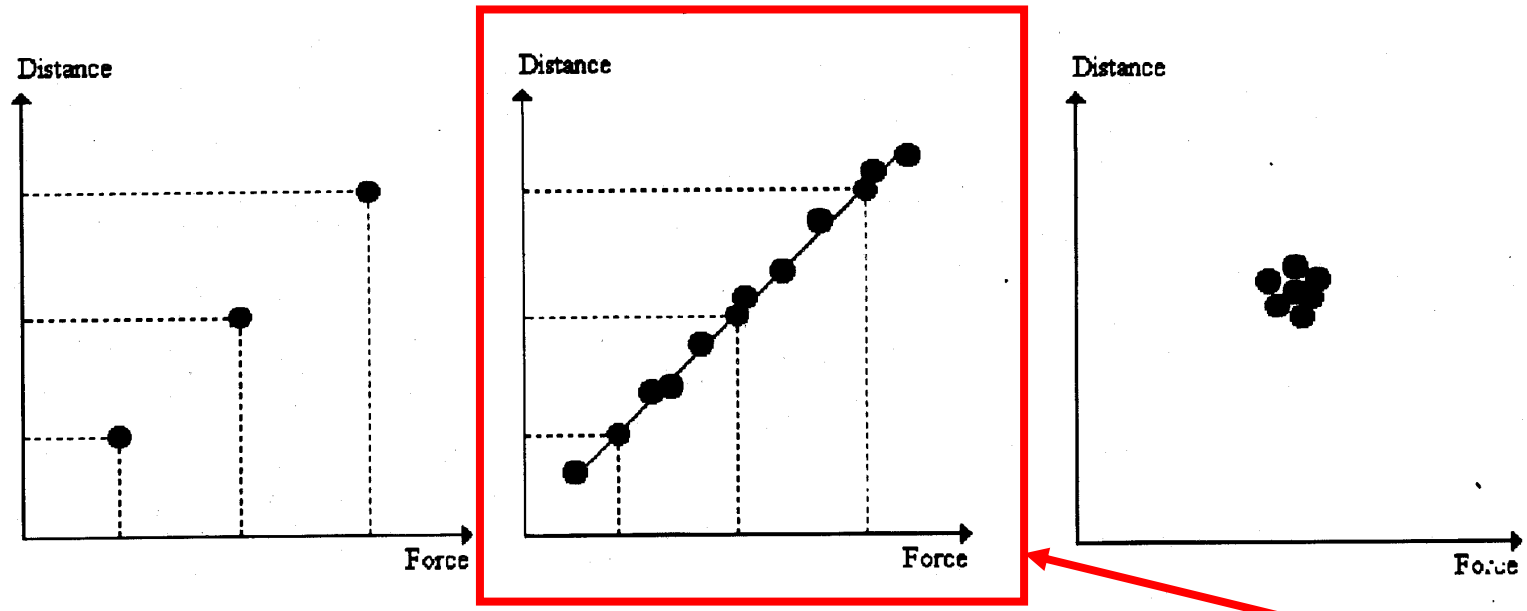
5.5. L'interférence contextuelle

5.6. Feedbacks

5.7. L'apprentissage piloté par les contraintes



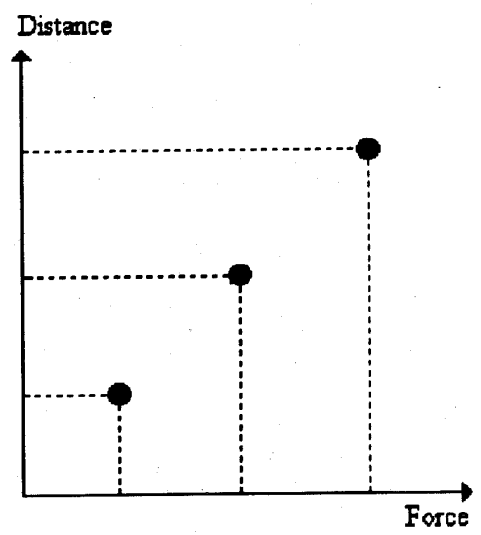
Les règles de paramétrisation permettent d' adapter le programme moteur en fonction des caractéristiques de la tâche

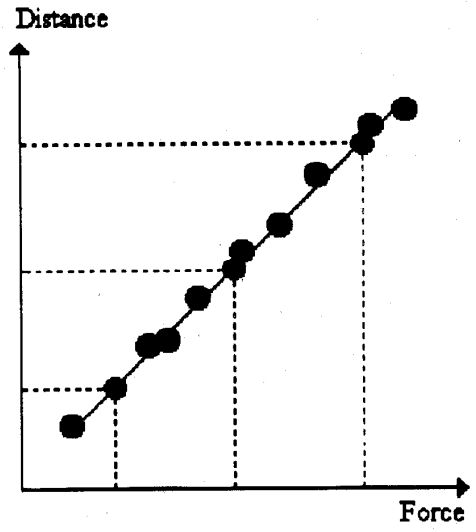


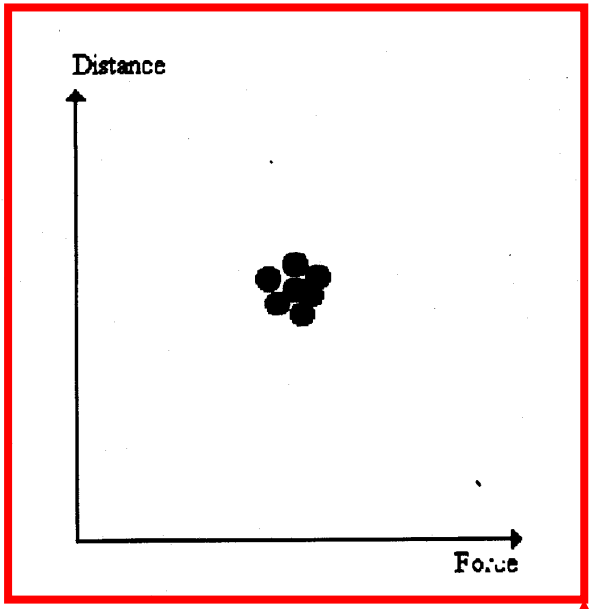
Les règles de paramétrisation permettent d'adapter le programme moteur en fonction des caractéristiques de la tâche

Hypothèses:

L'exercice de modalités différentes de la tâche (pratique variable) permet au sujet de construire les règles de paramétrisation





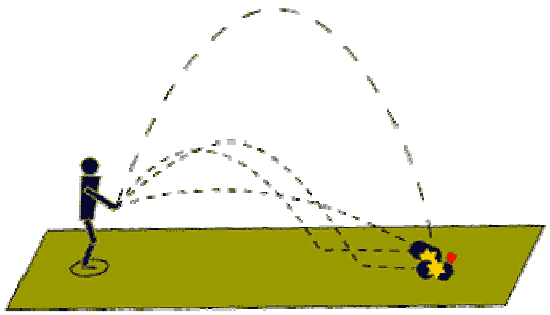


Les règles de paramétrisation permettent d'adapter le programme moteur en fonction des caractéristiques de la tâche

Hypothèses:

L'exercice de modalités différentes de la tâche (pratique variable) permet au sujet de construire les règles de paramétrisation

L'exercice d'une seule modalité (pratique fixe) ne permet pas la construction des règles



Protocole expérimental standard

Utilisation d'une tâche au niveau d'exigence modulable (ex. lancer de balles)

Le groupe expérimental pratique la tâche selon des modalités variées

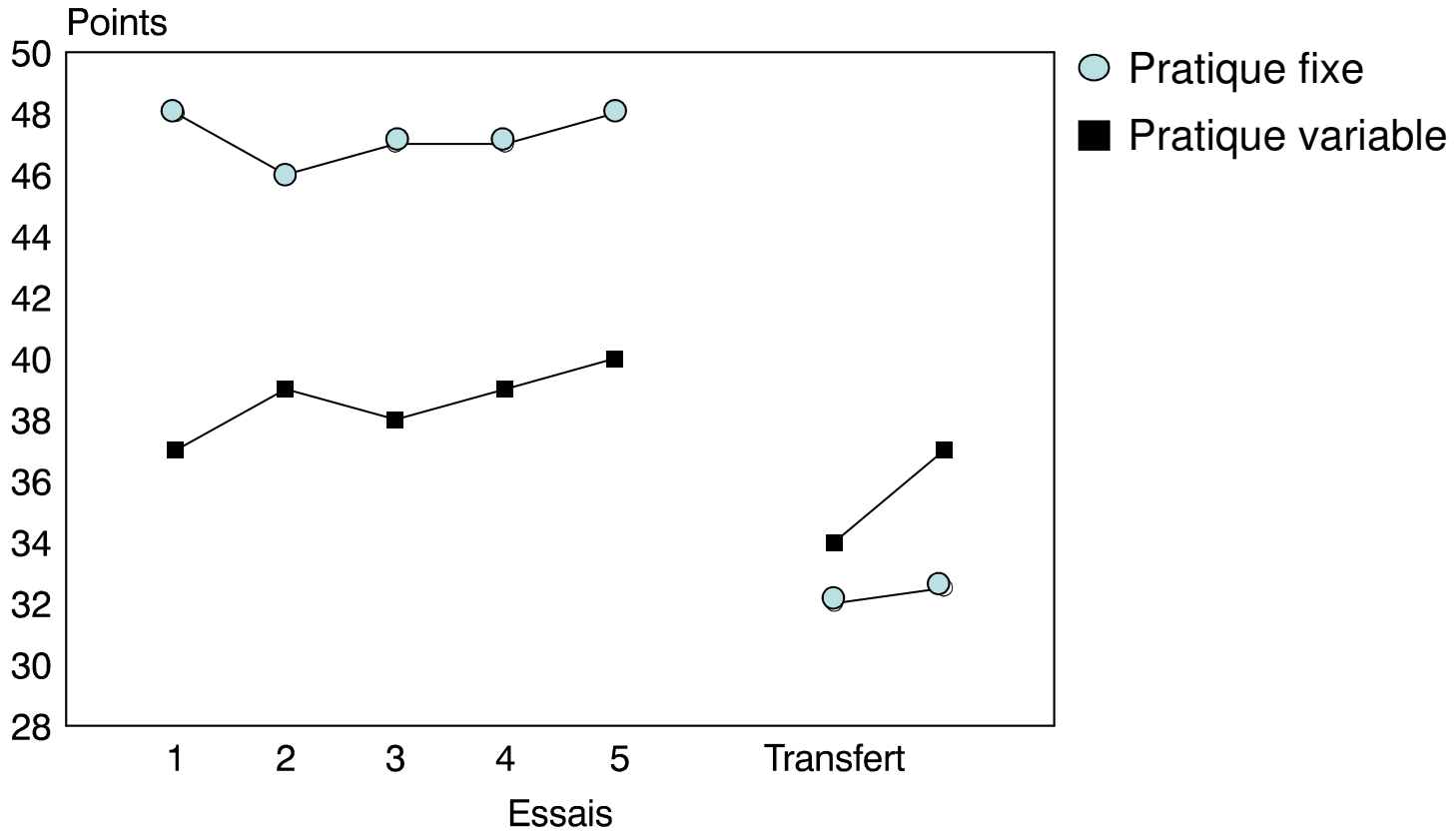
(Par exemple, lancer à 3m, 6m, et 9m)

Le groupe témoin pratique la tâche selon une condition unique

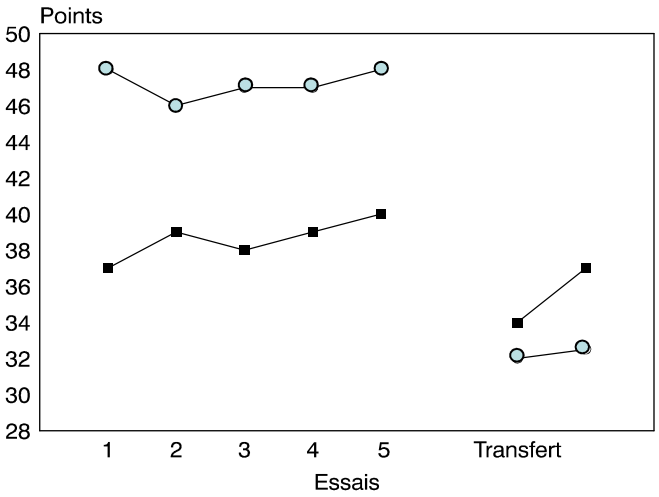
(Par exemple 6m)

On évalue l'apprentissage par un test de transfert, sur une distance non pratiquée lors des sessions de travail

(Par exemple 7.50m)



Influence de la variabilité de la pratique sur l'apprentissage et le transfert d'une habileté de tir en basket-ball (Boutmans, Buekers & Cockaerts, 1985)

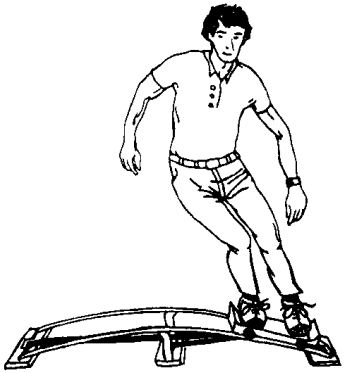


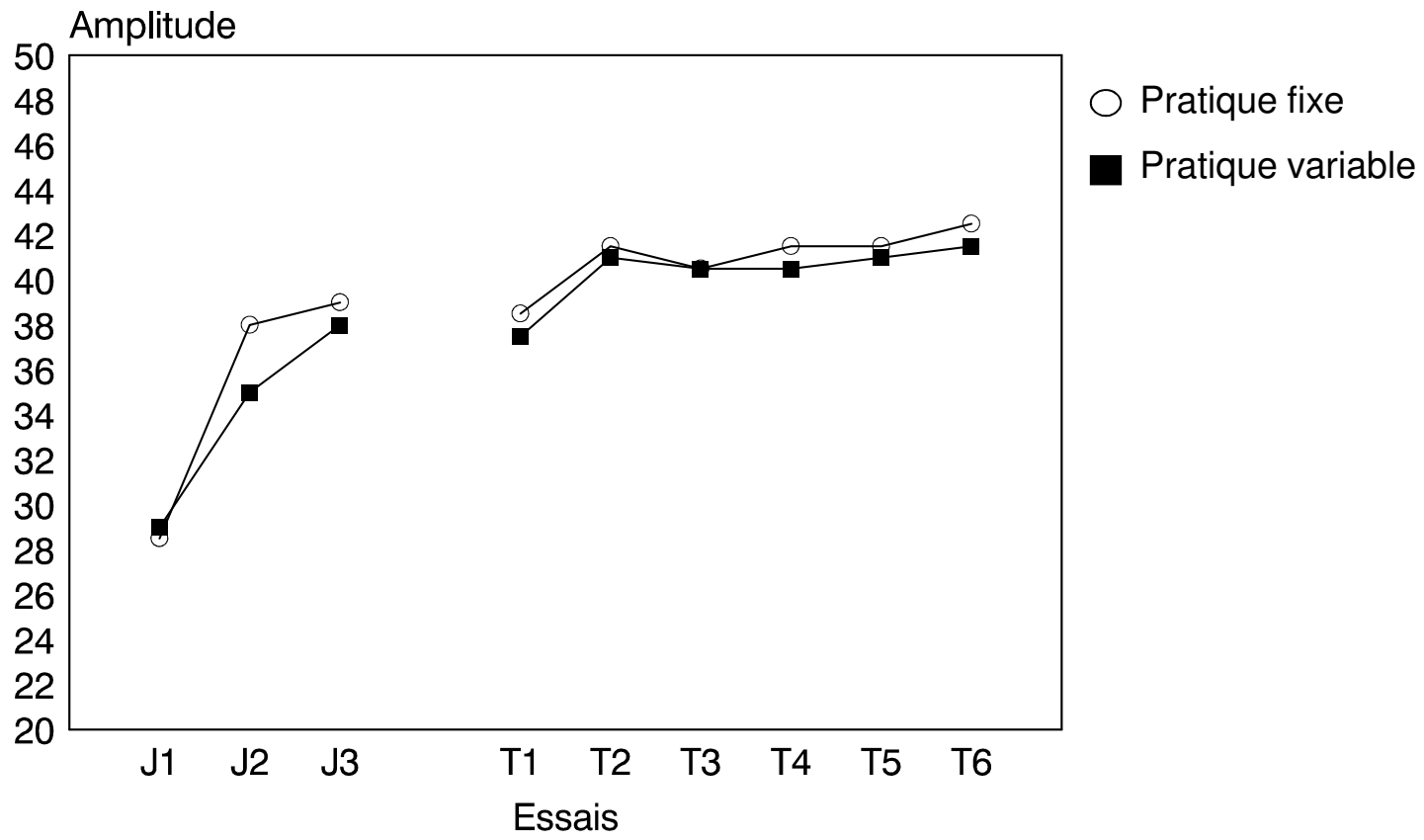
La variabilité de la pratique permet une meilleure adaptabilité du PMG

Il convient des distinguer les performances lors des sessions de pratique et les performances de transfert

Problème:

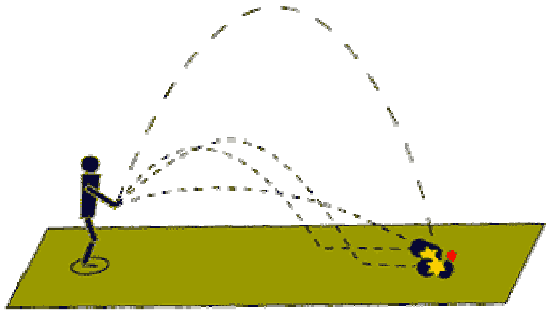
Si la variabilité est favorable à l'élaboration des règles de paramétrisation, quel est son effet sur la construction du PMG?



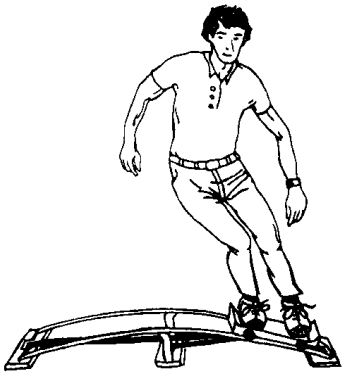


Amplitude des mouvements réalisés sur le simulateur de ski, en fonction des conditions fixes ou variées de la pratique
(Den Brinker, Stabler, Whiting, & Van Wieringen, 1985)

La variabilité est favorable dans les tâches à but de contrôle



La variabilité est inutile dans les tâches à but de coordination



5. Apprentissage et conditions d'apprentissage

5.1. Répétition, consistance et automatisation

5.2. Difficulté de la tâche et apprentissage

5.3. La démonstration

5.4. Variabilité de la pratique

5.5. L'interférence contextuelle

5.6. Feedbacks

5.7. L'apprentissage piloté par les contraintes

L’ interférence contextuelle

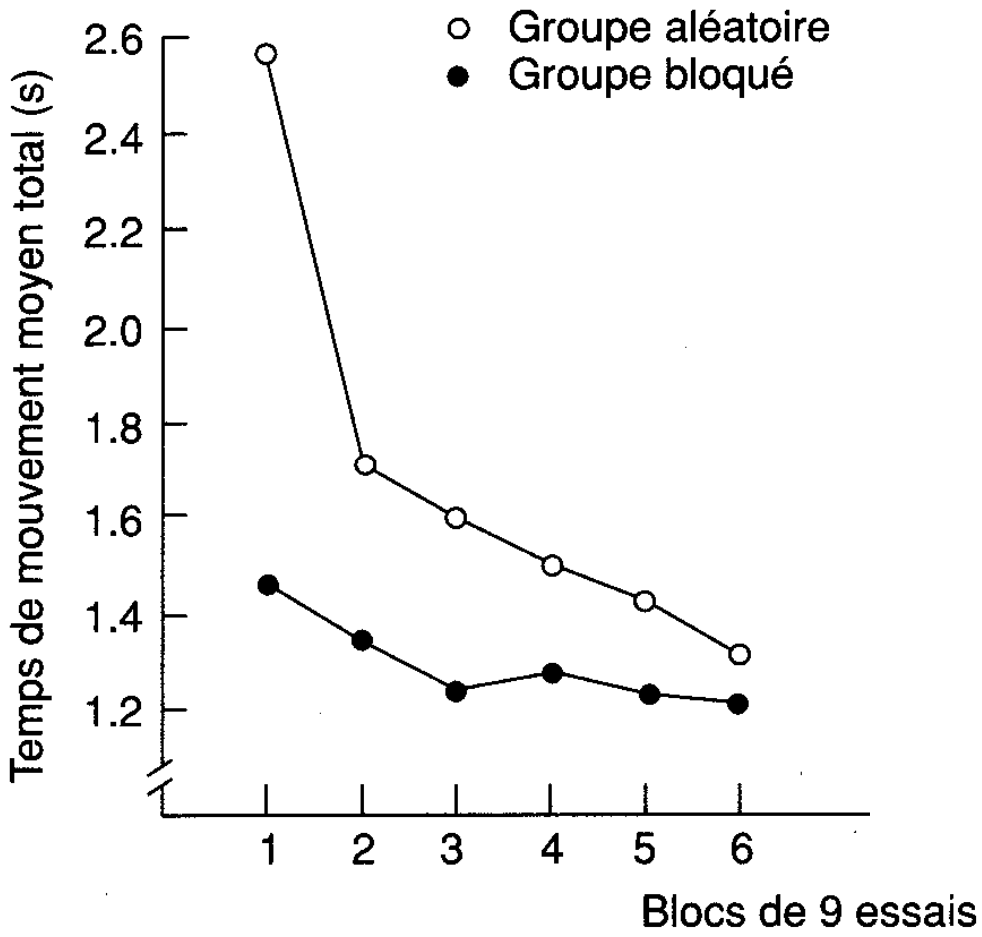
On veut enseigner trois habiletés différentes A, B, et C

Par exemple en volleyball: la réception, le service, le smash

Vaut-il mieux regrouper les essais sur chaque habileté (pratique bloquée)

OU

Varier l’habileté travaillée d’un essai à l’autre (pratique aléatoire) **?**



Performance dans des tâches de vitesse de mouvement, en conditions bloquées et aléatoire

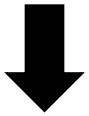
(D'après Shea et Morgan, 1979)

Conclusions

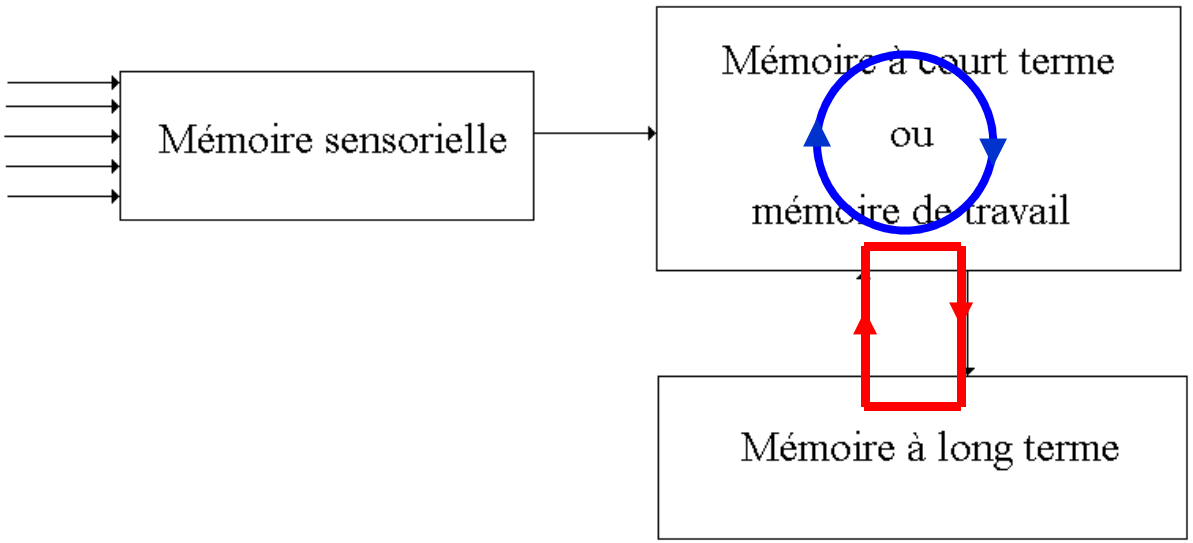
La pratique bloquée favorise la performance lors des sessions d'apprentissage

La pratique bloquée ne permet pas d'être efficace dans les tests de rétention en conditions aléatoires

La pratique aléatoire permet de s'adapter à toutes les conditions d'exercice dans les tests de rétention



L'interférence contextuelle, lors de l'apprentissage, permet de s'adapter à l'exercice des habiletés dans un environnement imprévisible



PMGs

Hypothèse

L'interférence contextuelle oblige les sujets à mobiliser activement les informations au sein du système des mémoires

La pratique bloquée ne permet pas cet entraînement à l'adaptation

Interférence contextuelle, timing absolu et timing relatif

Hypothèses:

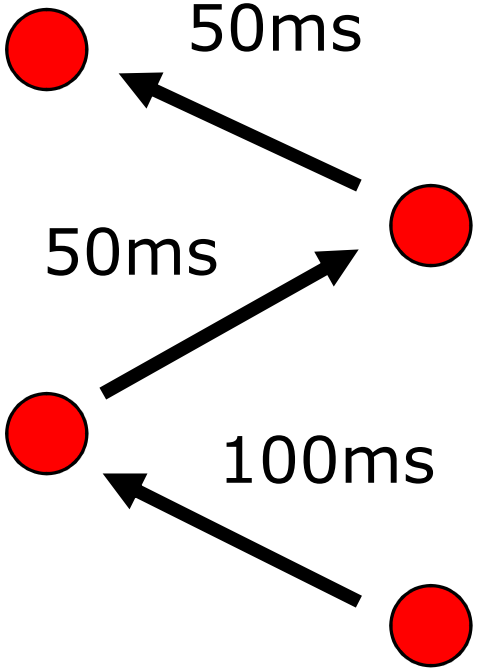
La pratique bloquée devrait favoriser la construction des PMG
(réduction de l'erreur temporelle relative)

La pratique bloquée ne permet pas d'entraîner l'adaptation des PMG
(accroissement de l'erreur temporelle absolue lors de tests de transfert)

La pratique aléatoire devrait favoriser la construction de règles de paramétrisation
(stabilité de l'erreur temporelle absolue lors de tests de transfert)

Interférence contextuelle, timing absolu et timing relatif

Shea, Wulf, Park et Gaunt (2001)



Temps total
200ms

Apprentissage de patterns rythmiques

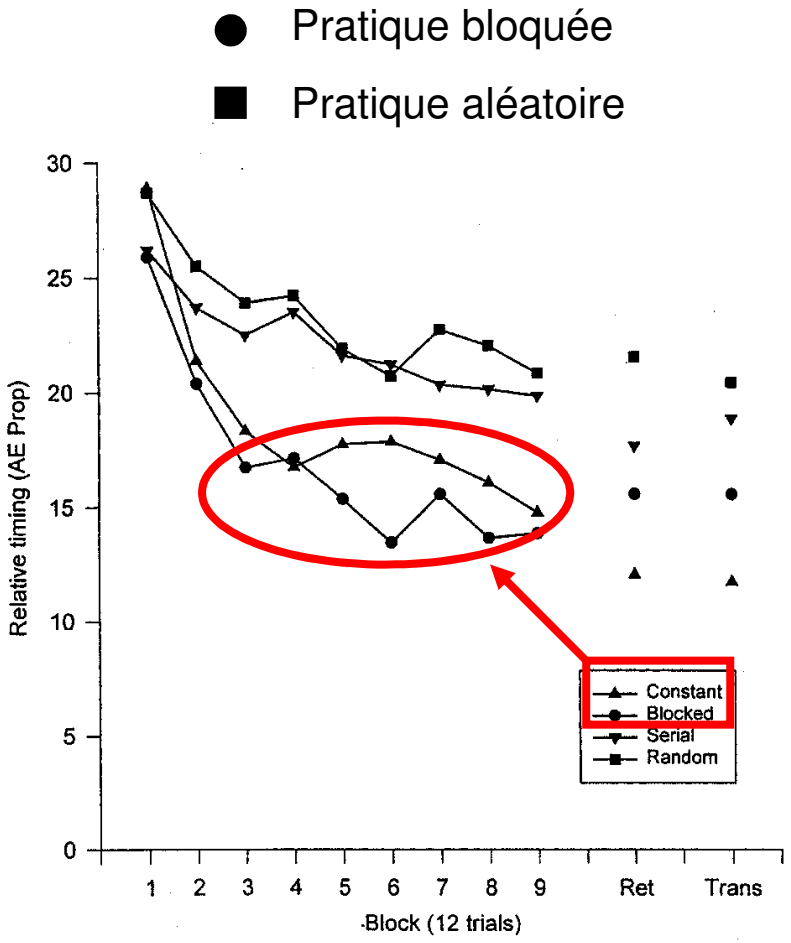
Ex: 100/50/50
50/100/50
50/50/100

-un groupe de sujet pratique sous forme bloquée

- un groupe de sujet pratique les différents patterns dans un ordre aléatoire

Erreur temporelle relative

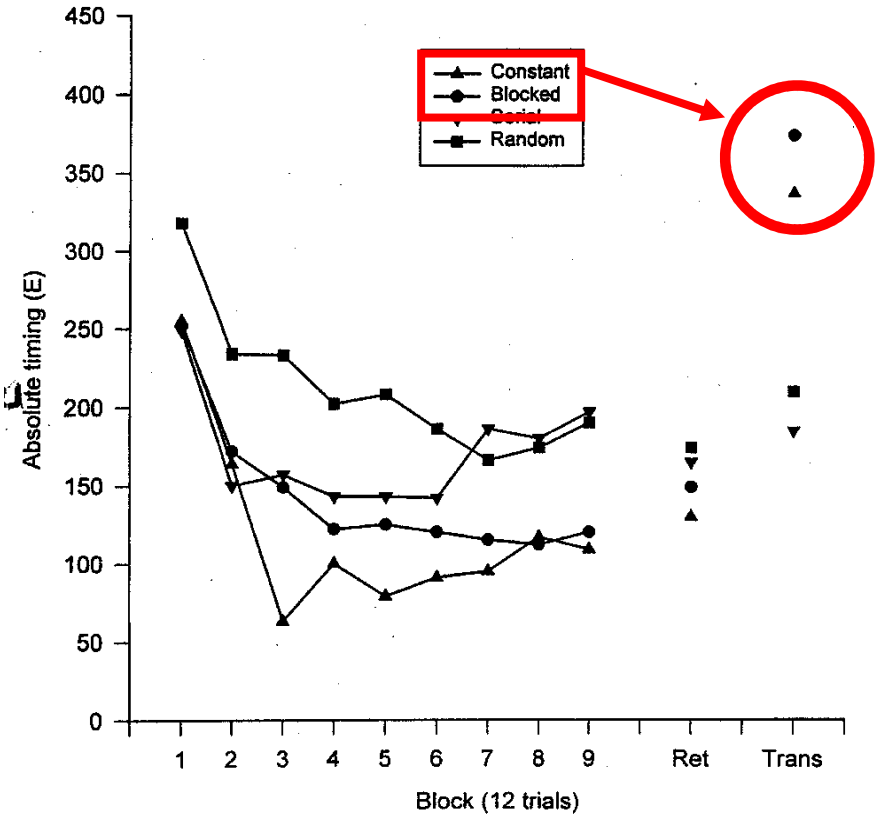
La pratique bloquée permet
un meilleur timing relatif
lors de l'apprentissage



Shea, Lai, Wright, Immink & Black (2001)

Erreur temporelle absolue

La pratique bloquée est moins performante lors des tests de transfert, en ce qui concerne le timing absolu



Shea, Lai, Wright, Immink & Black (2001)

5. Apprentissage et conditions d'apprentissage

5.1. Répétition, consistance et automatisation

5.2. Difficulté de la tâche et apprentissage

5.3. La démonstration

5.4. Variabilité de la pratique

5.5. L'interférence contextuelle

5.6. Feedbacks

5.7. L'apprentissage piloté par les contraintes

Définitions

Le feedback renvoie à l'ensemble des informations que le sujet peut recevoir en retour sur sa prestation

Feedback intrinsèque: l'information est issue de la pratique même

Feedback extrinsèque ou augmenté: l'information est apportée par un tiers, par exemple sous forme verbale, ou sous forme de feedback vidéo.

La **connaissance des résultats** renseigne sur l'écart au but visé

La **connaissance de la performance** est une information sur les moyens mis en œuvre pour atteindre le but

Feedback et apprentissage

Adams (1971): sans feedback, il n'y a pas d'apprentissage.

Adams travaille sur des tâches de laboratoire, dans lesquelles le feedback intrinsèque est supprimé. Il montre dans ces conditions que sans feedback extrinsèque, les performances ne s'améliorent pas.

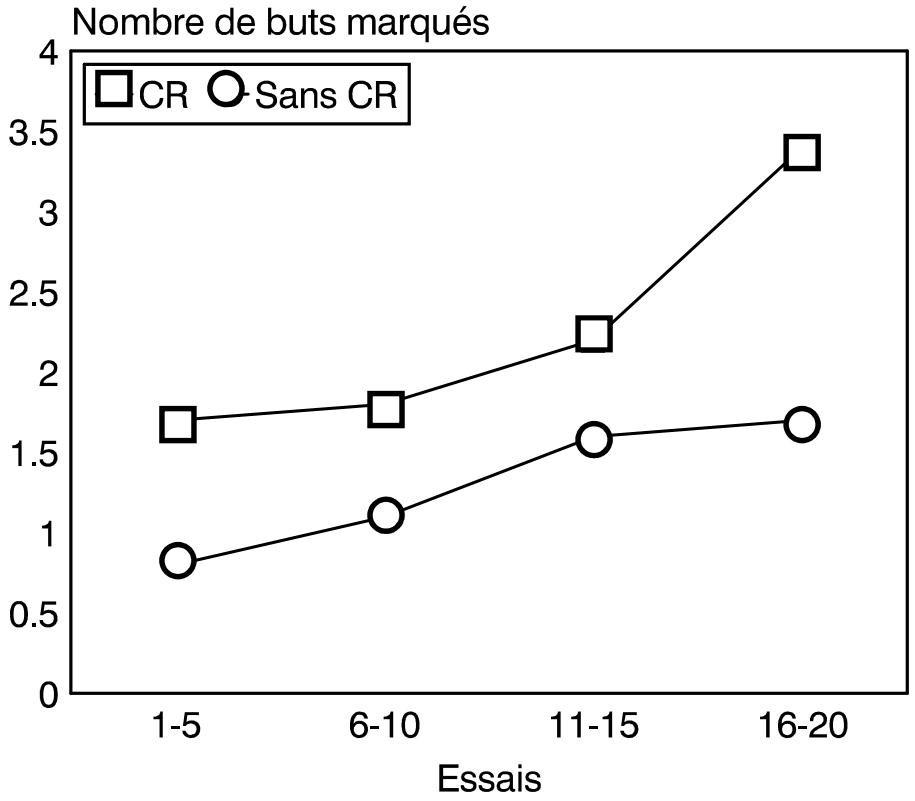
Cependant il est rare, dans les pratiques courantes, que le feedback intrinsèque soit absent…

→

Le feedback extrinsèque peut dans certains cas favoriser l'apprentissage

Suppression du FB intrinsèque:

La lumière est éteinte dès que le ballon est frappé



Influence de la connaissance des résultats sur la performance et l'apprentissage dans une tâche de tir au but de la tête en football (Pauwels & Buekers, 1984)

→ **Quelles sont les caractéristiques optimales d'un FB extrinsèque?**

Précision du feedback et apprentissage

Trowbridge et Cason (1932)

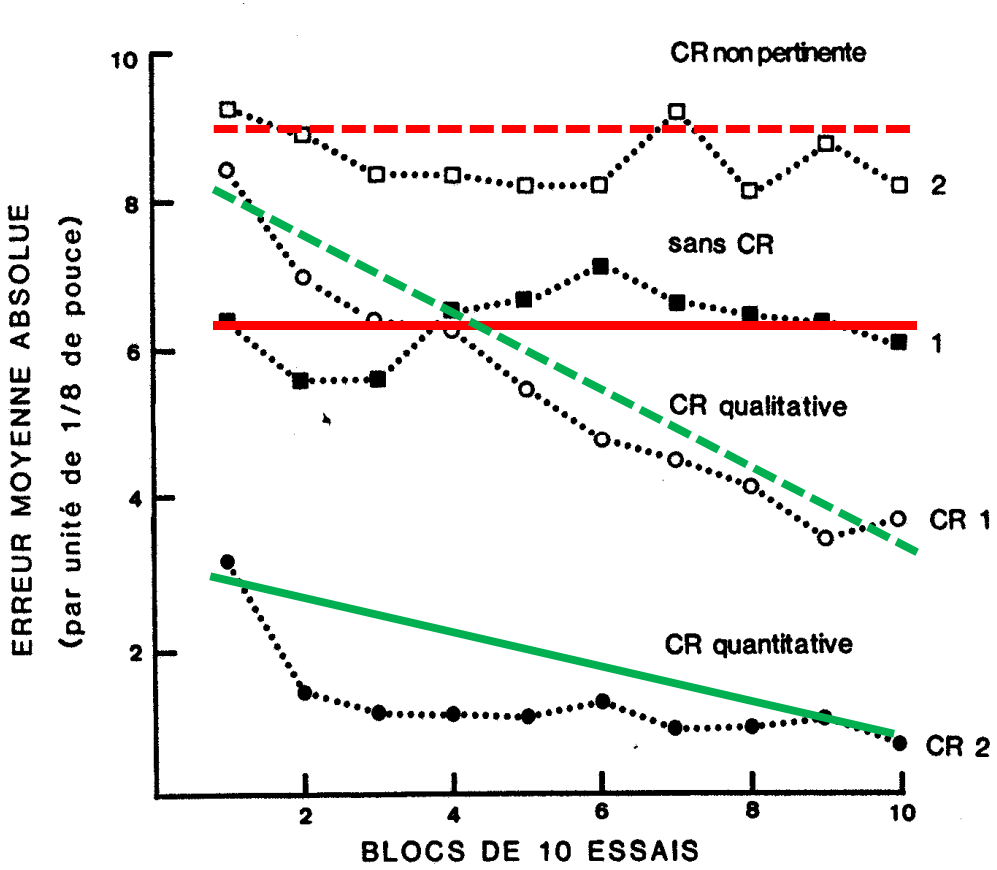
Tâche de traçage de lignes de longueur de 3 pouces

Quatre conditions:

- groupe contrôle (aucune information)
- connaissance du résultat non pertinente (syllabe sans signification)
- CR qualitative: le sujet est informé que sa performance est correcte ou incorrecte
- CR quantitative: amplitude précise de l'erreur

Précision du feedback et apprentissage

Trowbridge et Cason (1932)



La précision du feedback s’ avère déterminante

Précision du feedback et apprentissage

Rogers (1974)

Tâche de positionnement linéaire

Quatre conditions:

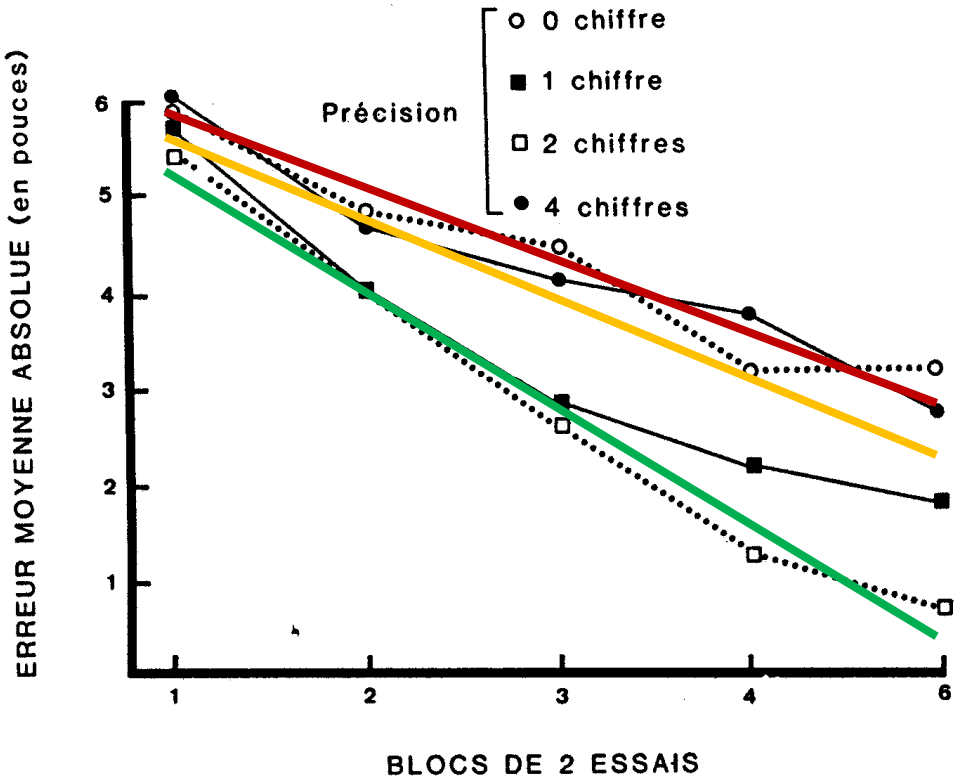
- CR qualitative (trop long ou trop court)
- CR quantitative: amplitude précise de l'erreur, précision à un chiffre (ex: +3)
- CR quantitative: amplitude précise de l'erreur , précision à deux chiffres (ex: +3.2)
- CR quantitative: amplitude précise de l'erreur , précision à quatre chiffres (ex: +3.254)

Précision du feedback et apprentissage

Nécessaire de dépasser le simple encouragement qualitative

Mais

Attention à ne pas noyer sous les informations



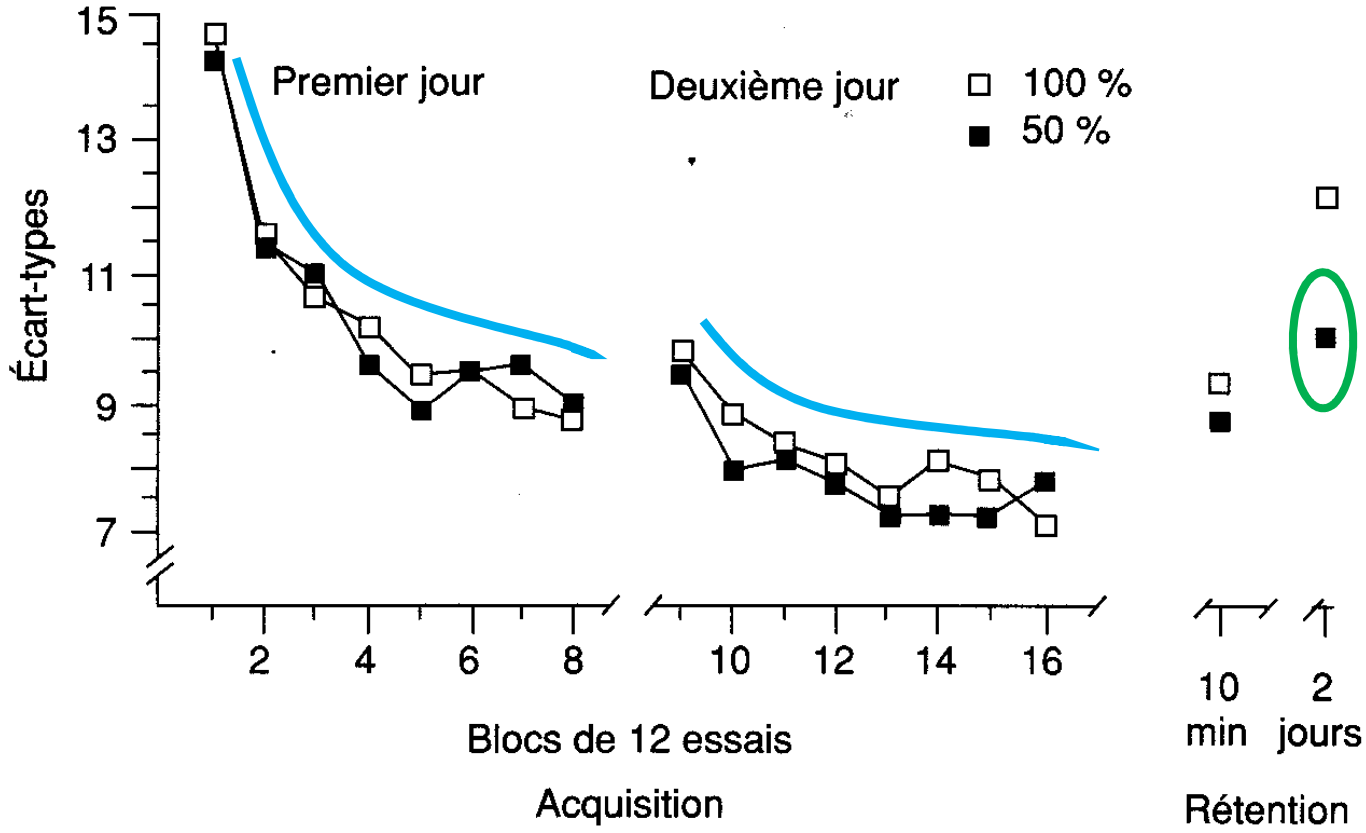
Il existe un optimum de précision (2 chiffres)

Le phénomène de dépendance au feedback

L'utilisation massive du feedback peut entraîner un processus de dépendance: la performance est alors fortement affectée par sa suppression (Winstein & Schmidt, 1990).

En conditions de pratique normale: 0 FB extrinsèque

→ Apprendre est aussi apprendre à se passer du FB augmenté de l'entraineur…



Atténuation du feedback

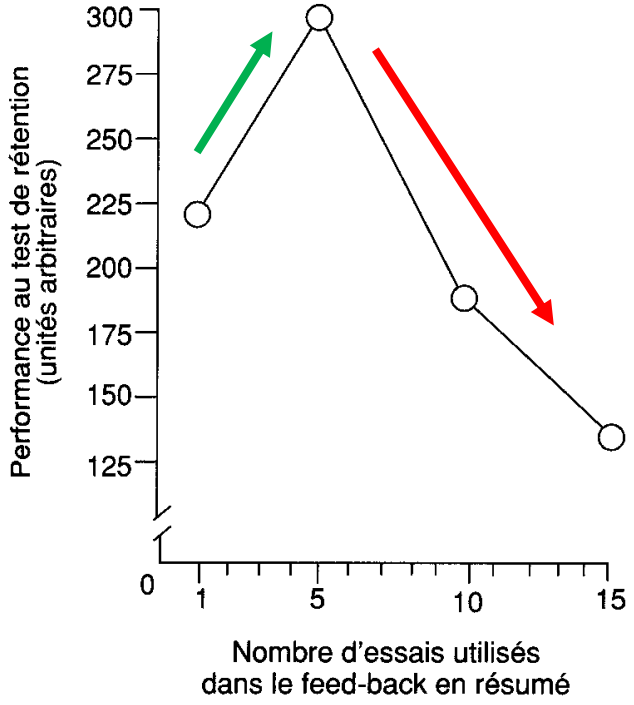
Schmidt (1993) propose un processus d'*atténuation* du feedback:
Feedback à chaque essai jusqu'à acquisition du pattern de base, puis diminution progressivement la fréquence des feedback

L'atténuation progressive du feedback va notamment inciter l'élève à utiliser davantage les feedbacks intrinsèques

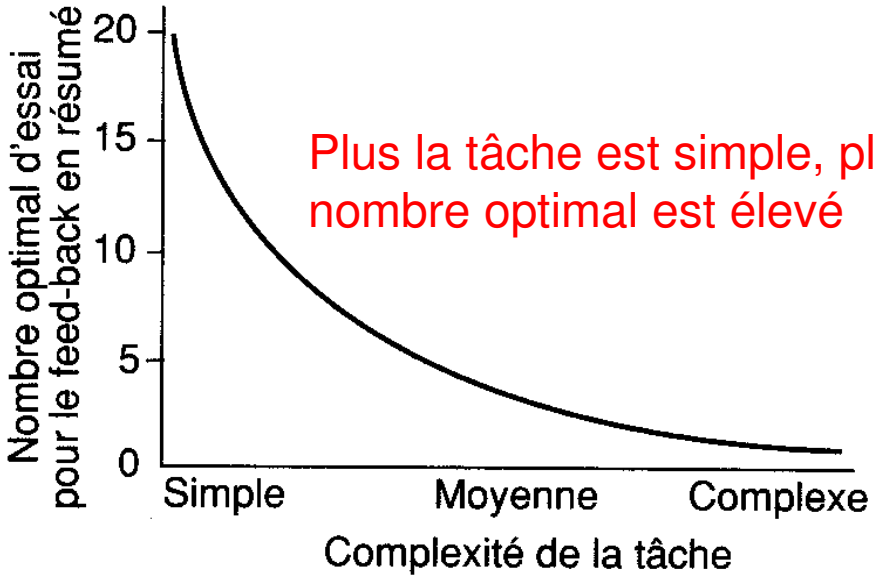
Le feedback résumé

Le feedback résumé permet de réduire la dépendance au feedback

Principe: on attend plusieurs essais avant de proposer un feedback qui résume l'ensemble du bloc



Schmidt, Lange et Young (1990): il existe un nombre optimal d'essais à inclure dans un résumé



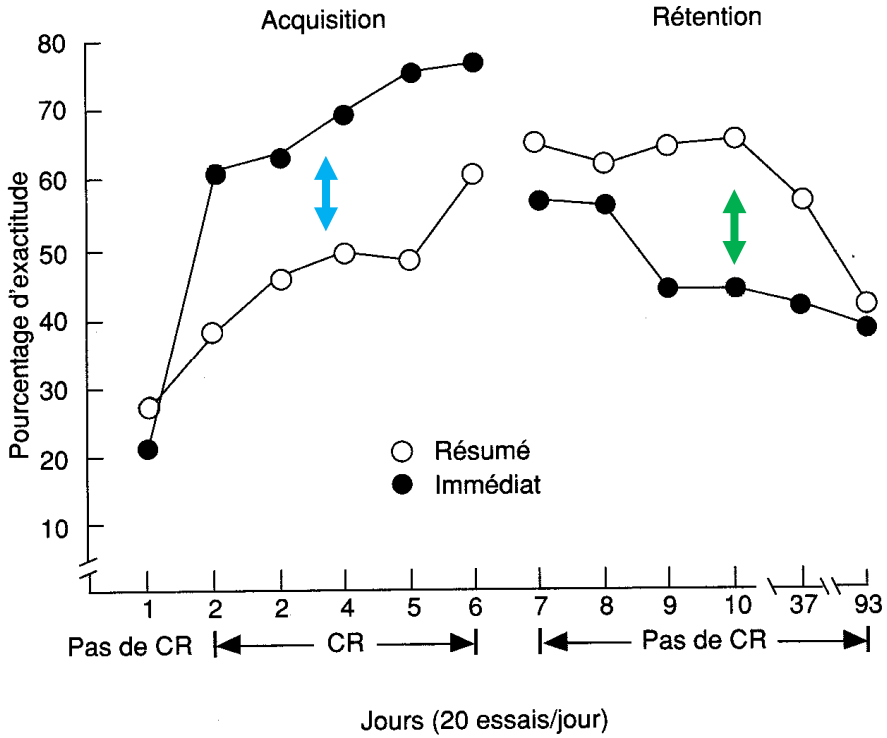
Plus la tâche est simple, plus le nombre optimal est élevé

Le feedback résumé

Le feedback résumé peut être moins efficace à court terme, mais il permet de meilleures performances dans les tests de rétention (Schmidt, 1993)

FB immédiat:

Meilleurs résultats immédiats car
+ d'info disponible

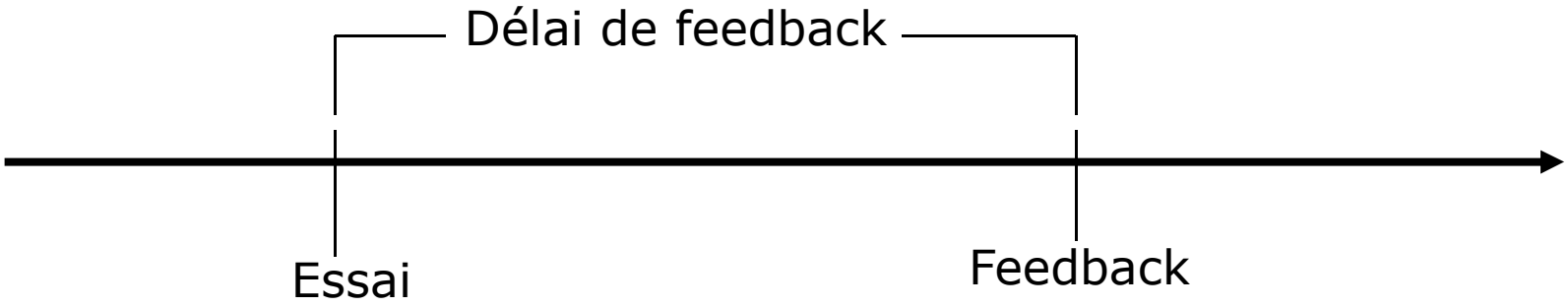


FB résumé:

Meilleurs résultats de rétention, car moindre dépendance

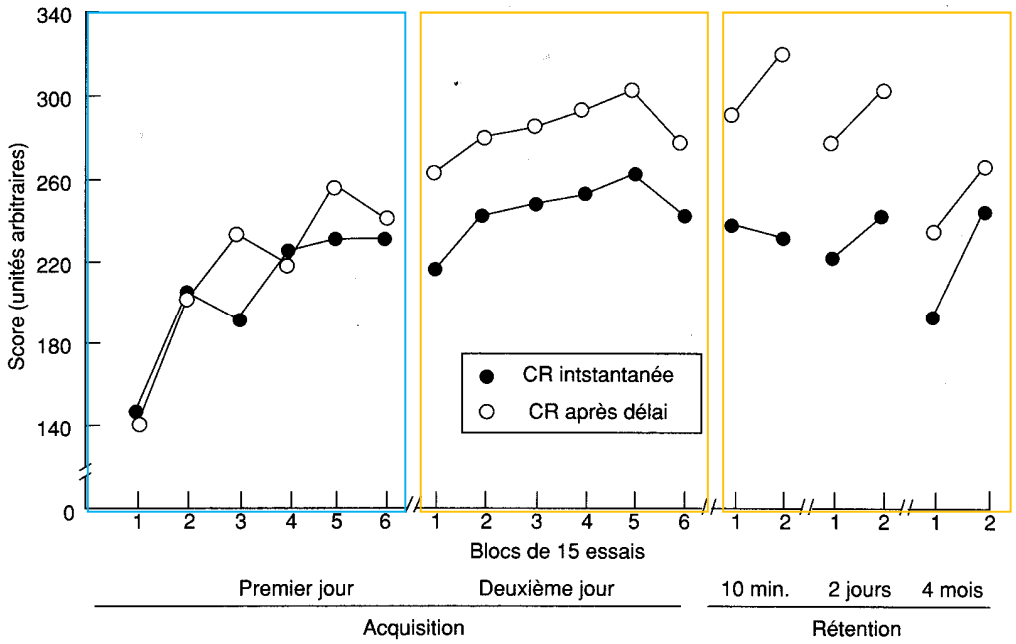
Le délai de feedback

Temps écoulé entre la réalisation de l'essai et la délivrance du feedback



Le délai de feedback

Swinnen, Schmidt, Nicholson et Shapiro (1990):
Le feedback instantané peut être néfaste pour l'apprentissage.



→ Le sujet n'a plus le temps de traiter le feedback intrinsèque, son attention étant détournée par le feedback extrinsèque

Le délai de feedback

Au-delà de quelques secondes, la durée de l'intervalle n'a que peu d'influence (jusqu'à quelques minutes)

Il est important que l'élève ne soit pas perturbé durant l'intervalle pré-feedback, par des activités extérieures à la tâche (autre activité, ou discussion,, bruit, etc....)

Dans ce cas une détérioration est observée lors des tests de rétention (Marteniuk, 1986)

Effet d'une activité perturbante lors du délai de feedback

Shea et Upton (1976)

Tâche de positionnement linéaire en vision occultée

21 essais d'apprentissage avec connaissance des résultats (écart à la cible)

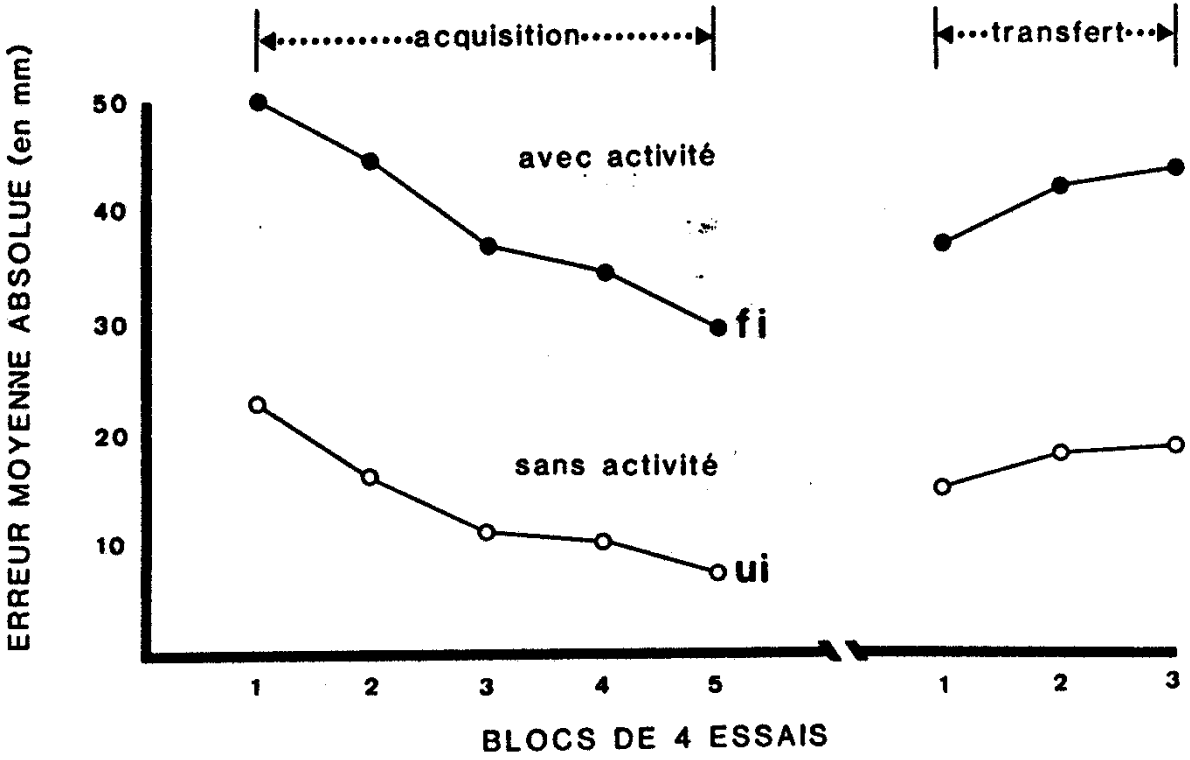
12 essais de rétention sans connaissance des résultats

Deux conditions expérimentales:

- aucune activité pendant le délai de CR
- réalisation d'une autre tâche de positionnement pendant le délai de CR

Effet d'une activité perturbante lors du délai de feedback

Shea et Upton (1976)



La perturbation a détérioré les performances, lors de l'acquisition et lors de la rétention

Nature du feedback et nature de la tâche

Cooper et Rothstein (1981)

Hypothèses:

La connaissance des résultat est plus efficace pour les tâches ouvertes

La connaissance de la performance est plus efficace pour les tâches fermées

Nature du feedback et nature de la tâche

Cooper et Rothstein (1981)

Expérience sur le tennis

- Tâche fermée: service
- Tâche ouverte: jeu libre

Feedback vidéo

- Connaissance de la performance: plan serré
- Connaissance du résultat: plan large

Nature du feedback et nature de la tâche

Cooper et Rothstein (1981)

	Connaissance de la performance	Connaissance du résultat
Service		
Jeu libre		

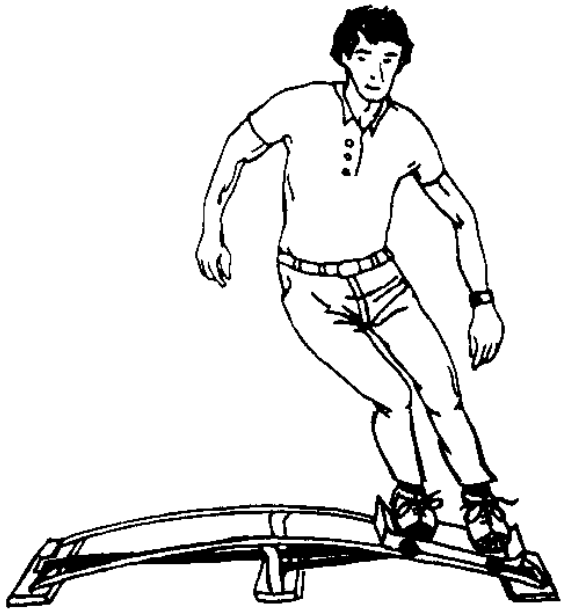
Nature du feedback et nature de la tâche

Cooper et Rothstein (1981)

	Connaissance de la performance	Connaissance du résultat
Tâche fermée (Service)	++	-
Tâche ouverte (Jeu libre)	-	++

Vereijken et Whiting (1990)

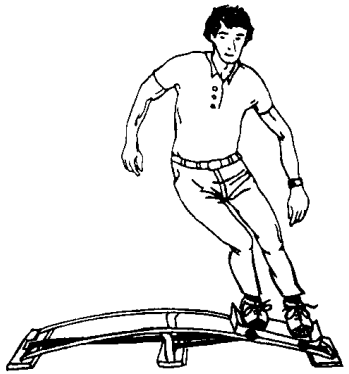
Feedback et tâches complexes?

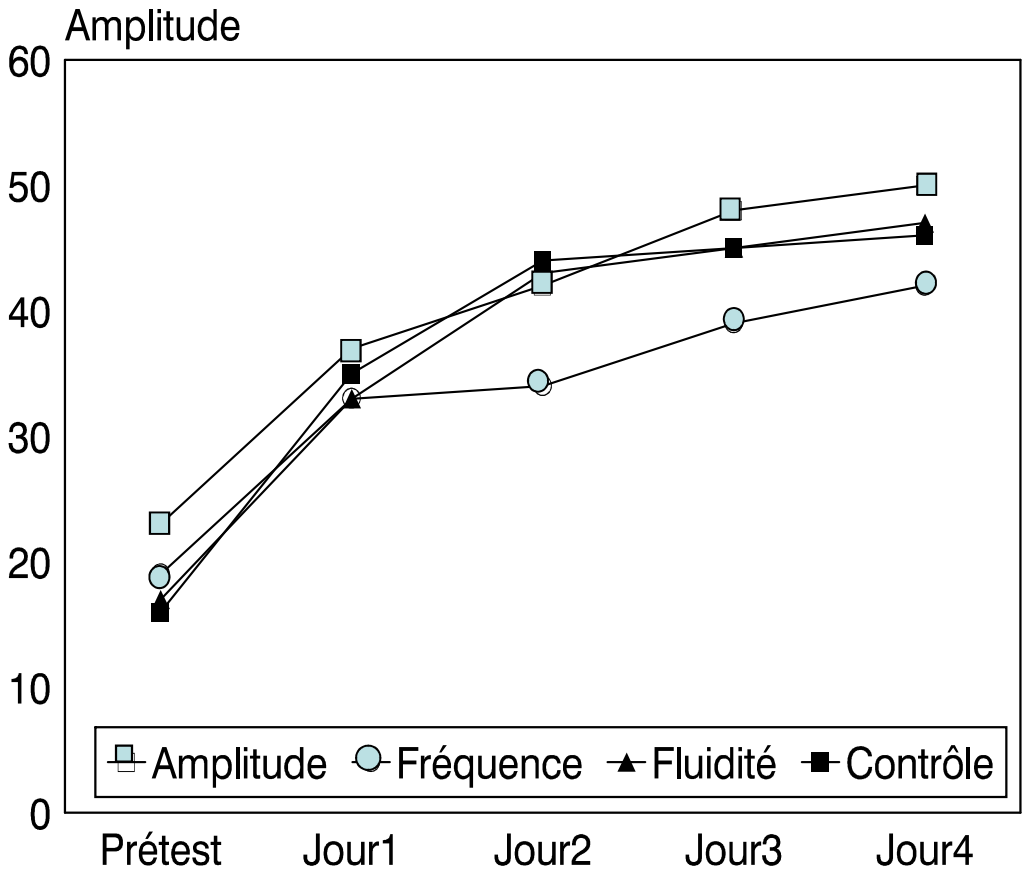


Les auteurs comparent les performances de sujets dans diverses conditions de feedback:

- feedback sur l'amplitude
- feedback sur la fréquence
- feedback sur la fluidité
- pas de feedback

Vereijken et Whiting (1990)





Dans des tâches complexes, le sujet dispose de suffisamment d'informations intrinsèques pour guider l'apprentissage.

L'intérêt porté à l'importance du feedback extrinsèque constitue un artefact de laboratoire, lié à la pauvreté informationnelle des tâches analysées.

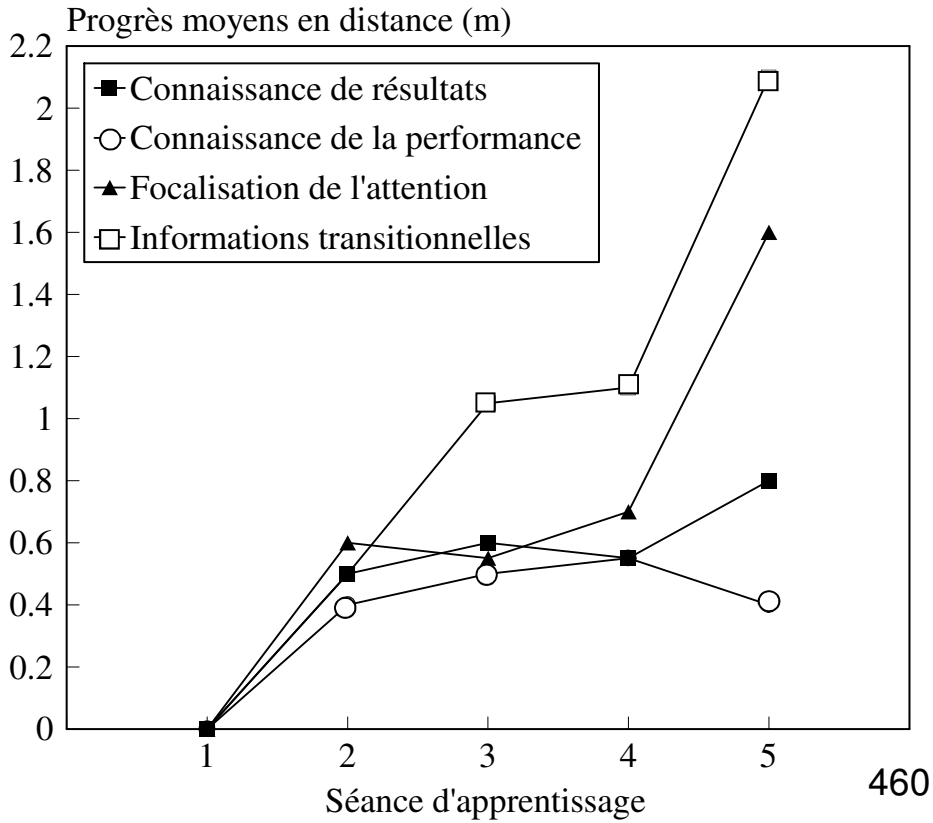
L'information transitionnelle

Kernodle et Carlton (1992) définissent l'information transitionnelle comme une information portant sur ce qui doit être fait à l' essai suivant

Ils comparent dans une tâche de lancer de balle de précision, l'efficacité de la CR, de la CP et de l'information transitionnelle

0 FB intrinsèque disponible: les sujets lancent derrière un paravent

Il est plus efficace de dire au sujet ce qu'il doit faire pour progresser, que de le renseigner sur ce qu'il a fait



Références bibliographiques

Simonet, P. (1985). *Apprentissages moteurs*. Paris: Vigot.

Schmidt, R.A. (1993). *Apprentissage moteur et performance.* Paris: Vigot.

5. Apprentissage et conditions d'apprentissage

5.1. Répétition, consistance et automatisation

5.2. Difficulté de la tâche et apprentissage

5.3. La démonstration

5.4. Variabilité de la pratique

5.5. L'interférence contextuelle

5.6. Feedbacks

5.7. L’apprentissage piloté par les contraintes

L'apprentissage piloté par les contraintes

Constraints-led approach (Davids, Button & Bennet, 2008)

Critique de deux principes classiques en apprentissage:

- La décomposition de la difficulté
- Le primat des instructions

La décomposition des tâches

Fragmentation de la tâche principale en sous-tâches, chaque sous-tâche étant à nouveau sub-divisée jusqu'à atteindre un niveau de simplicité accessible aux débutants.

1. La tâche principale se décompose en sous-tâches pré-requises. L'analyse se déroule ainsi du but principal aux sous-buts initiaux reliant ainsi les habiletés terminales aux habiletés initiales.

2. Les sous-tâches, ou tâches élémentaires, sont indépendantes. Elles sont chacune constituées par un sous-but indépendant.

3. Dans l'acquisition de l'habileté terminale, les sous-tâches s'additionnent.

4. Chaque sous-tâche suppose l'acquisition d'une habileté particulière. (Famose, 1985).

La décomposition des tâches

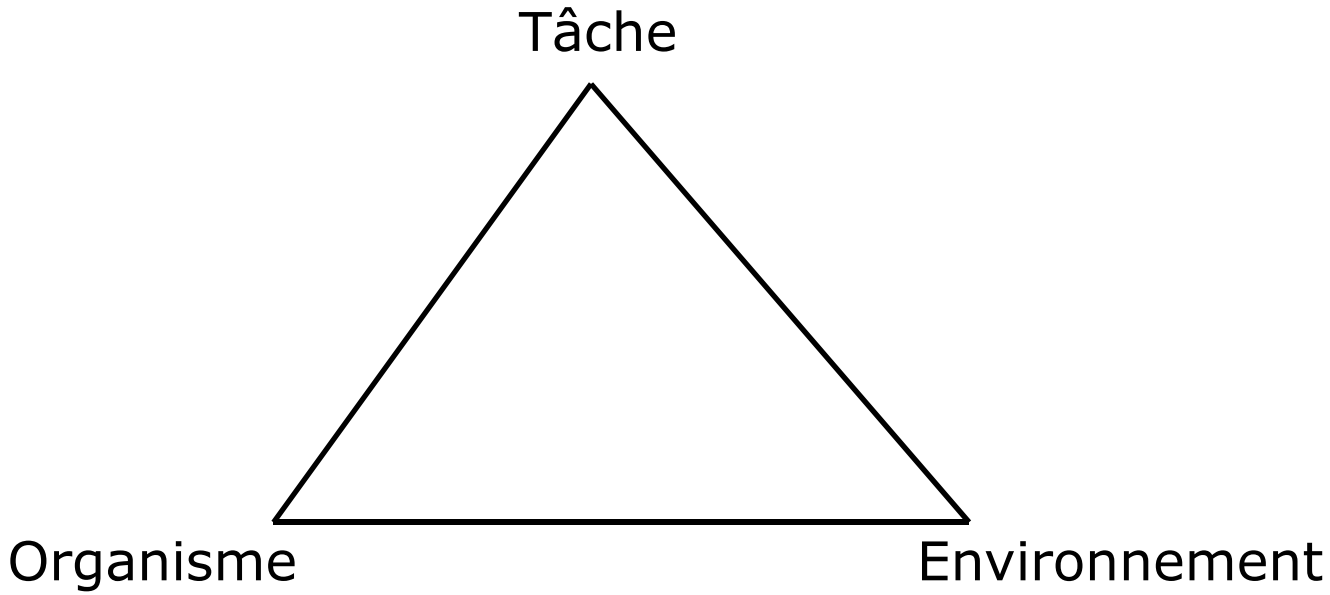
Par exemple, le saut en hauteur peut être décomposé en 4 sous-tâches:

- Le course d'élan
- L'impulsion
- L'esquive
- La réception

Pour Davids, Button et Bennet (2008), il s'agit de simplifier la tâche, mais pas de la décomposer

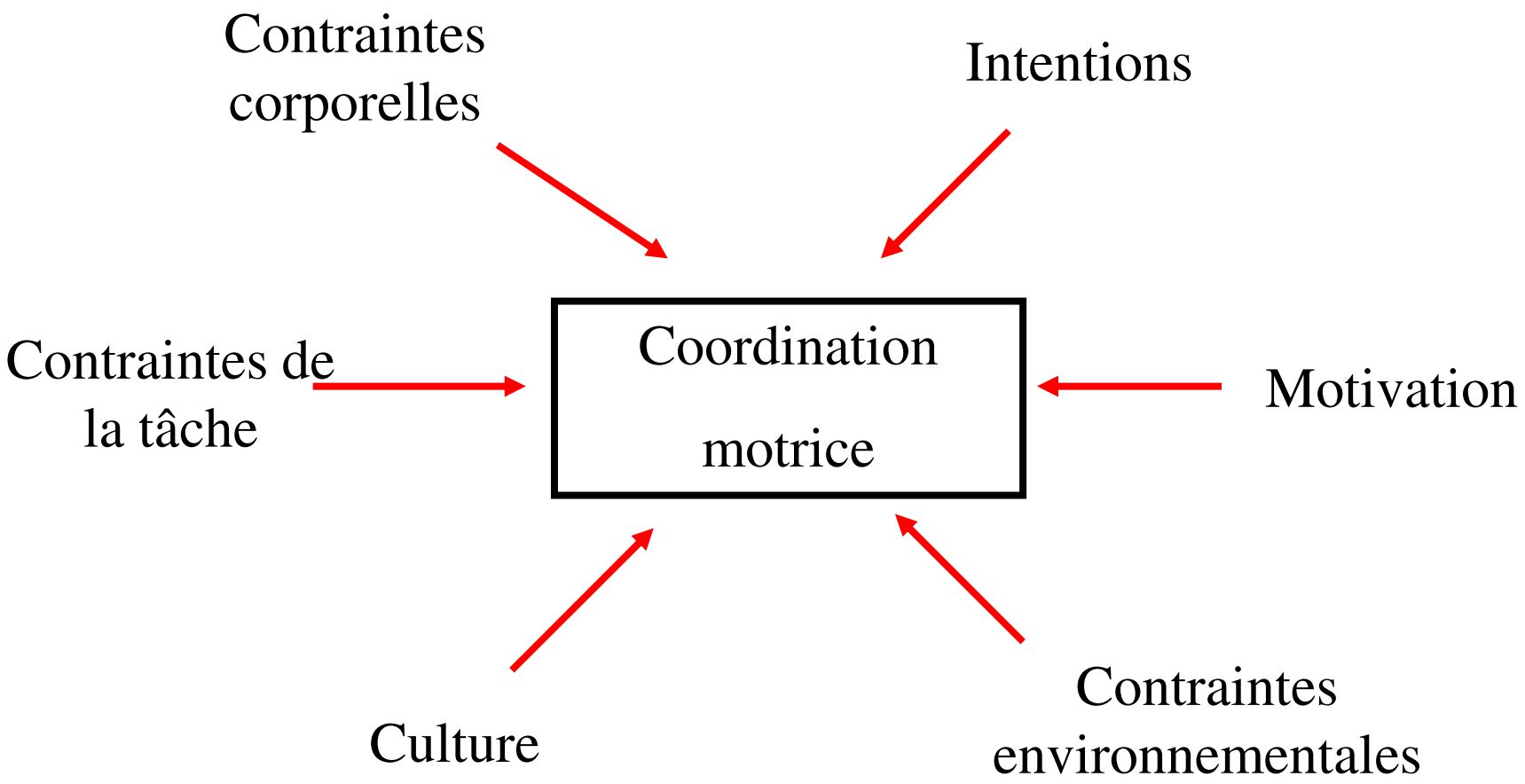
Le primat des consignes

L'apprentissage piloté par les contraintes



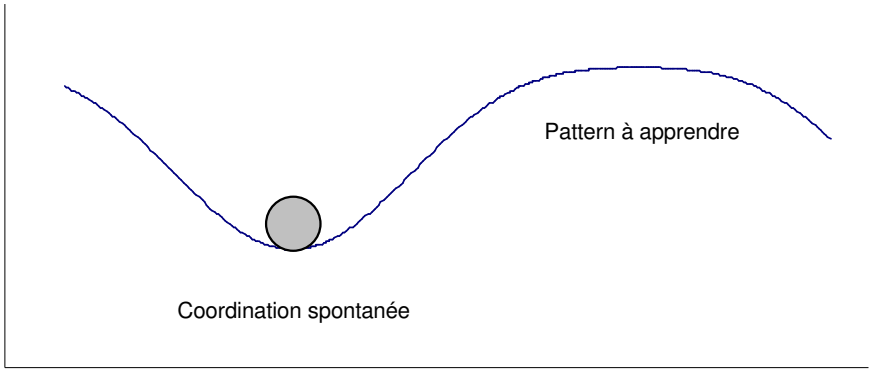
La tâche, l'organisme et l'environnement constituent un système complexe de contraintes (Newell, 1986)

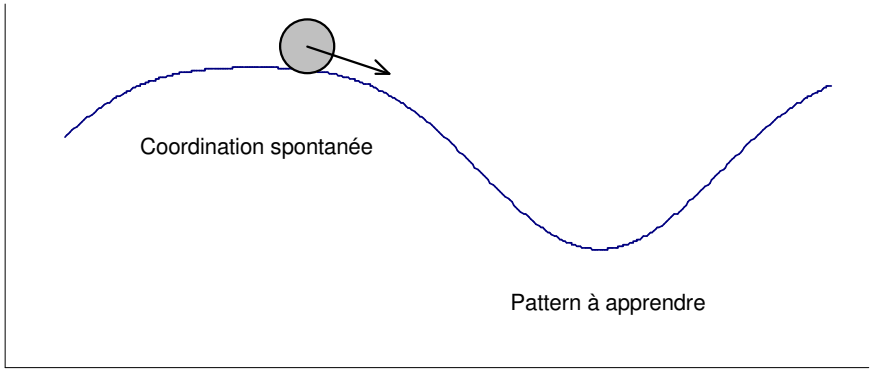
L'apprentissage piloté par les contraintes



L'apprentissage piloté par les contraintes

On peut agir sur le paramètre de contrôle pour rendre disponible un attracteur

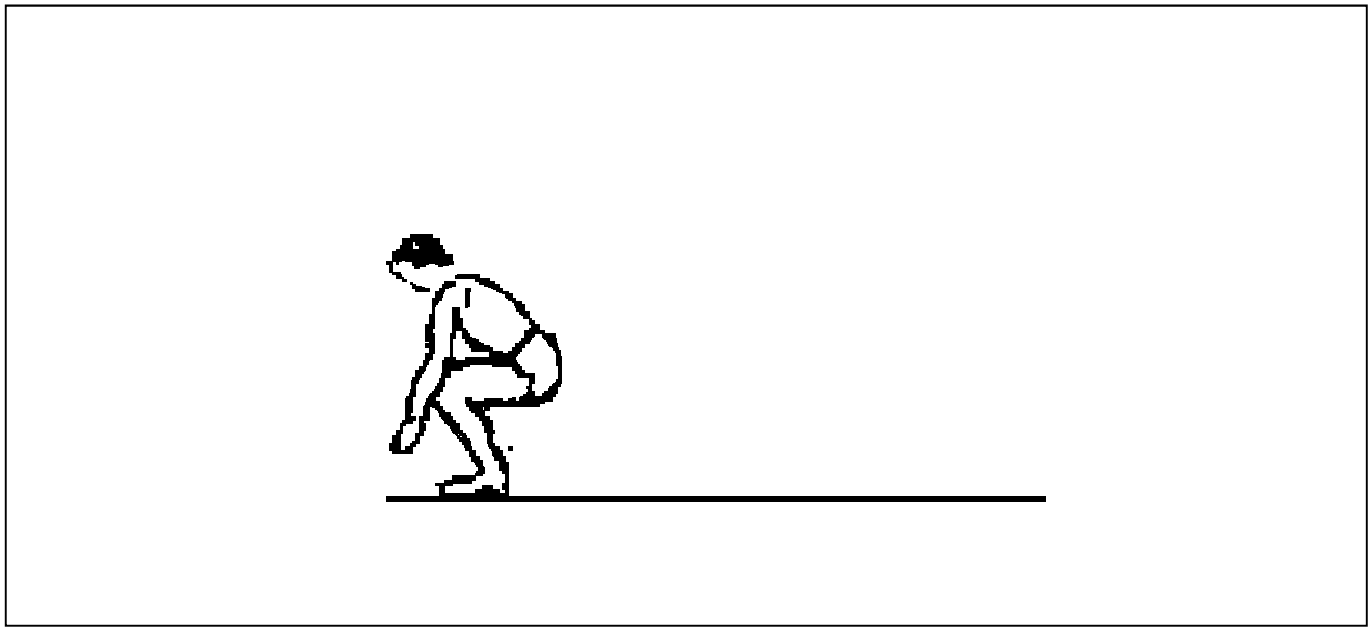




Il s'agit de déstabiliser la coordination spontanée et de rendre attractive la nouvelle coordination

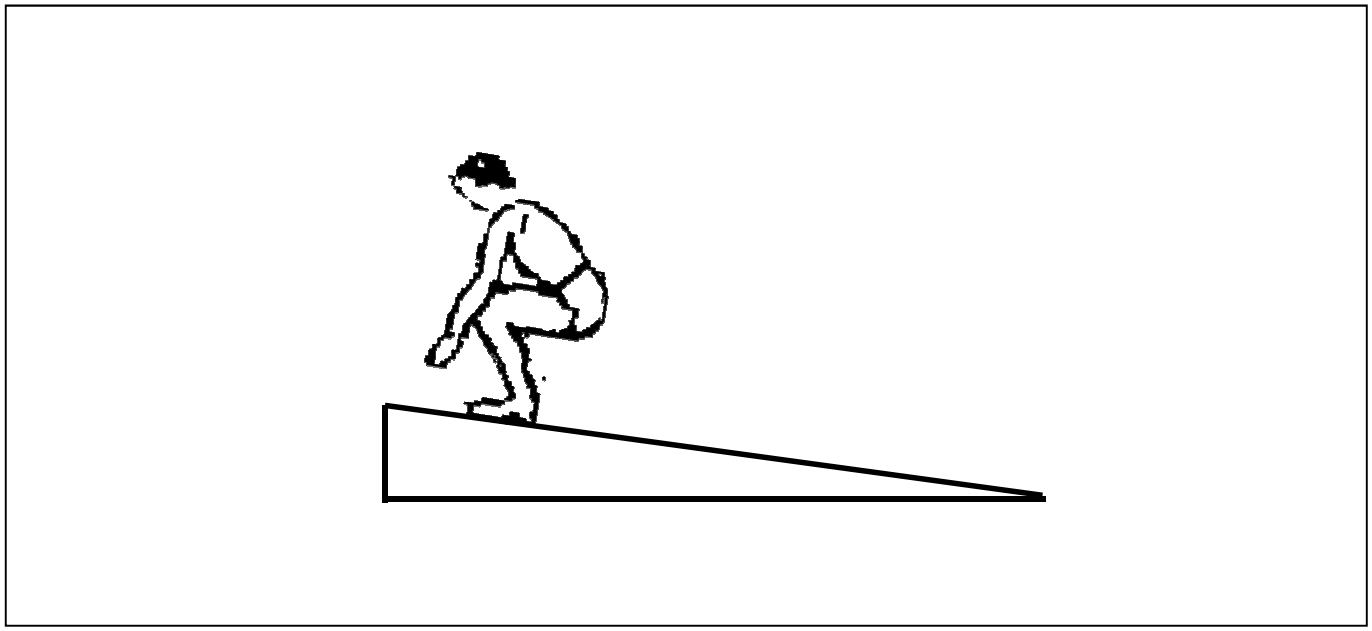
Rendre la coordination à apprendre plus disponible

en manipulant les contraintes de la tâche



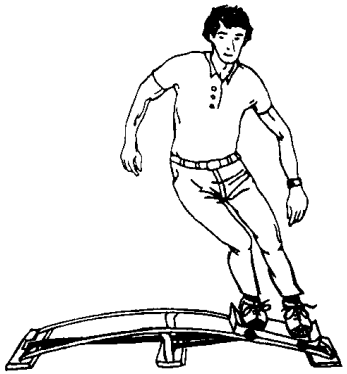
Rendre la coordination à apprendre plus disponible

en manipulant les contraintes de la tâche



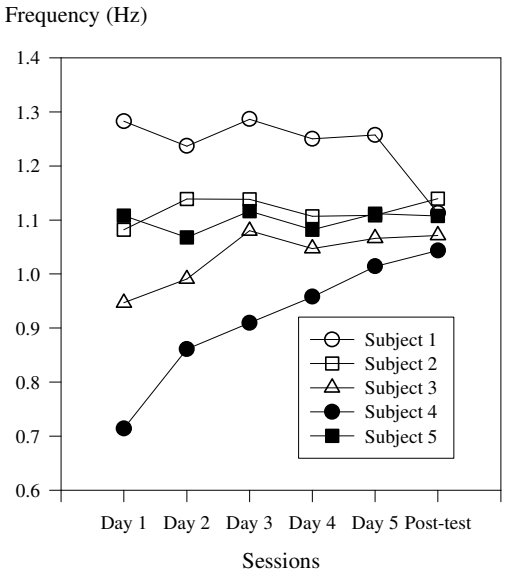
L'apprentissage piloté par les contraintes

Nourrit, Lauriot, Deschamps, Caillou & Delignières (2000)



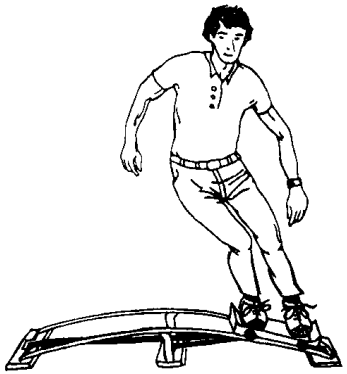
A forte amplitude, les sujets convergent vers la fréquence de résonance du système

(Durand, Geoffroi, Varray & Préfaut, 1994)



L'apprentissage piloté par les contraintes

Nourrit, Lauriot, Deschamps, Caillou & Delignières (2000)



Hypothèse: si l'on force les sujets à osciller à forte amplitude, on devrait obtenir

- des oscillations plus stables (variabilité inter-individuelle)

- des oscillations plus homogènes (variabilité inter-individuelle)

- Trois groupes de 6 sujets

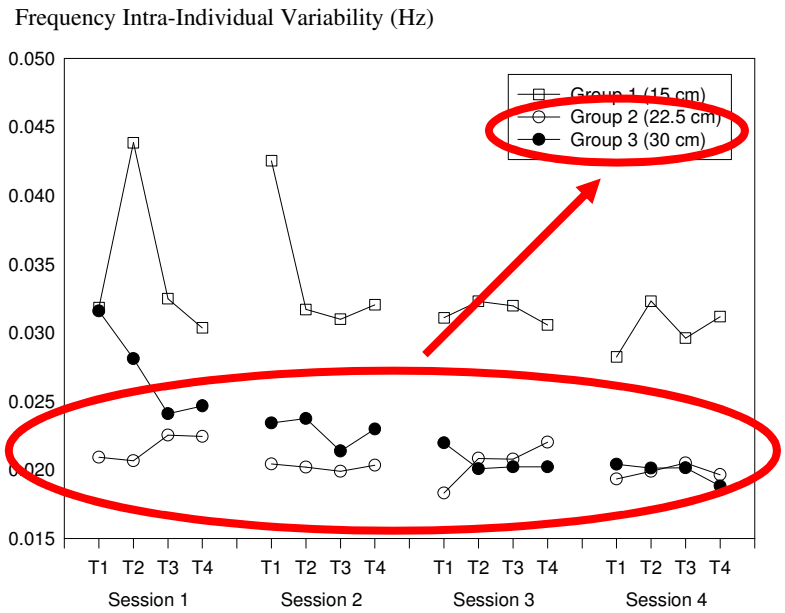
- Quatre sessions de pratiques

- Trois amplitude imposées: 15 cm, 22.5 cm, et 30 cm

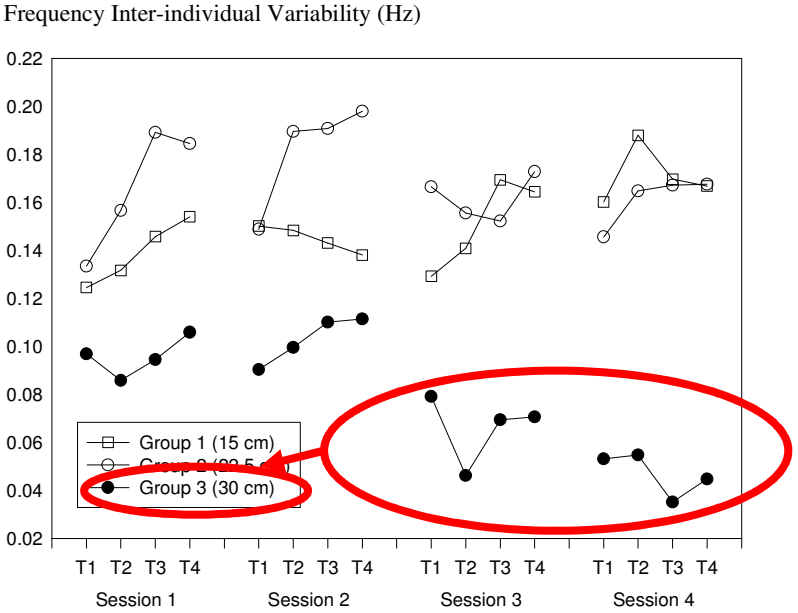
L'apprentissage piloté par les contraintes

Nourrit, Lauriot, Deschamps, Caillou & Delignières (2000)

Variabilité intra-individuelle

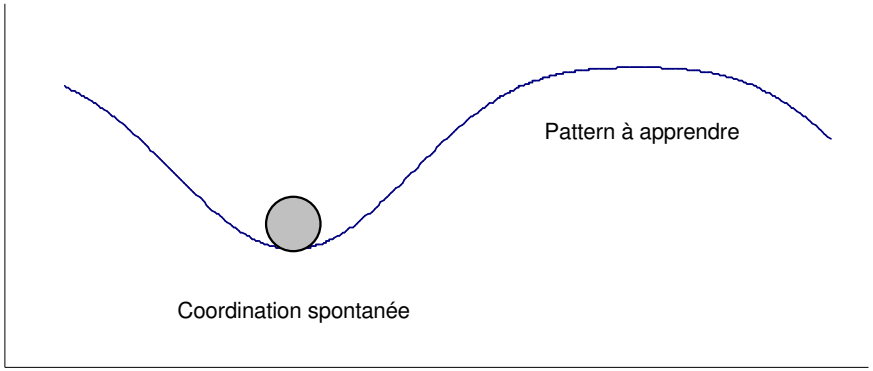


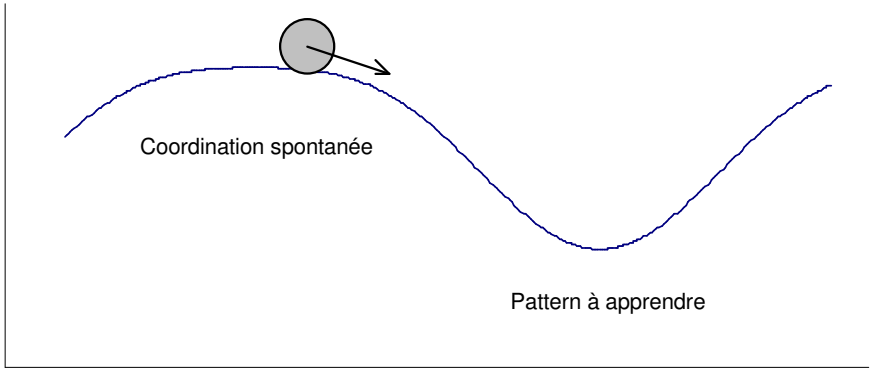
Variabilité inter-individuelle



L'apprentissage piloté par les contraintes

Nourrit, Lauriot, Deschamps, Caillou & Delignières (2000)





Dans ce type de tâche, c'est paradoxalement en rendant la tâche plus difficile que l'on favorise l'apprentissage

≠ principe de progressivité de Famose

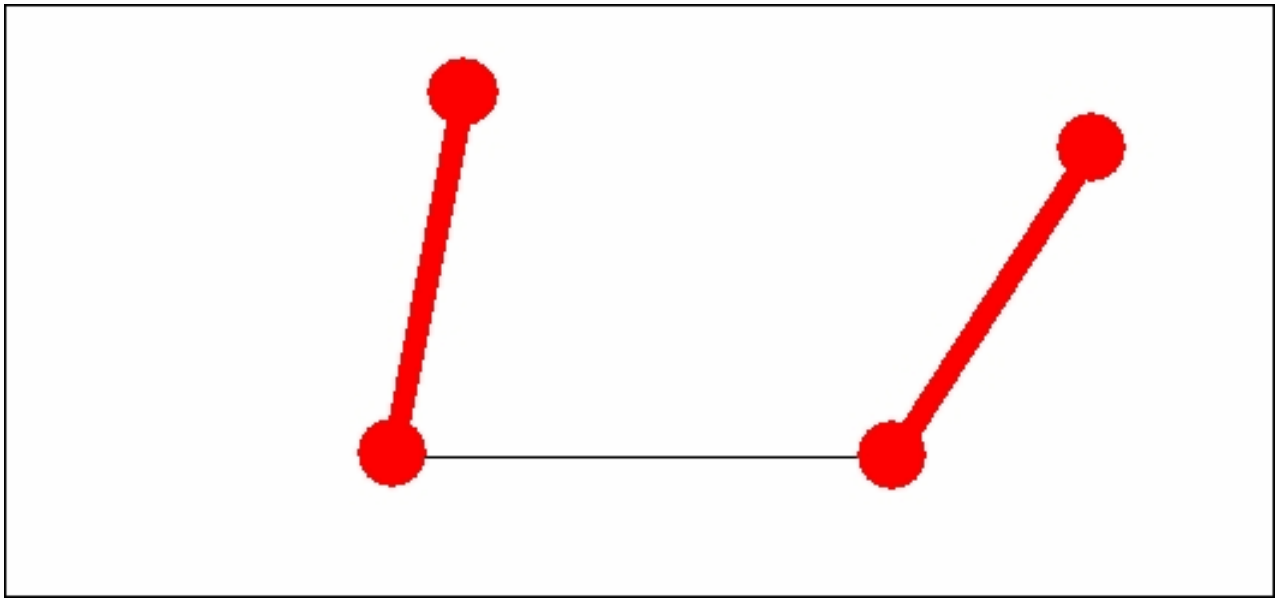
Comment apprendre à courir?

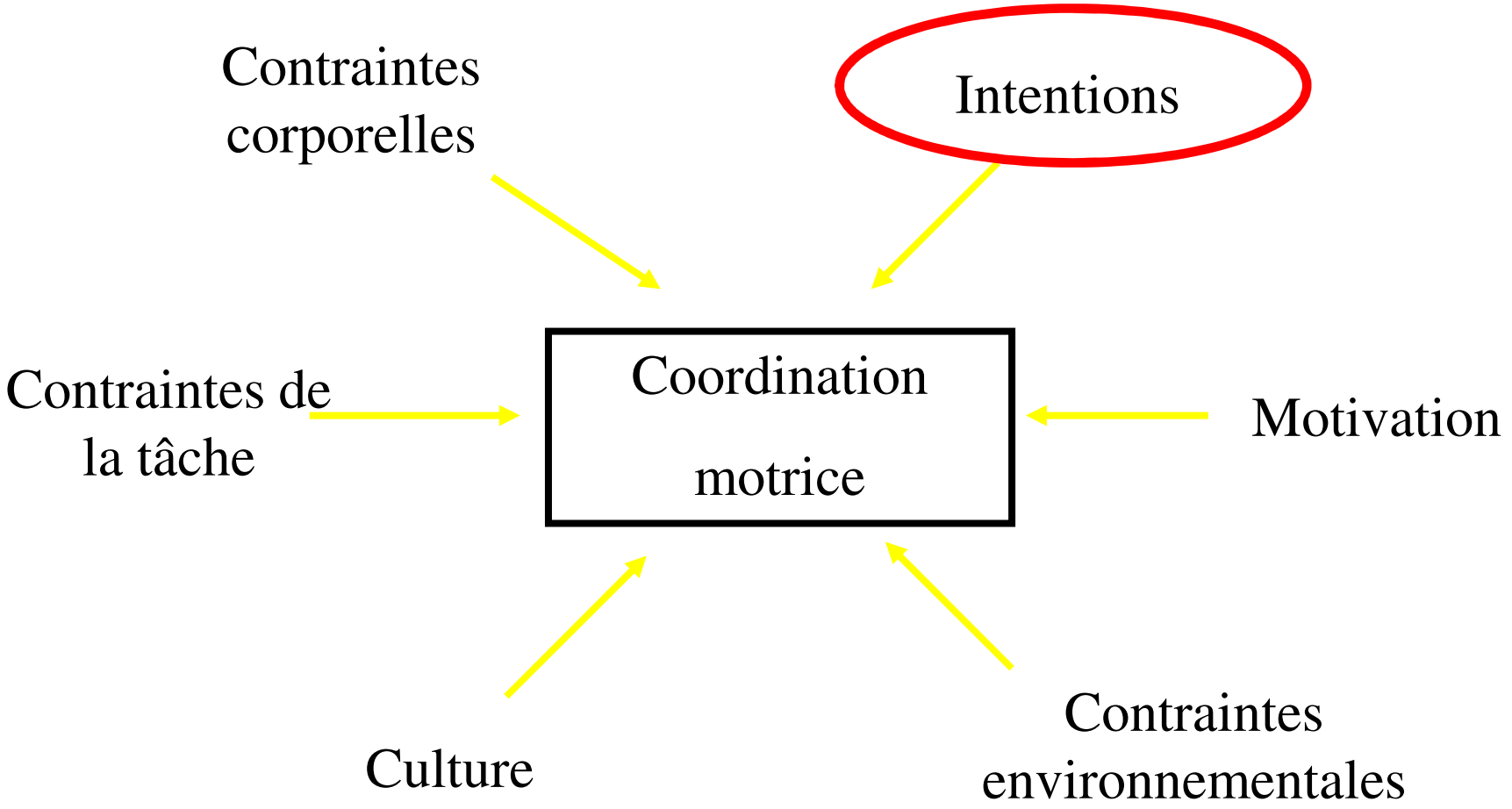
Comment apprendre la roue?

Les contraintes cognitives

Apprentissage d'une coordination à 90° de phase relative

Caillou (2003)




Contraintes corporelles
Intentions
Contraintes de la tâche
Coordination motrice
Motivation
Culture
Contraintes environnementales

Les contraintes cognitives

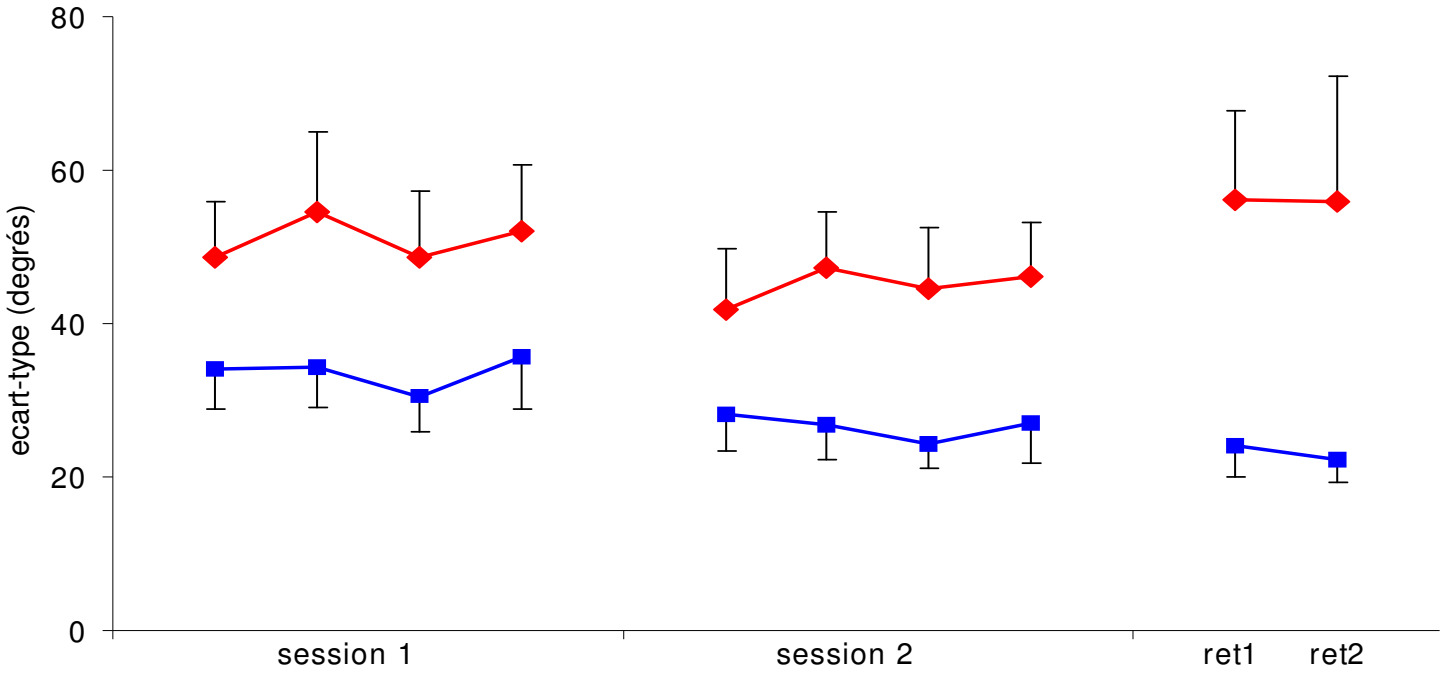
Apprentissage d'une coordination à 90° de phase relative

Caillou (2003)

Comparaison d'une consigne analytique (précisant les positions successives à réaliser) et d'une consigne analogique:

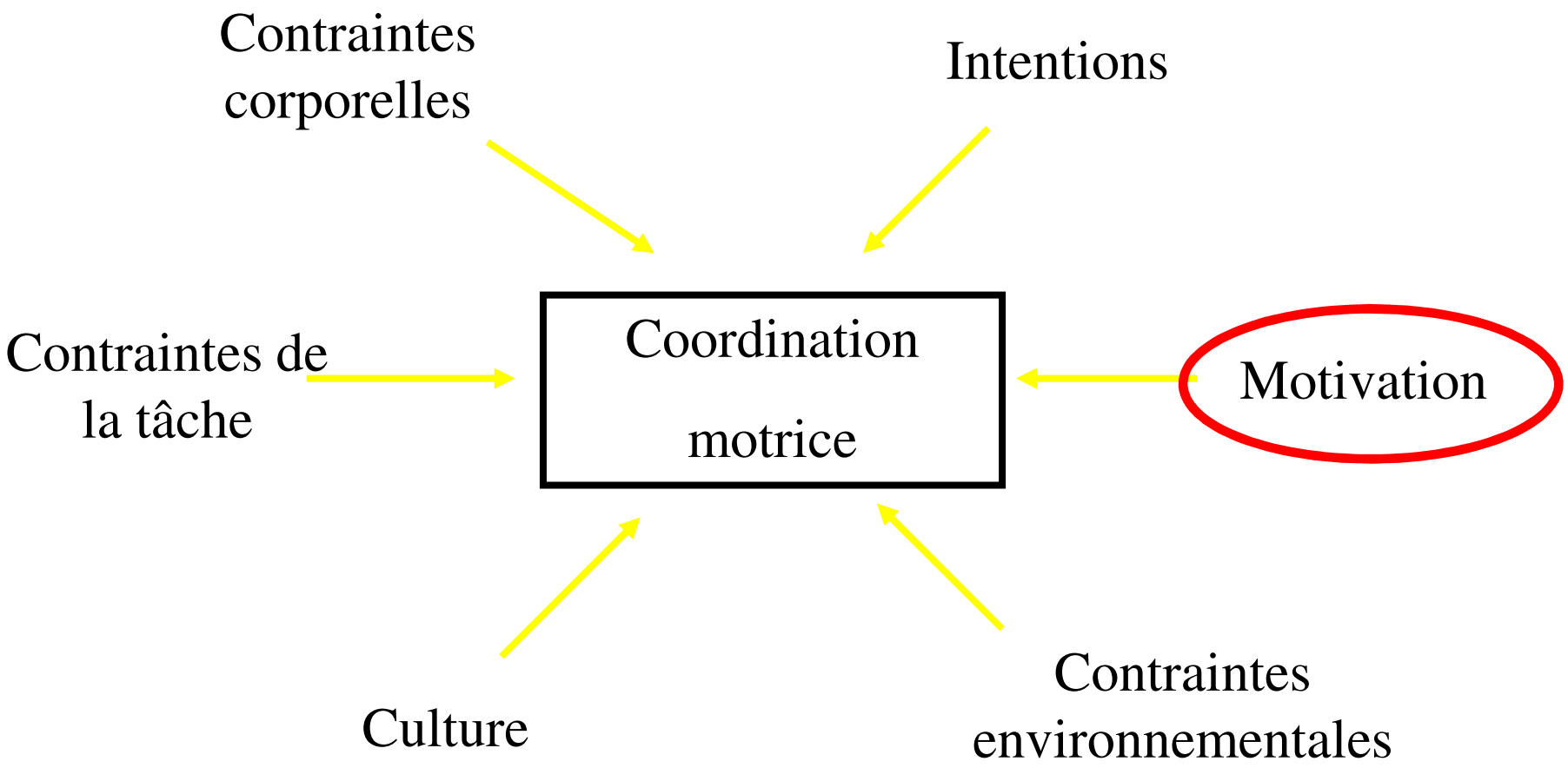
"Imaginez une rafale de vent qui fait se coucher les arbres. Elle se propage dans la pièce de votre gauche vers votre droite. Les manettes représentent des arbres qui se couchent l'un après l'autre à chaque rafale de vent. Enfin, imaginez qu'à peine couchés, les arbres reprennent leur position initiale."

Évolution de la variabilité de la coordination en fonction de la nature des consignes (Caillou, 2003)

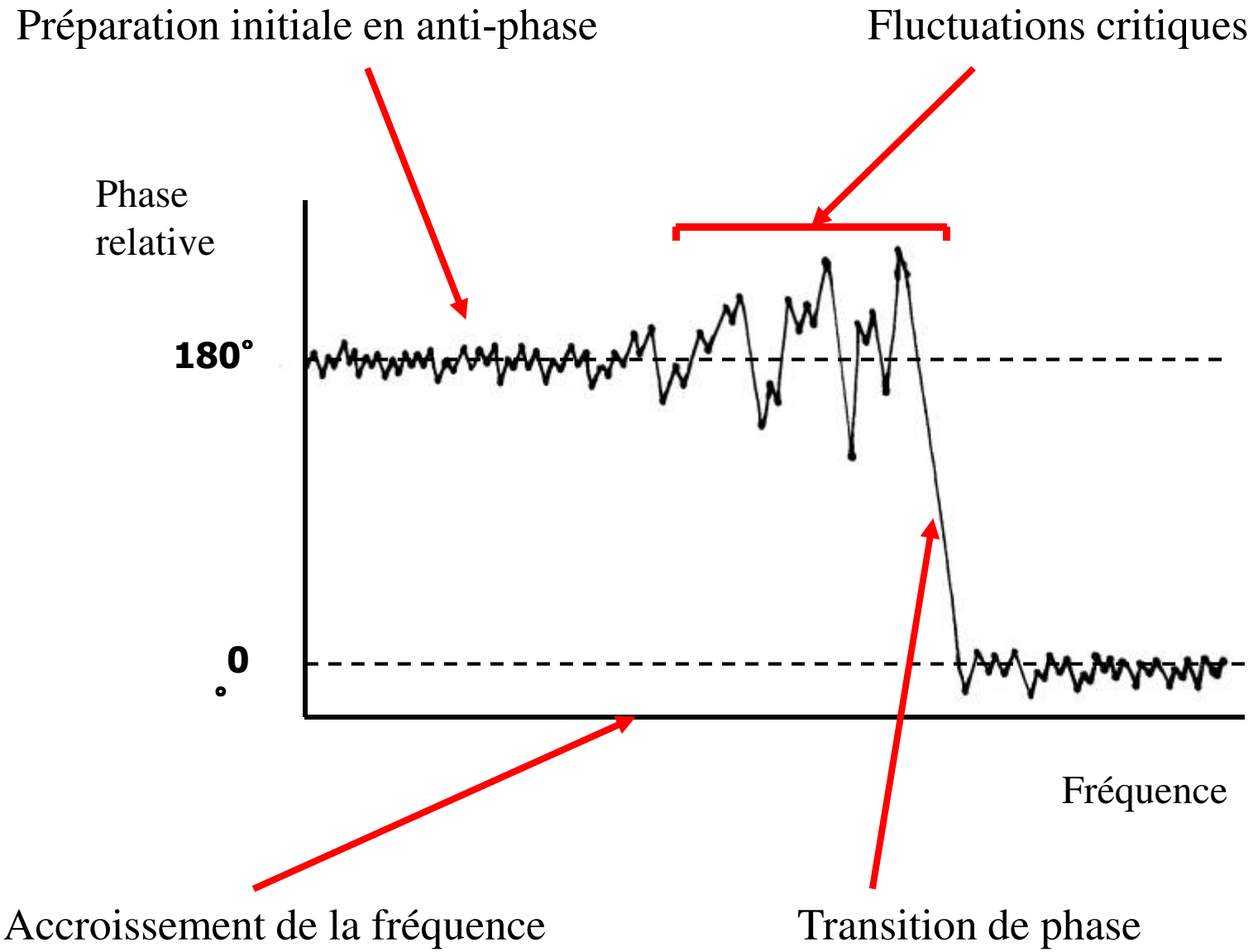


Consigne analogique
Consigne analytique

Motivation et performance



Les transitions de phase dans les coordinations bimanuelles



Influence de l'effort sur la stabilité d'une coordination bimanuelle (Deschamps, 2000)

- Sujets préparés en anti-phase
- 5 conditions de fréquence

  Fréquence critique (Fc),
  Fc - 0.5Hz, Fc - 0.25Hz, Fc + 0.25Hz, Fc + 0.5Hz

- Deux conditions d'intention:

  Intention de base: « maintenez la coordination en anti-phase »

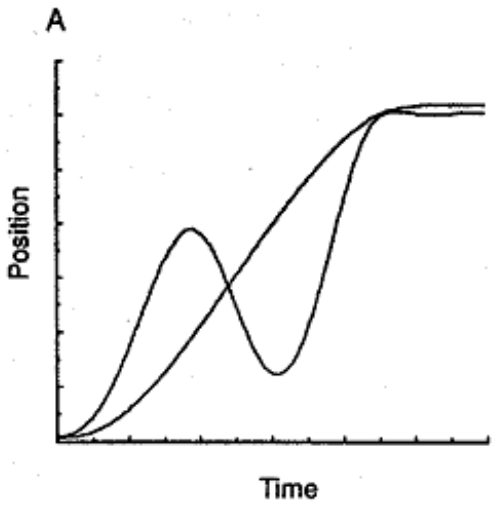
  Intention augmentée: « maintenez la coordination en anti-phase, en essayant de vous contrôler au maximum et d'être le plus précis possible »

Influence de l'effort sur la stabilité d'une coordination bimanuelle (Deschamps, 2000)

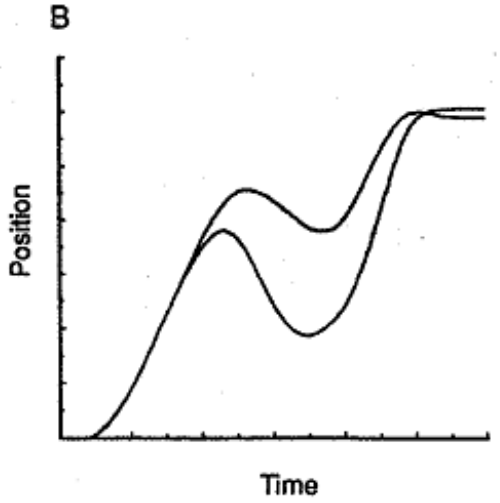
→ Une intention renforcée/un effort, permet de retarder l'occurrence de la transiton de phase vers des fréquences de mouvement plus élevées

L'apprentissage piloté par les contraintes
Walter et Swinnen (1995)

L'approche dynamique suggère que dans certains cas le comportement du débutant est fortement attiré par des modes de coordination spontanés



Trajectoires attendues



Trajectoires observées

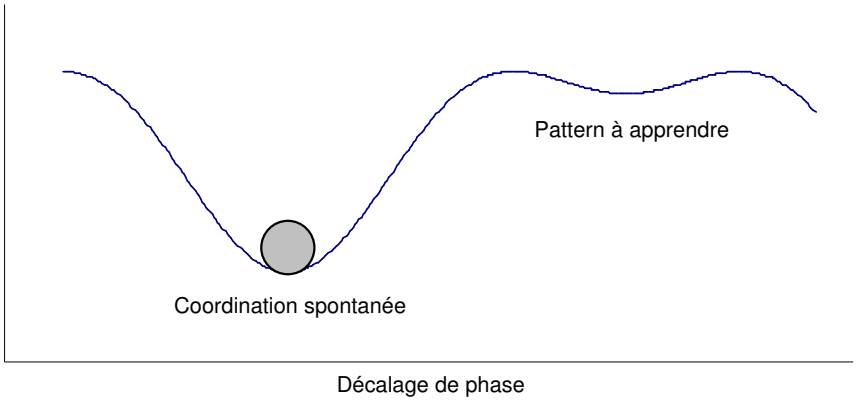
L'apprentissage piloté par les contraintes
Walter et Swinnen (1995)

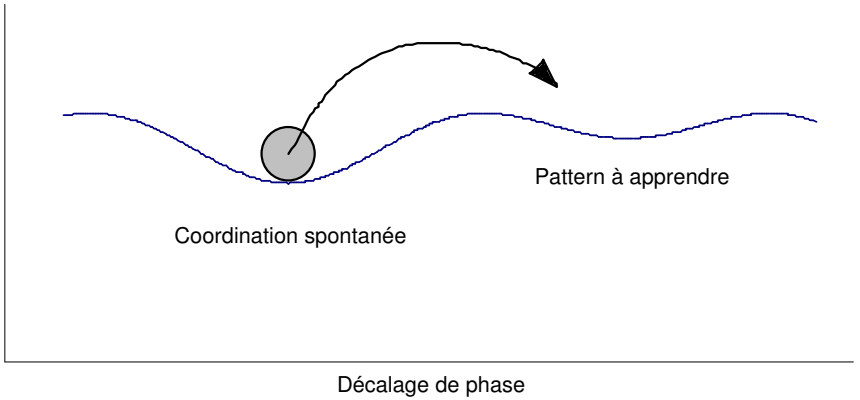
Plus les attracteurs spontanés sont stables, plus il contrarient l'apprentissage

A haute fréquence, seul l'attracteur en phase est stable

La coordination 1:3 est très difficile à produire

→ Idée de base: si l'on réduit la force de l'attracteur en phase en diminuant la fréquence, on rend plus facile l'exploration d'autres solutions





Plan du cours

Introduction : définitions

1. Habileté et traitement de l'information
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente
3. Les étapes de l'apprentissage moteur
4. Apprentissage et efficience
5. Apprentissage et conditions d'apprentissage
6. Apprentissage et connaissances

6. Apprentissage et connaissances

6.1. Connaissances et habiletés motrices

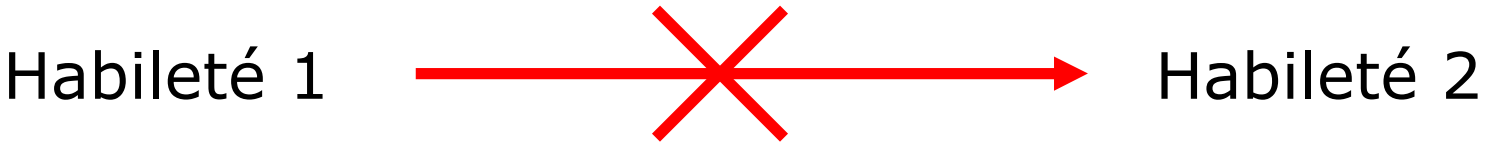
6.2. Apprentissage implicite et apprentissage explicite

6.3. Les limites de la prise de conscience

Commence ton action de bras plus tôt, retarde la rotation du bassin, regarde mieux la balle et ne tourne pas ta raquette à la fin de la frappe. Compris ?
?

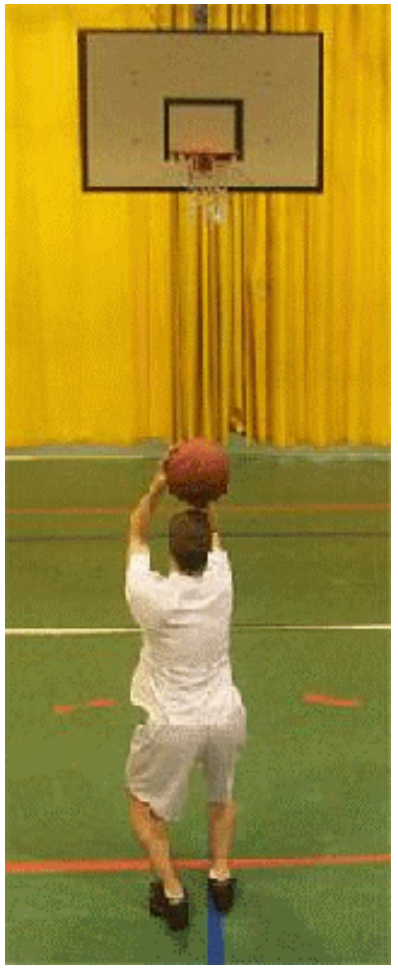
Positionnement du problème:

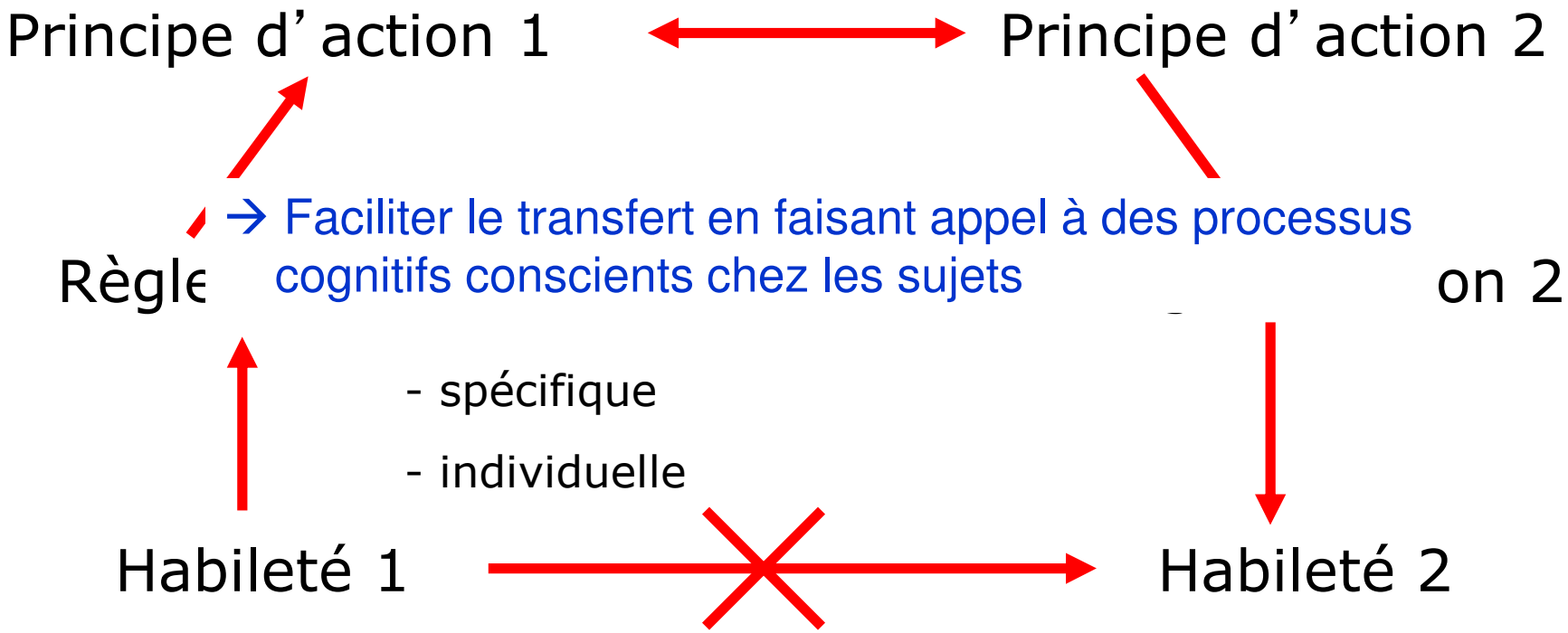
Le transfert



Migeon (1981)

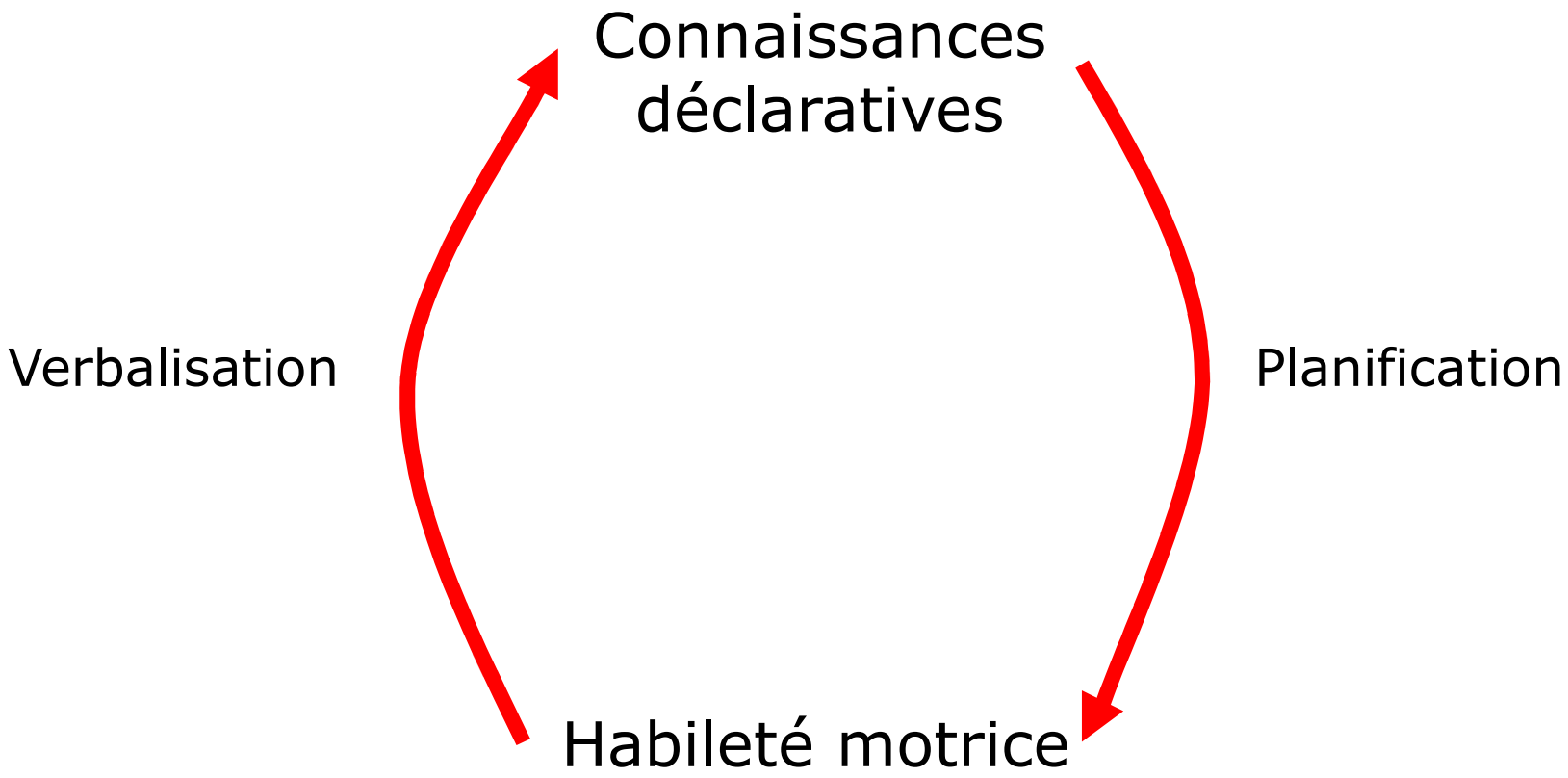
Pas de transfert entre le lancer à la poitrine et le lancer balle au-dessus de la tête





→ Si le transfert automatique direct d'une habilité à l'autre est difficile, il y a possibilité de transfert moyennant une activité cognitive intense

Gréhaigne, Billard, Guillon & Roche (1989)


Connaissances déclaratives
Planification
Habileté motrice
Verbalisation

Des arguments théoriques

→ … suggèrent de fortes limitations aux possibilités de prise de conscience et verbalisation à partir d'une habileté motrice

Des arguments théoriques

Gréco (1976) : "Il n'est pas certain que la représentation mentale que l'on a de ses propres mouvements soit une représentation adéquate, ni même qu'elle doive l'être. […] On n'arriverait jamais à traverser la rue, ni aller à bicyclette s'il fallait calculer exhaustivement les trajectoires, les vitesses, les conditions de l'équilibre, etc..."

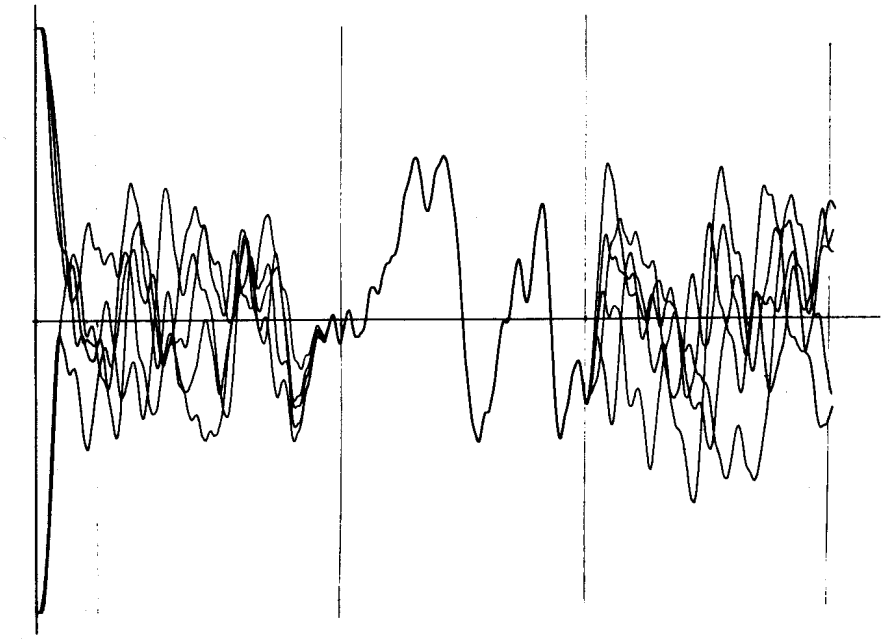
6. Apprentissage et connaissances

6.1. Connaissances et habiletés motrices

6.2. Apprentissage implicite et apprentissage explicite

6.3. Les limites de la prise de conscience

L'expérience de Pew (1974)



Les sujets doivent suivre avec un pointeur les déplacements d'une cible

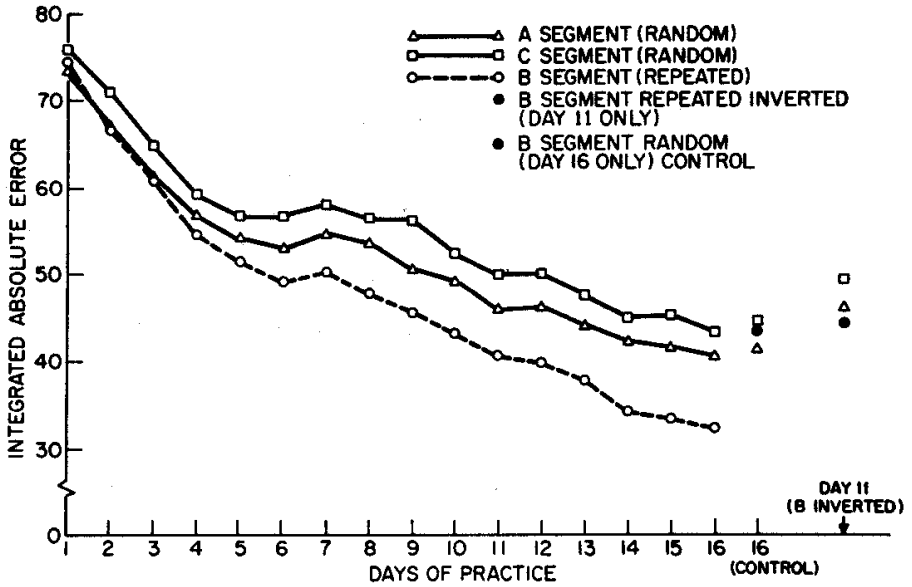
Le déplacement dure 1 minute:

Le déplacement est aléatoire lors des premières 20 secs et des dernières 20 secs

Le segment médian se répète à l'identique d'un essai à l'autre

Les sujets ne sont pas prévenus de la régularité du segment médian

L'expérience de Pew (1974)



Résultats:

1. Les performances s'améliorent plus rapidement dans le segment médian

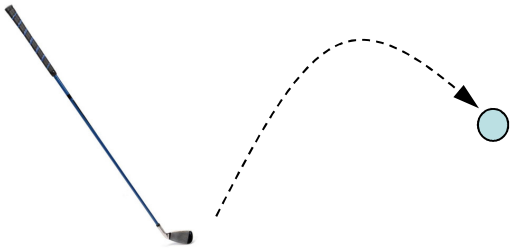
2. Les sujets n'ont pas conscience des régularités

→ L'apprentissage est implicite

Masters (1992)

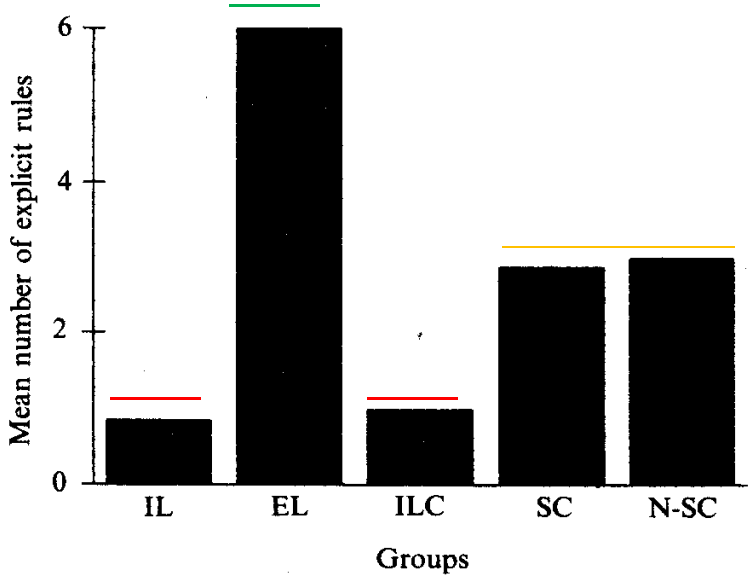
Hypothèse: une habileté apprise implicitement résiste mieux au stress qu'une habileté apprise de manière explicite

Tâche: Putting au golf. Green ascendant.



Groupes	Apprentissage (4 sessions)	Stress (une session)
Implicite	Apprentissage en situation de double tâche	Oui
Explicite	Lecture de règles d'action	Oui

Evaluation des connaissances déclaratives en fin d'apprentissage



IL: apprentissage implicite

EL: apprentissage explicite

ILC: apprentissage implicite (contrôle)

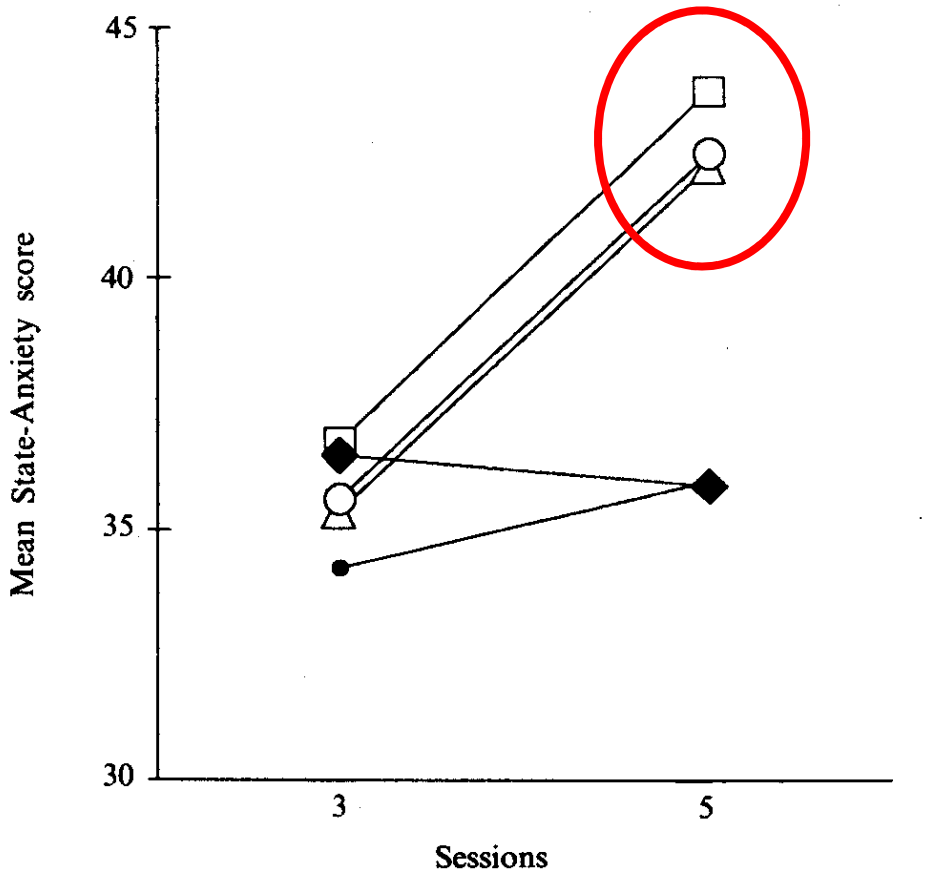
SC: stress (contrôle)

N-SC: non stress (contrôle)

} App. découverte

Masters (1992)

Niveaux d'anxiété au cours de la dernière session



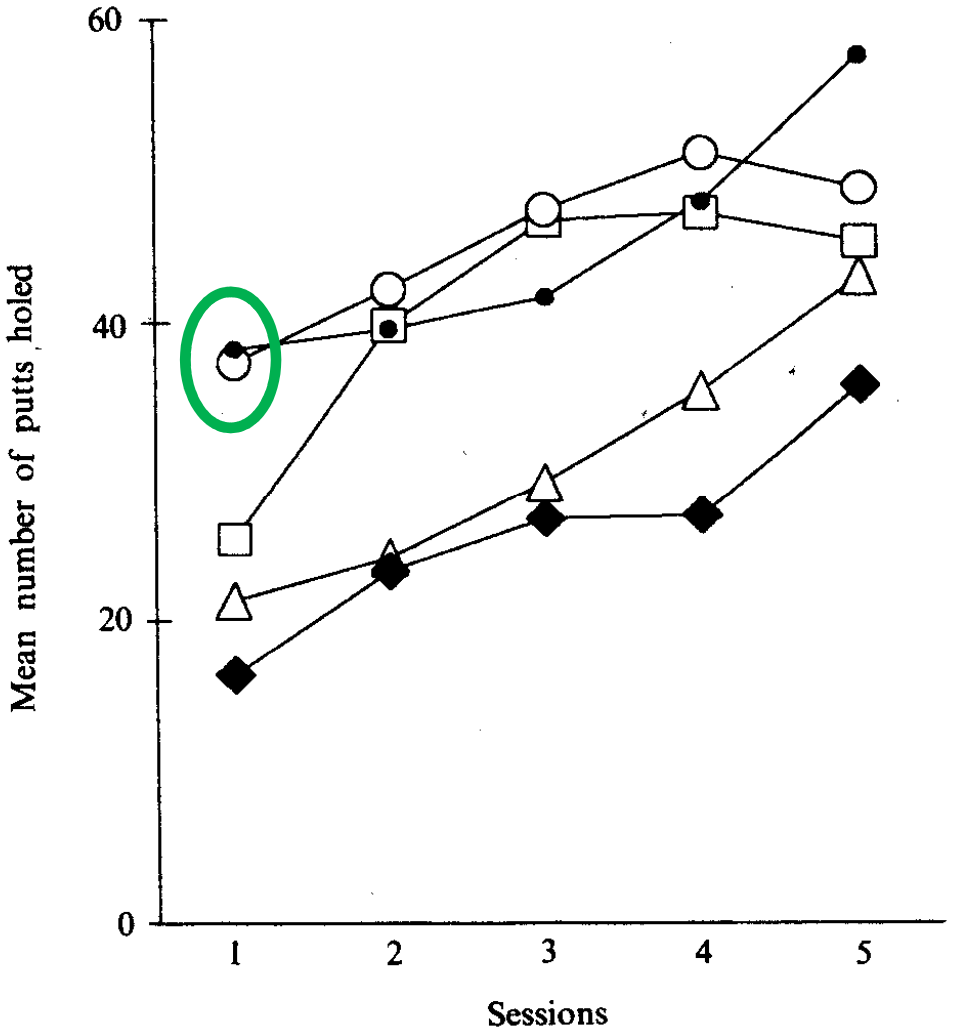
△: apprentissage implicite
□: apprentissage explicite
◆: apprentissage implicite (contrôle)
○: stress (contrôle)
•: non stress (contrôle)

} App. découverte

Masters (1992)

Evolution de la performance au cours des sessions

1. Les groupes «découverte» ont les meilleures perfs au début d'apprentissage



△: apprentissage implicite

□: apprentissage explicite

◆: apprentissage implicite (contrôle)

○: stress (contrôle)

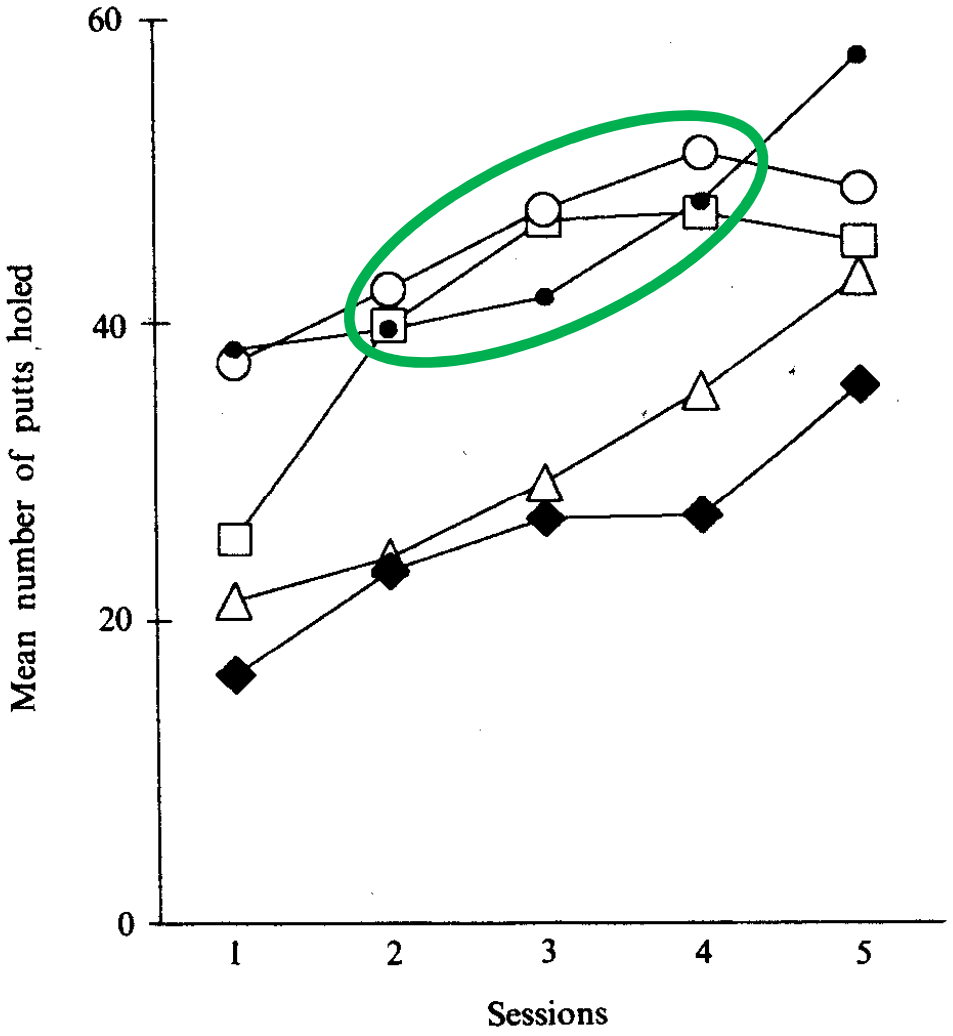
•: non stress (contrôle)

} App. découverte

Masters (1992)

Evolution de la performance au cours des sessions

2. En cours d'apprentissage, les groupes découverte ET explicite ont les meilleures perfs.



△: apprentissage implicite

□: apprentissage explicite

◆: apprentissage implicite (contrôle)

○: stress (contrôle)

•: non stress (contrôle)

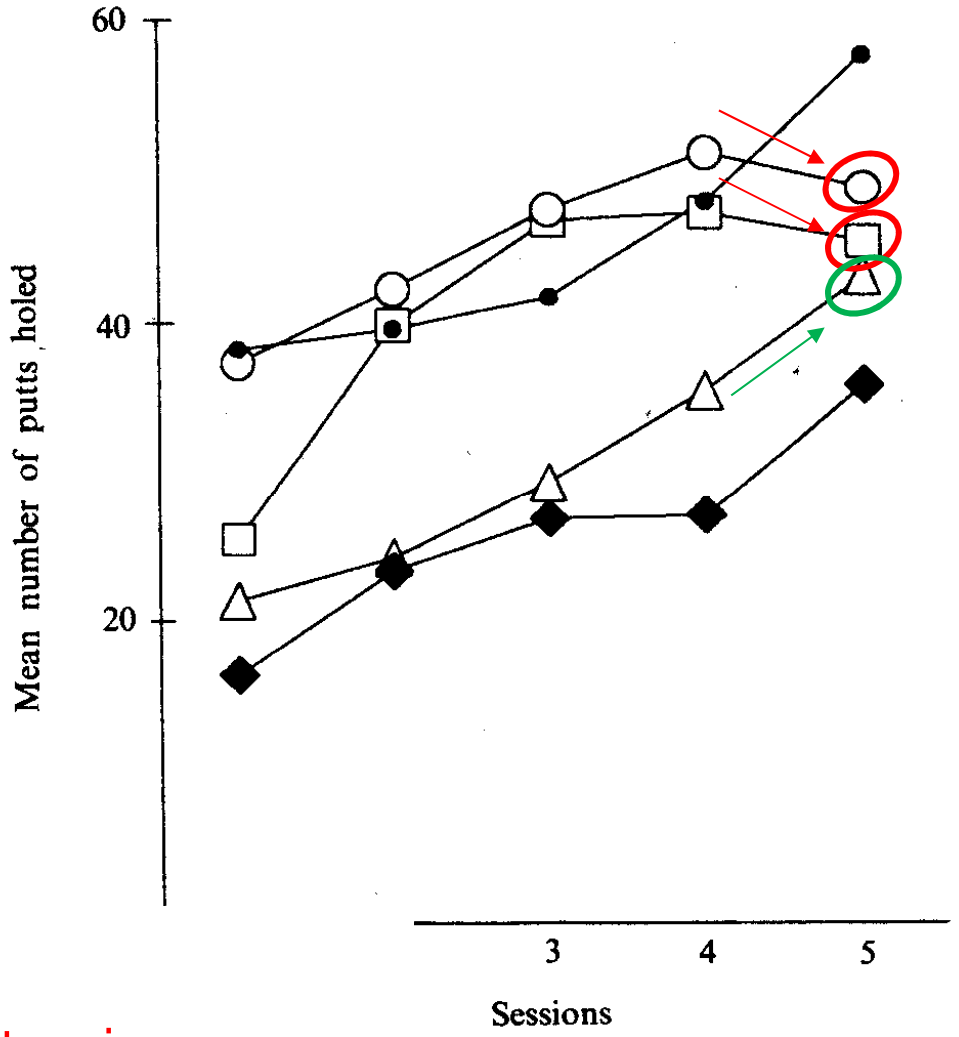
} App. découverte

Masters (1992)

Evolution de la performance au cours des sessions

3. Les stress entraine une dégradation de la perf pour le groupe "explicite" et le groupe "découverte"

Par contre, le stress n'a pas d'effet délétaire sur le groupe "implicite"

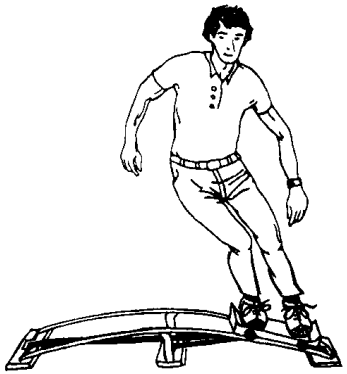


→ L'apprentissage implicite résiste mieux en situation écologique de stress (competition etc…)

Masters (1992)

L'expérience de Wulf et Weigelt (1997)

(1)



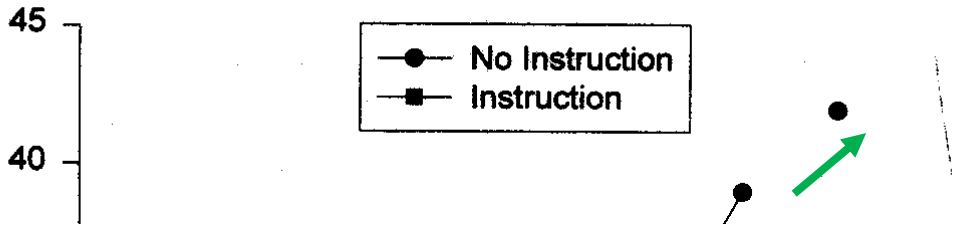
3 sessions de pratique

Un groupe implicite: apprentissage par découverte

Un groupe explicite: apprentissage par instruction

+

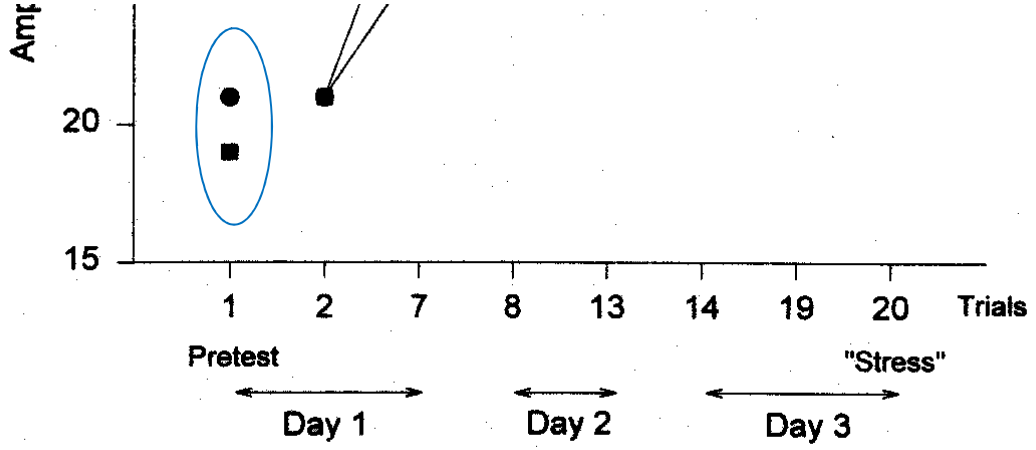
Un essai « stress » en fin d'expérimentation



Conclusions:

- Effet du stress: résultats congruents avec Masters

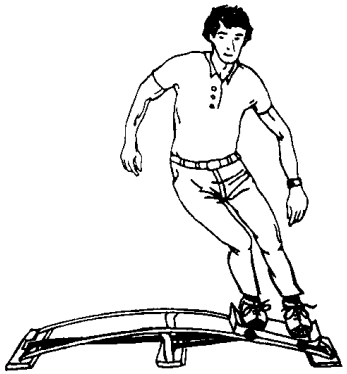
- Des habiletés complexes s'apprennent naturellement de manière implicite. L'apprentissage explicite va contrarier cet apprentissage naturel



Influence des instructions techniques sur l'apprentissage (Wulf & Weigelt, 1997)

L'expérience de Wulf et Weigelt (1997)

(2)



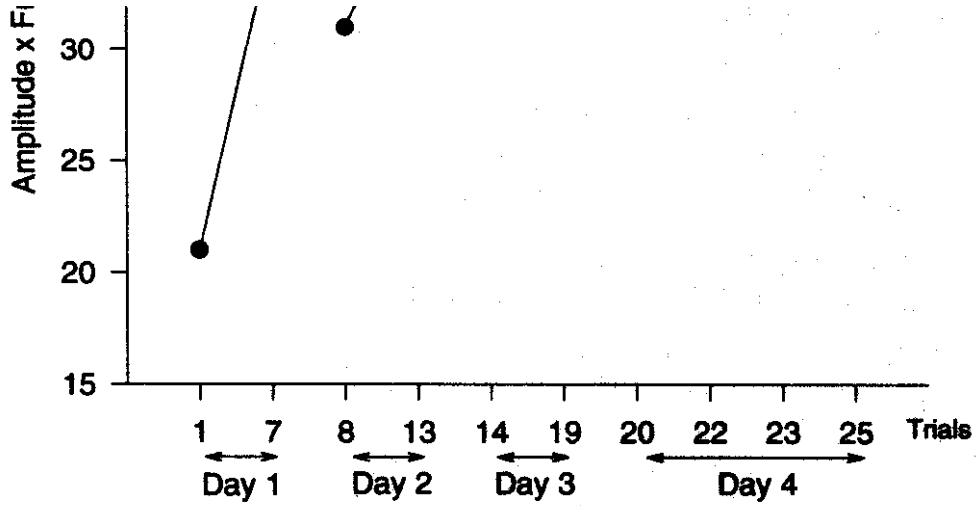
4 sessions de pratique

6 essais par session

Apprentissage par découverte

Introduction d'instructions au milieu de la quatrième session

Re-conclusion:
Des habiletés complexes s'apprennent naturellement de manière implicite.
L'apprentissage explicite va contrarier cet apprentissage naturel



Effets d'instructions techniques données en cours d'apprentissage
(Wulf & Weigelt, 1997)

6. Apprentissage et connaissances

6.1. Connaissances et habiletés motrices

6.2. Apprentissage implicite et apprentissage explicite

6.3. Les limites de la prise de conscience

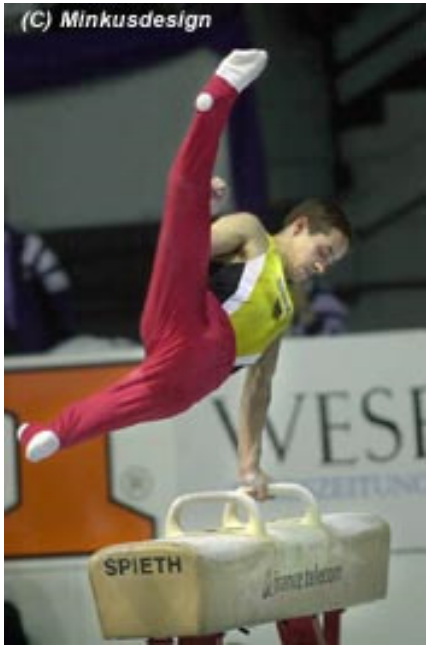
6.3.1 – Habiletés stratégiques vs. techniques

6.3.2 – Habiletés globales vs. manipulatoires

6.3.3. – La pression temporelle

Habiletés stratégiques

Habiletés techniques



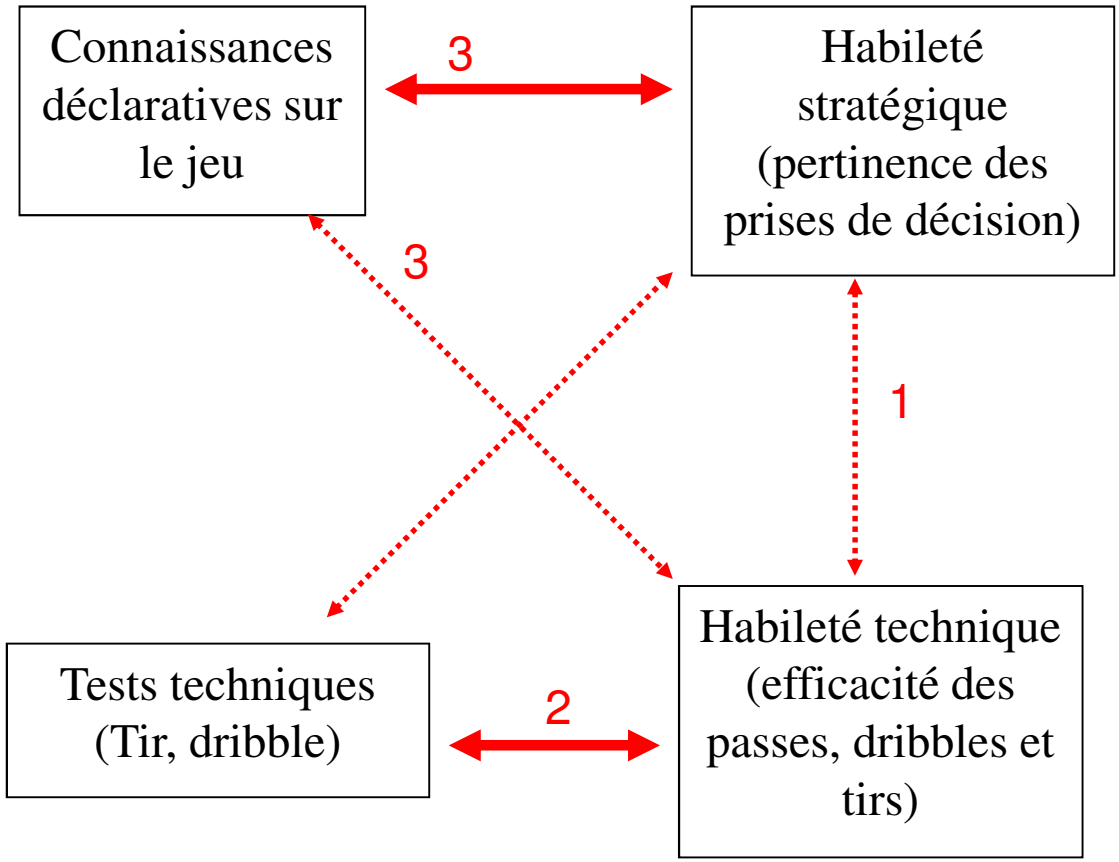
French et Thomas (1987)

Suivi d'une équipe de basket-ball pendant une saison

Evaluation de quatre critères:

1. L'habileté stratégique (pertinence des décisions prises sur le terrain)
2. L'habileté technique (efficacité des actions entreprises sur le terrain)
3. Connaissances déclaratives sur le jeu (dissertation)
4. Tests techniques (tir, passe, dribble)

French et Thomas (1987)



→ Connaissances déclaratives peuvent jouer un rôle intéressant pour l'apprentissage d'habiletés stratégiques, mais pas pour l'apprentissage d'habiletés techniques

Famose, Hébrard, Simonet et Vivès (1979)

Apprentissage du virage en ski

- pédagogie par instruction
- pédagogie par modèle
- aménagement du milieu (la « trace bleue »)

L'aménagement du milieu est la méthode la plus efficace pour l'apprentissage d'une habileté technique

Bouthier (1986)

Apprentissage d'une combinaison tactique en rugby

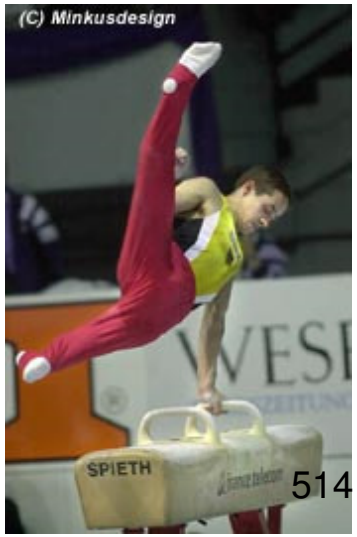
- pédagogie par instruction (base d'orientation)
- pédagogie par modèle
- aménagement du milieu

La pédagogie par instruction semble la méthode la plus efficace

Conclusion

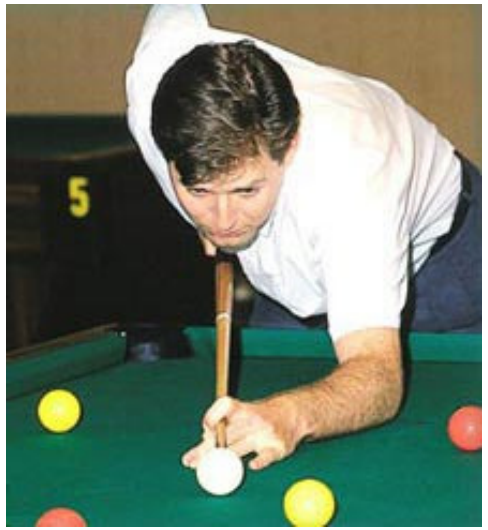
Les habiletés stratégiques entretiennent des liens étroits avec les connaissances déclaratives

Les habiletés techniques semblent mobiliser un registre plus profond, moins accessible à la conscience



Habiletés globales

Habiletés manipulatoires



Piaget (1974)
« Réussir et comprendre »

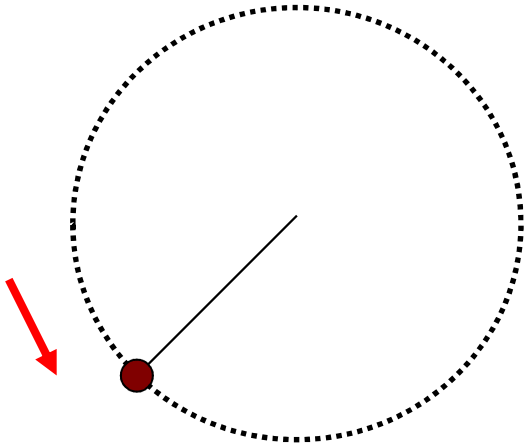
"je réussis" —?— "je comprends pourquoi"

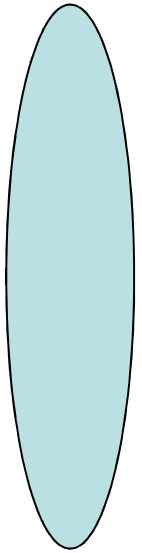
Vers 5/6 ans, la réussite est obtenue par tâtonnement, sans compréhension des principes mis en jeu

Vers 7/8 ans, la réussite reste première. L'enfant parvient a posteriori à en comprendre les principes, par **abstraction réfléchissante**

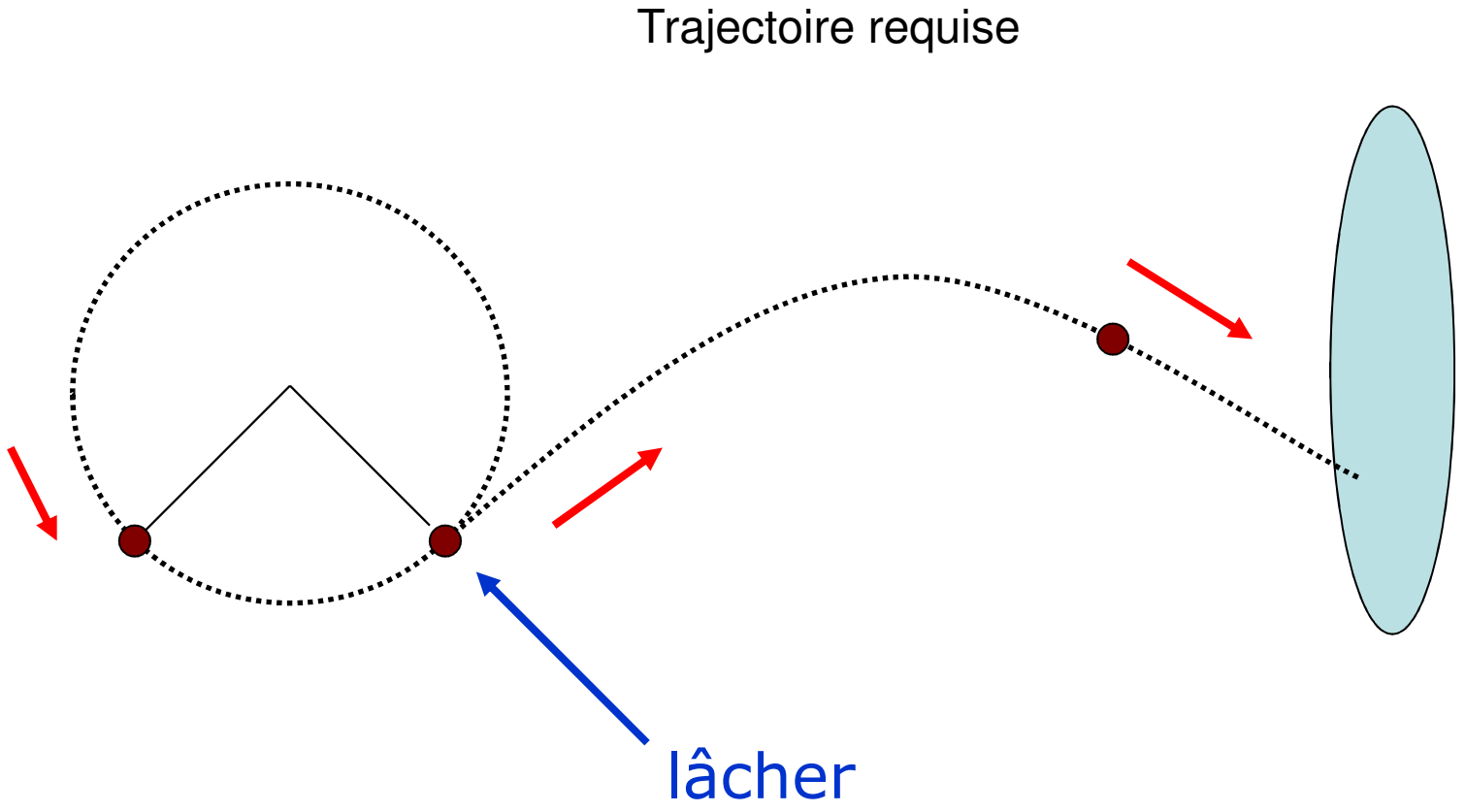
Vers 11/12 ans, la compréhension précède et anticipe l'action. La **réussite** ne prend qu'un caractère **confirmatoire**

Durand (1984)

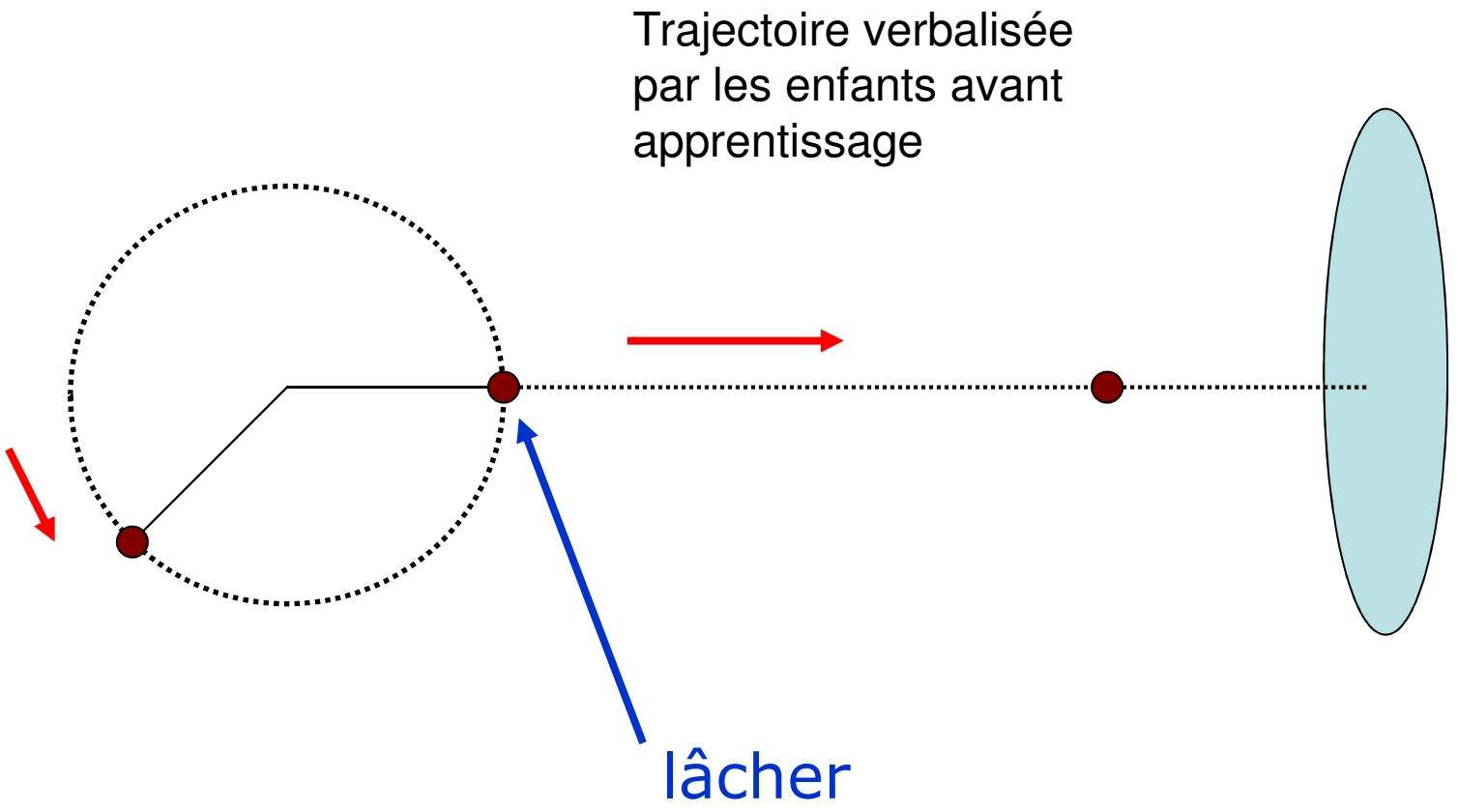




Durand (1984)



Durand (1984)


Trajectoire verbalisée
par les enfants avant
apprentissage
lâcher

Durand (1984)

À 5/6 ans, les enfants progressent par tâtonnement

MAIS les connaissances formulées sont erronées

→ L'action n'est pas planifiée

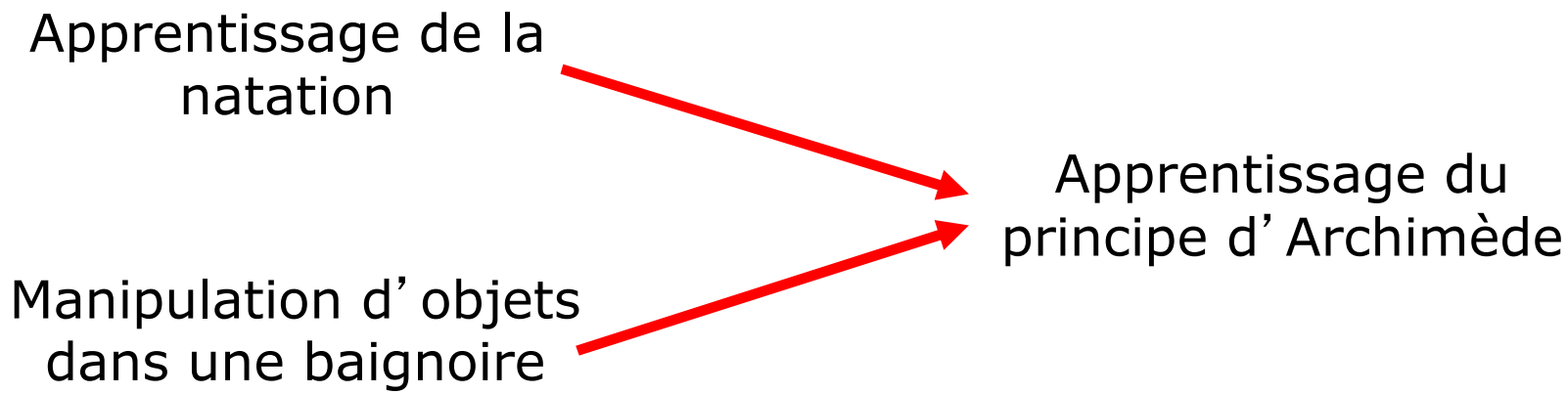
À 11/12 ans, les enfants peuvent se représenter et analyser la tâche : leurs connaissances sont précises et pertinentes

→ Les connaissances peuvent piloter l'action

Arnaud (1977)

La connaissance du principe d'Archimède peut-elle être généralisée au corps propre?

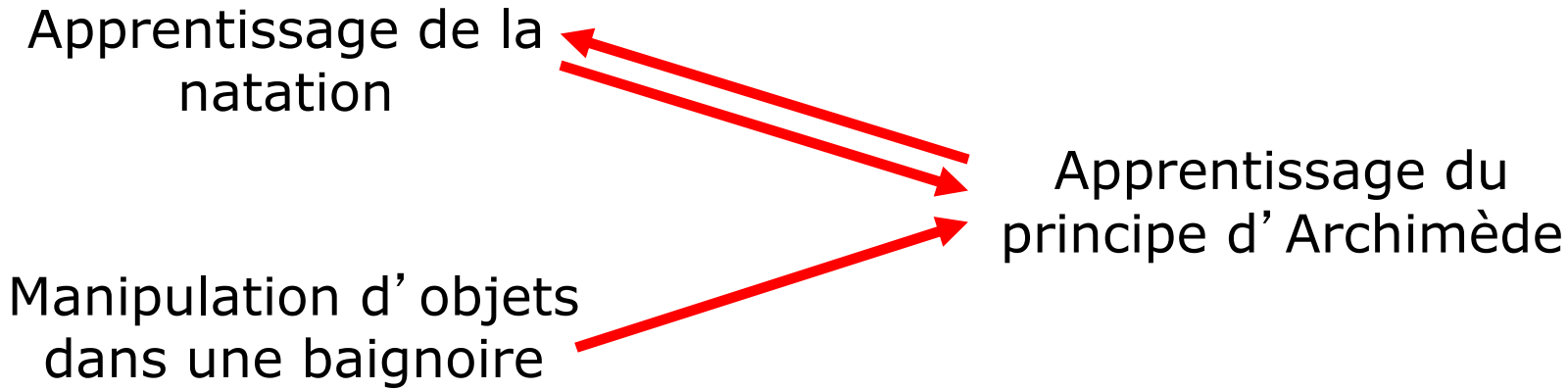
Expérience de terrain, réalisée en établissement scolaire (école primaire)

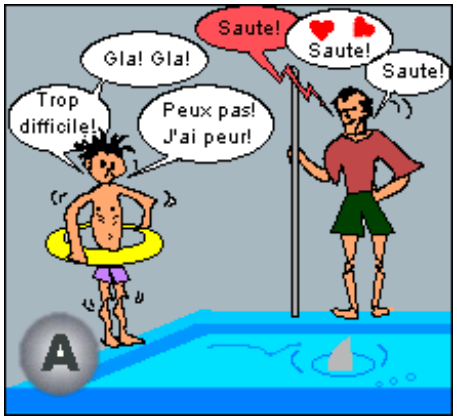


Arnaud (1977)

La connaissance du principe d'Archimède peut-elle être généralisée au corps propre?

Expérience de terrain, réalisée en établissement scolaire (école primaire)





Arnaud (1977)

1. La manipulation d'objets dans une baignoire permet de mieux apprendre le principe d'Archimède

MAIS

2. L'expérience de la natation ne permet pas un meilleur apprentissage du principe d'Archimède

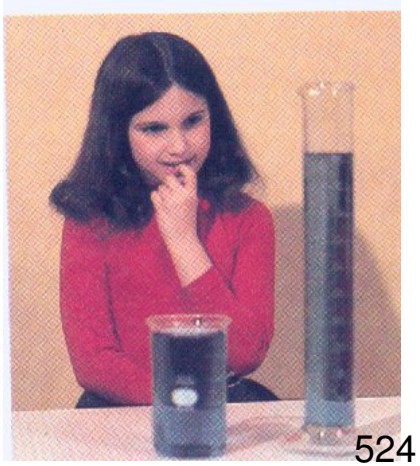
3. La connaissance du principe d'Archimède ne permet pas de mieux apprendre à nager

4. L'expérience de la natation chez des élèves connaissant le principe d'Archimède peut entraîner une « régression cognitive »

Conclusion

La capacité de se représenter la tâche et sa solution semble plus évidente dans le cadre de tâches manipulatoires que dans celui des tâches globales

La plupart des travaux de Piaget ont porté sur des tâches où il s'agissait de manipuler des objets pour résoudre un problème



La pression temporelle

Distinction processus contrôlés/automatiques

Les processus automatiques sont plus rapides, et sont privilégiés en cas de pression temporelle

Les processus automatiques sont imperméables à la conscience

Hypothèse: impossibilité de prendre conscience de ses stratégies dans les activités sous pression temporelle

Keller, Henneman & Alegria (1979)

Analyse de l'activité de gardiens de but en situation de penalty

Comment décident-ils du sens de leur déplacement?

Verbalisation des experts: décision a priori, au hasard

→ Hypothèse:

On devrait donc observer une répartition équiprobable des déplacements droite et gauche

Mais

Observation: les gardiens plongent trop souvent du bon côté

Keller, Henneman & Alegria (1979)

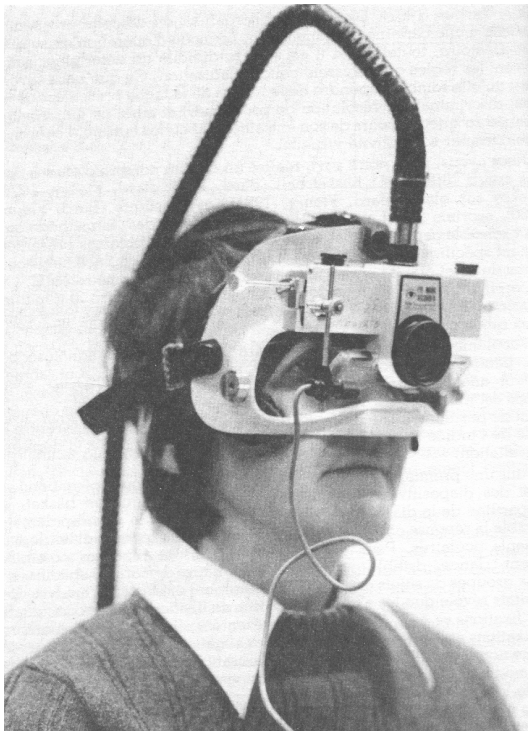
Les gardiens prennent des informations de manière précoce, sur la course d'élan et l'orientation des segments, pour étayer leur prise de décision

Ces processus sont automatiques, les gardiens n'ont pas conscience de les mettre en œuvre

Ripoll, Papin & Simonet (1983)

Analyse du comportement exploratoire visuel chez les sportifs

Utilisation d'un oculomètre NAC

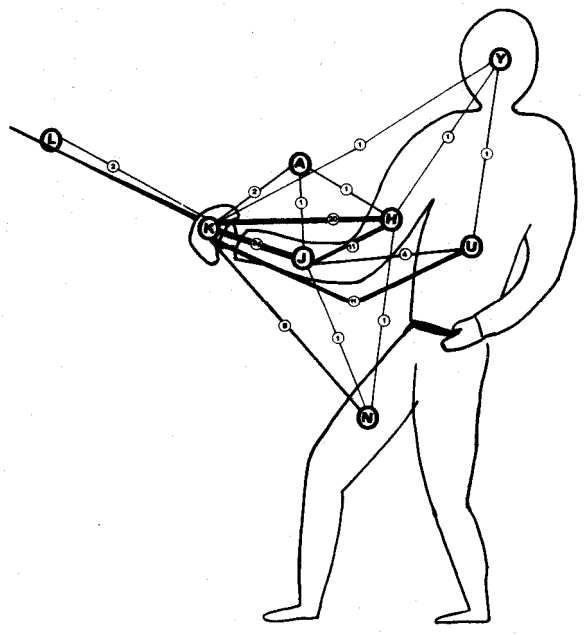


Ripoll, Papin & Simonet (1983)

Exemple de comportement exploratoire visuel

L'expert fixe des zones privilégiées

L'exploration visuelle fonctionne en étoile à partir de ces zones



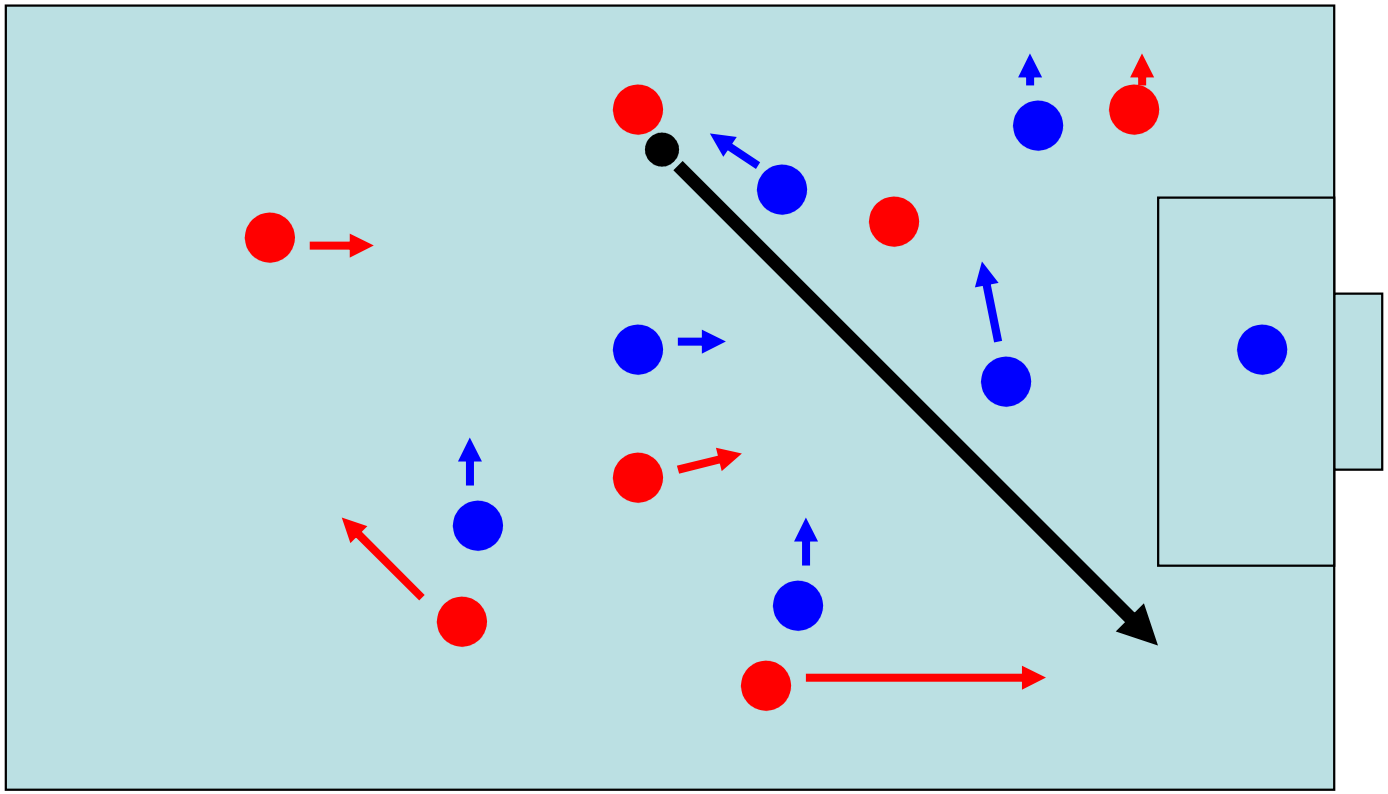
Ripoll, Papin & Simonet (1983)

Incapacité des experts à verbaliser de manière pertinente leurs stratégies exploratoires

Cette distorsion "est bien compréhensible en sport, dans la mesure où ces activités, du fait de leur grande vitesse d'exécution, se déroulent essentiellement sur un registre de fonctionnement infraverbal, excluant par là même toute forme de raisonnement hypothético-déductif" (Ripoll, Papin & Simonet , 1983)

Vom Hofe (1991)

Tâche: sur la base de configurations de jeu en football, trouver des solutions pour le porteur de balle



Vom Hofe (1991)

Deux conditions:

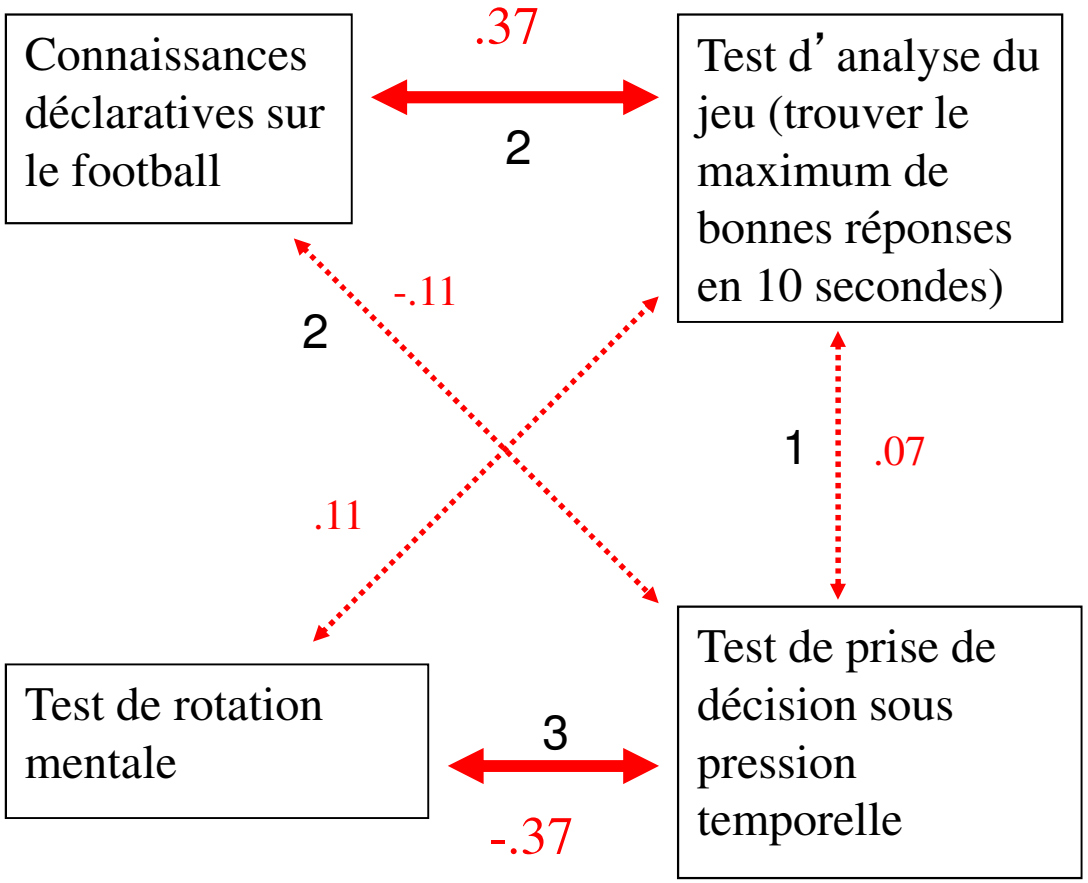
1. Trouver le maximum de solution en 10 secondes
   (activité d'analyse sans pression temporelle)
2. Trouver une solution le plus vite possible
   (décision sous pression temporelle)

Deux tests supplémentaires:

- Connaissances déclaratives sur le football

- Test de rotation mentale (vitesse de reconnaissance des formes)

Vom Hofe (1991)



Conclusion

La pression temporelle oblige les sujets à mobiliser des processus automatiques

La prise de conscience des moyens utilisés est alors difficile, ou erronée

Plan du cours

Introduction : définitions

1. Habileté et traitement de l'information
2. L'approche dynamique: la coordination comme propriété émergente
3. Les étapes de l'apprentissage moteur
4. Apprentissage et efficience
5. Apprentissage et conditions d'apprentissage
6. Apprentissage et connaissances