

CM 5

Neurosciences et apprentissage moteur

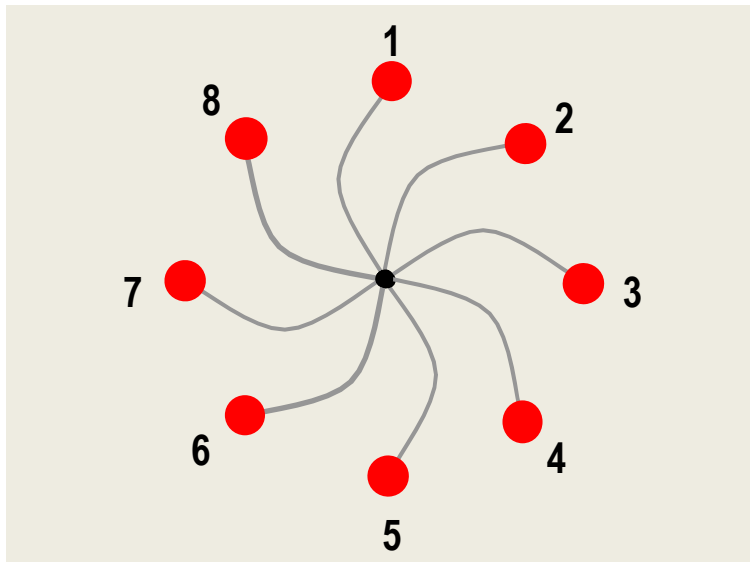
Arnaud Boutin

arnaud.boutin@universite-paris-saclay.fr

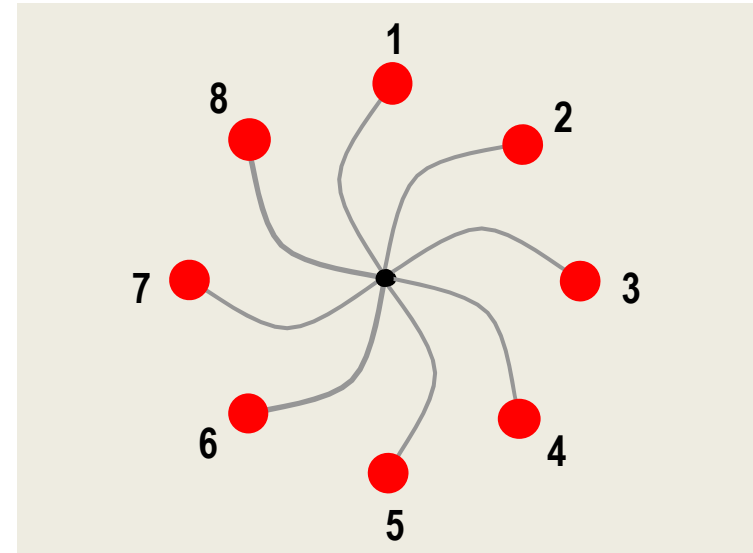
Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice

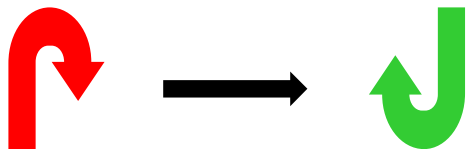
Adaptation Motrice



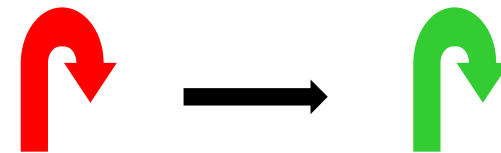
Condition Contrôle



Condition inverse

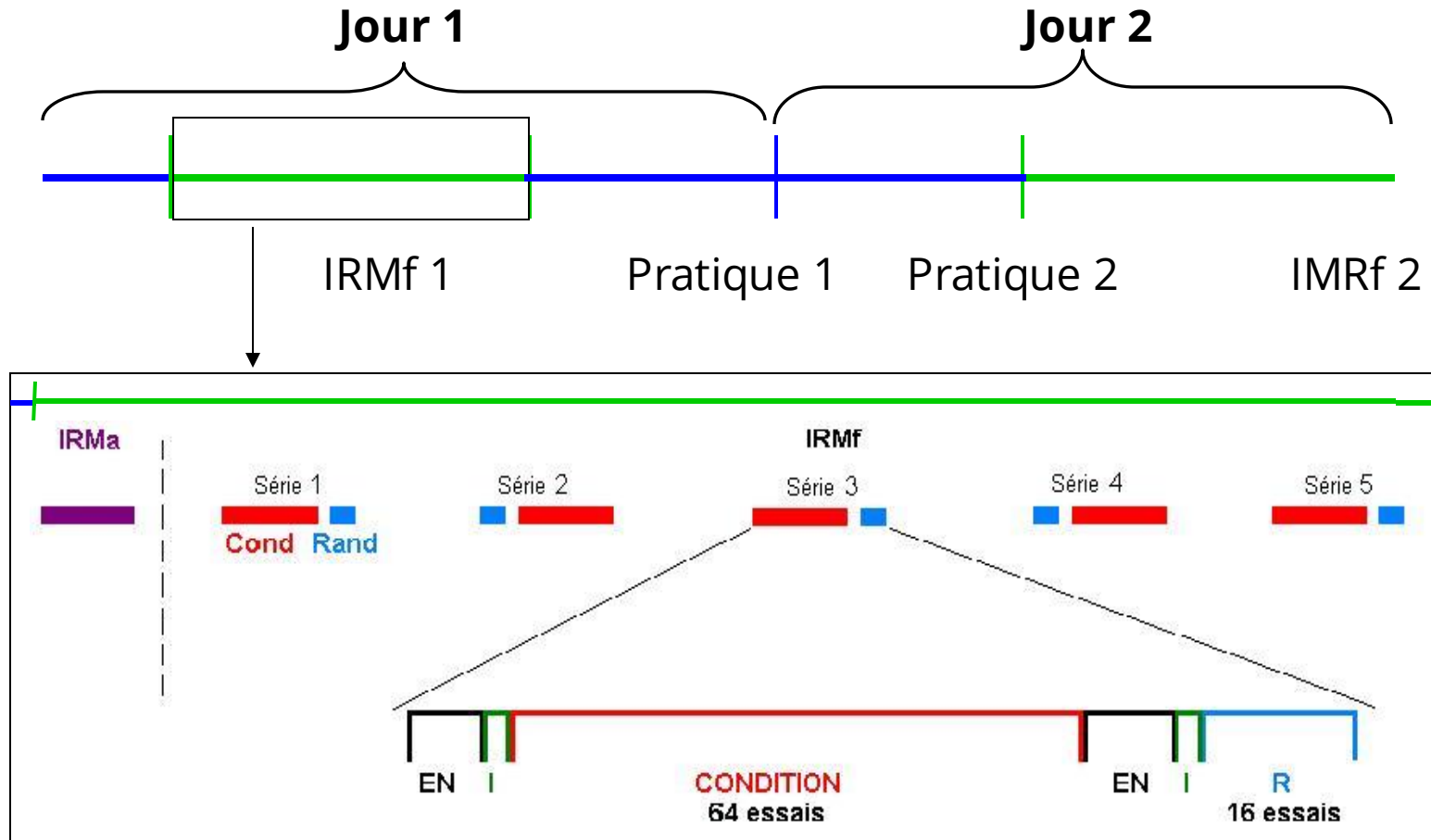


Condition directe



Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

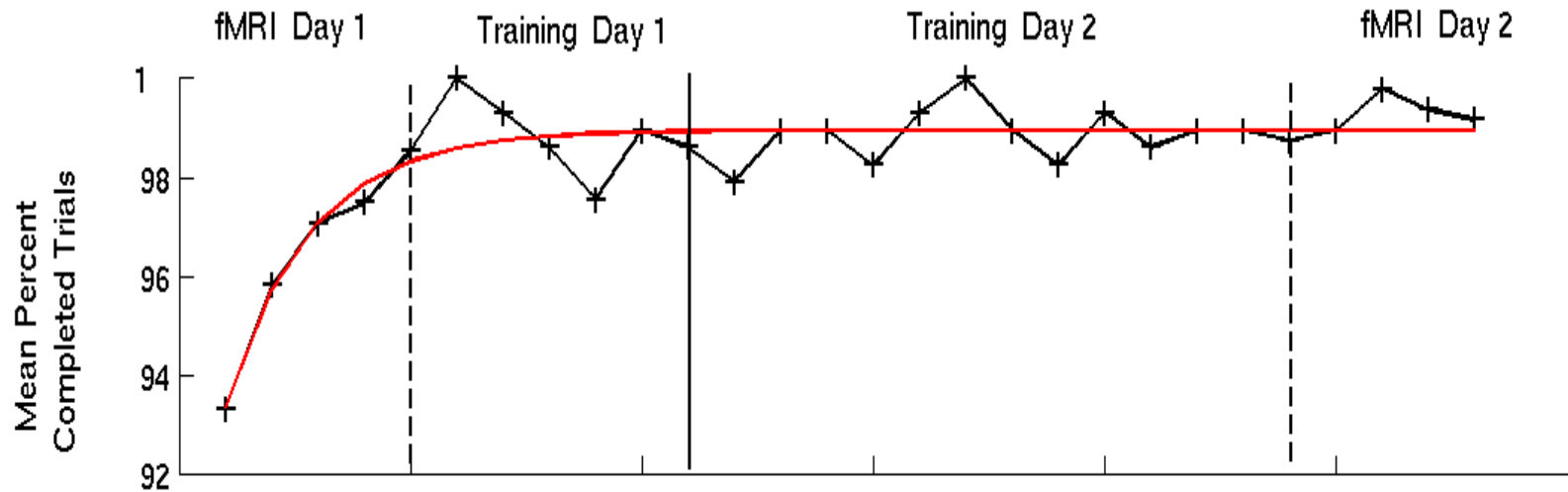
Adaptation sensorimotrice



Doyon et al., 2008, Beh Brain Res

Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

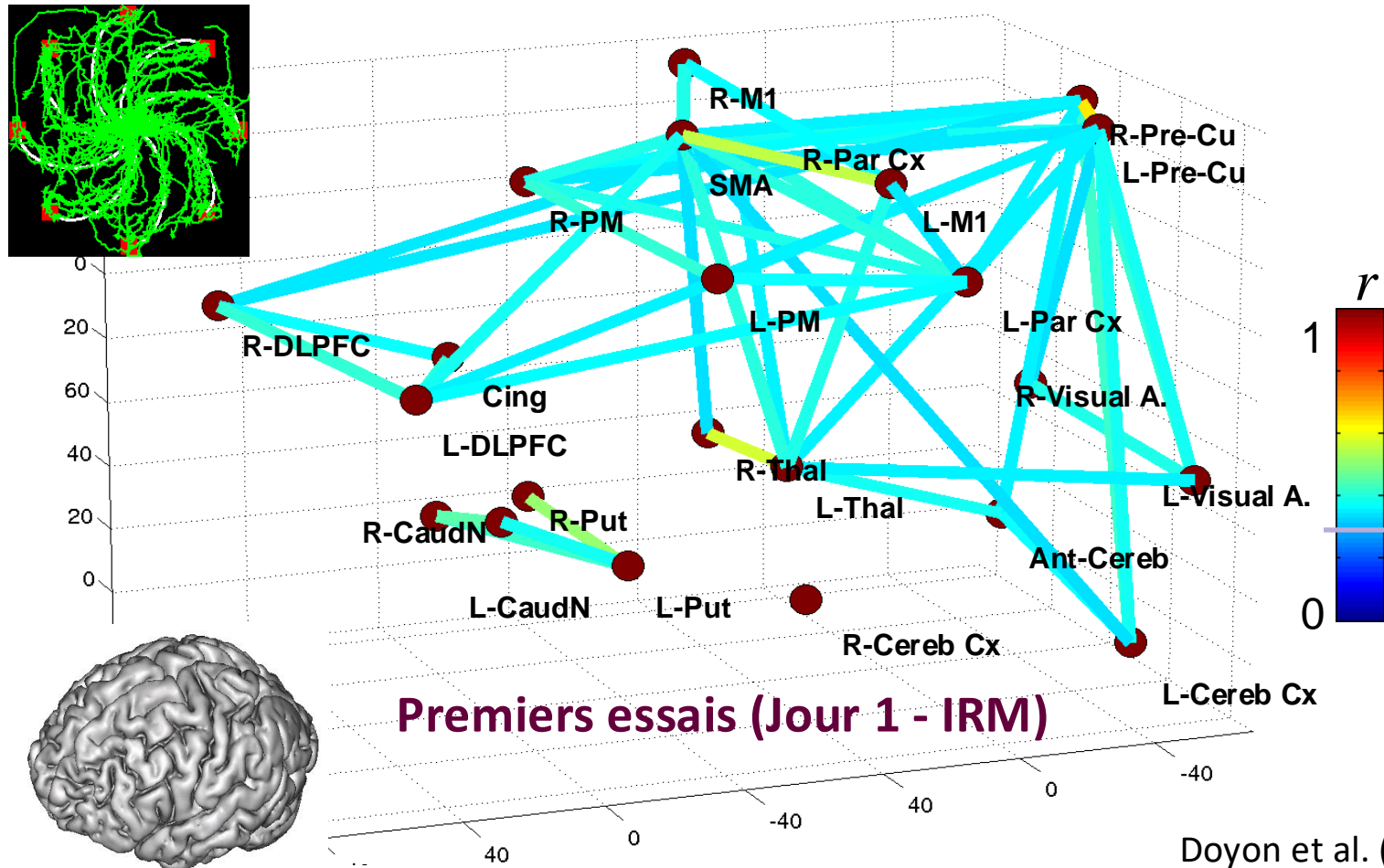
Adaptation sensorimotrice



Doyon et al. (2008)

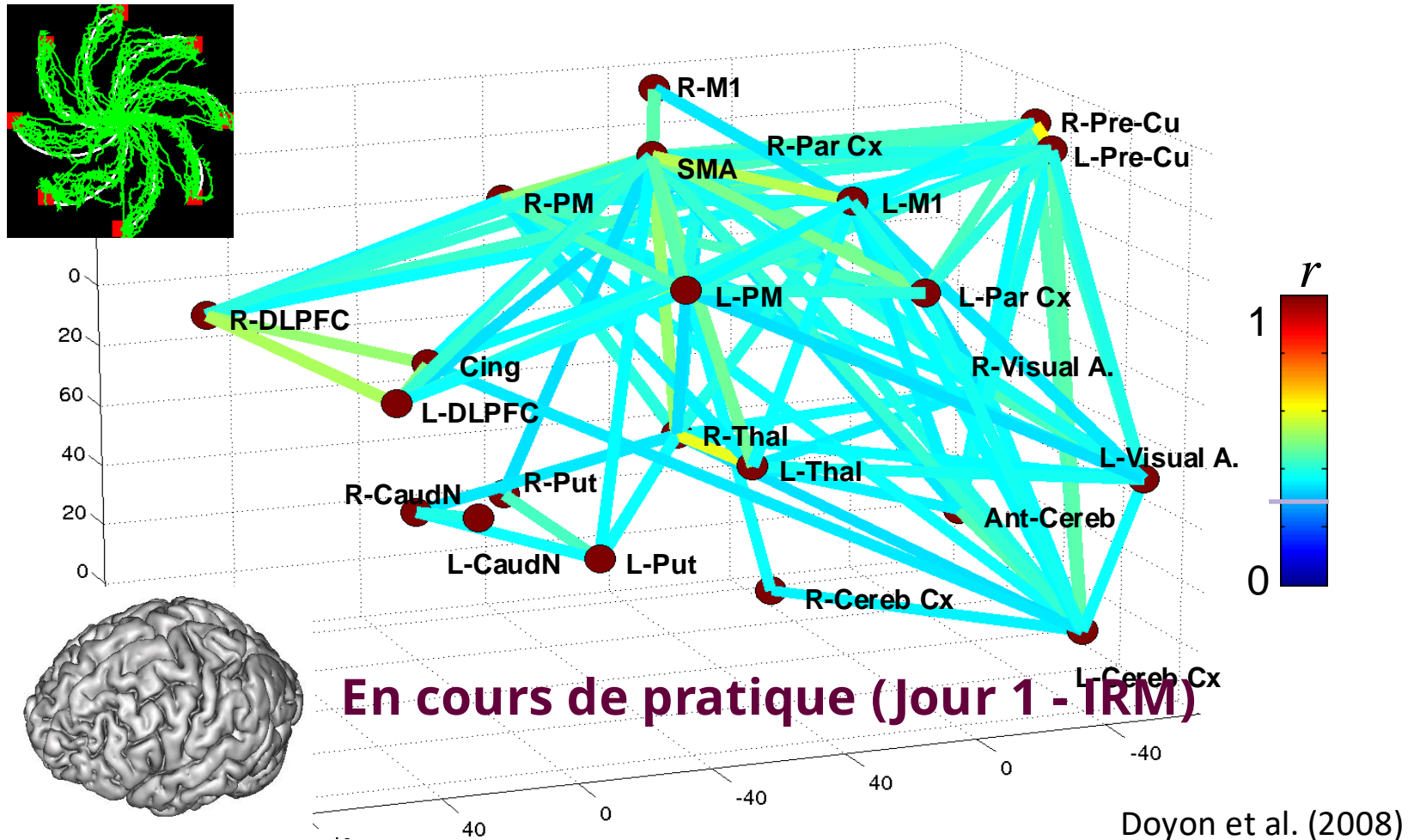
Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice



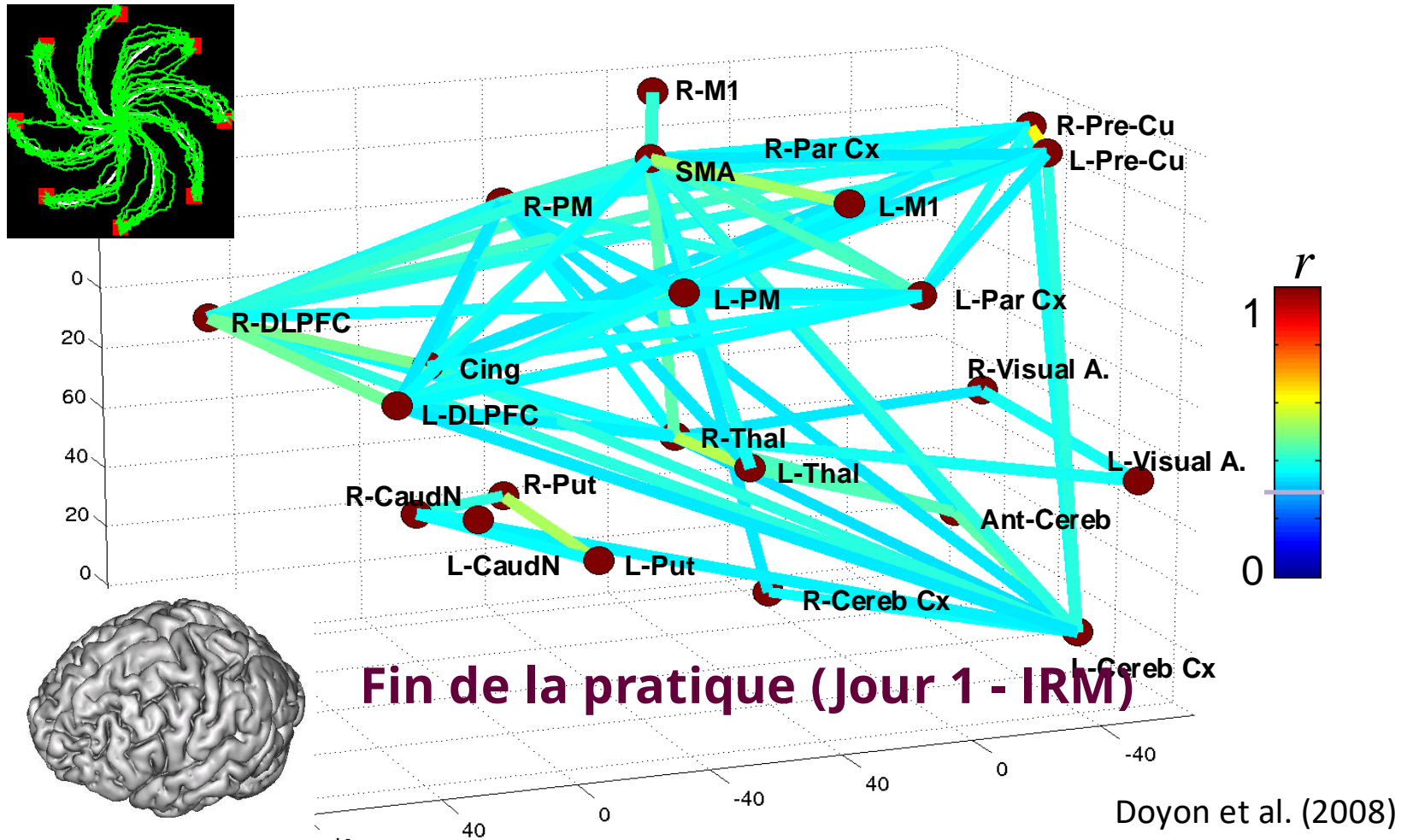
Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice



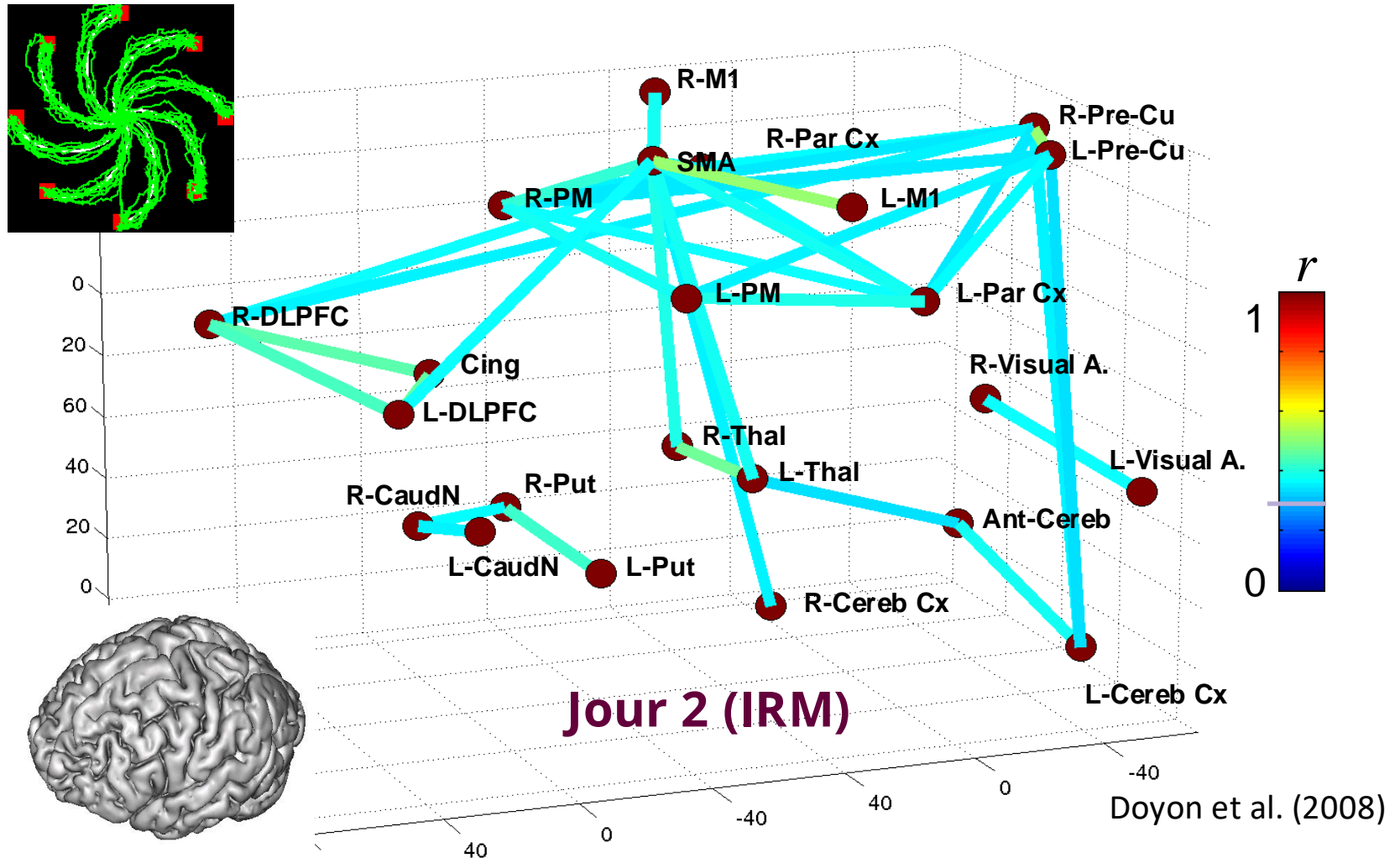
Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice



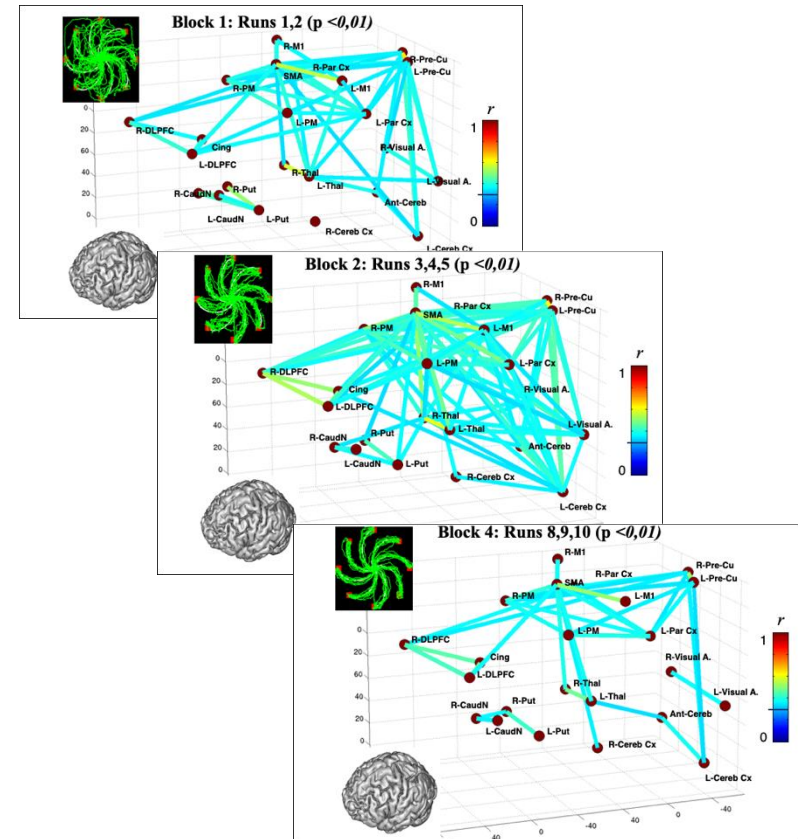
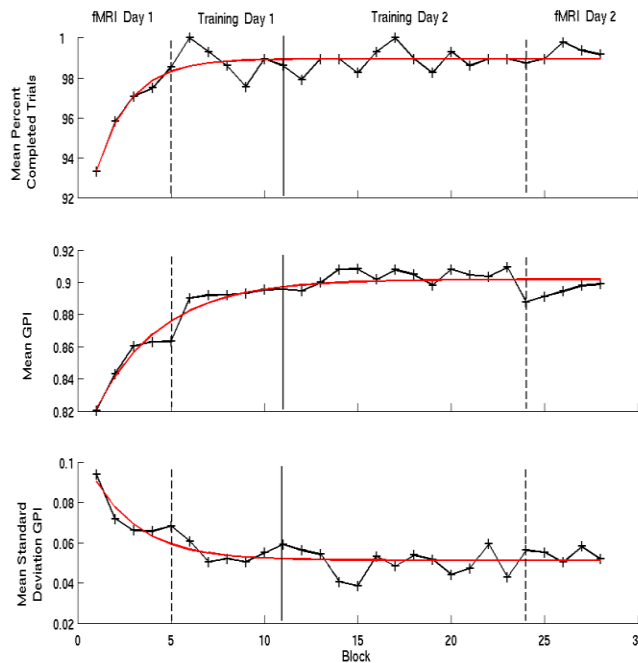
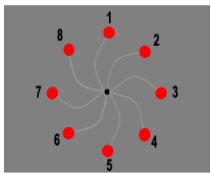
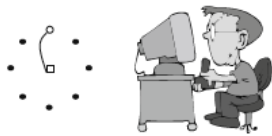
Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice



Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice



Doyon et al. 2008 Behav Brain Res

Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice

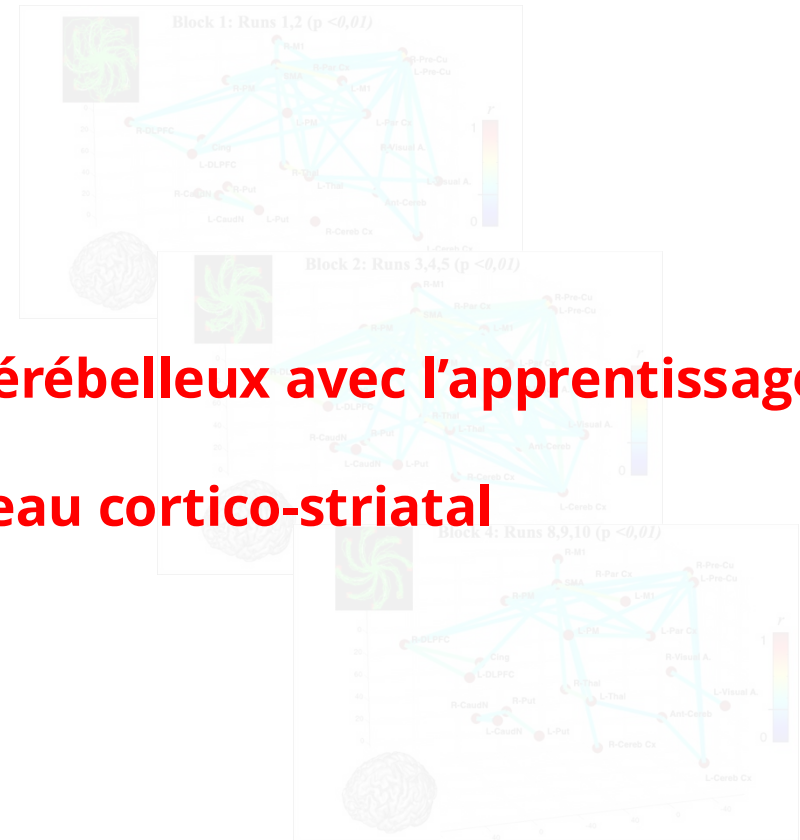
- Interaction et augmentation des connections fonctionnelles entre les réseaux cortico-striataux et cortico-cérébelleux dans les premiers stades d'apprentissage (au cours de la phase d'acquisition)
- Spécialisation du système cortico-cérébelleux avec la pratique et l'expertise dans l'adaptation d'habiletés sensori-motrices
- La performance dans la phase d' « automatisation » repose sur l'intervention des structures corticales et sous-corticales du système cortico-cérébelleux

Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice



Spécialisation du réseau cortico-cérébelleux avec l'apprentissage
Indépendance du réseau cortico-striatal



Doyon et al. 2008 Behav Brain Res

Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice et corrections d'erreurs

Brain (1996), 119, 1183–1198

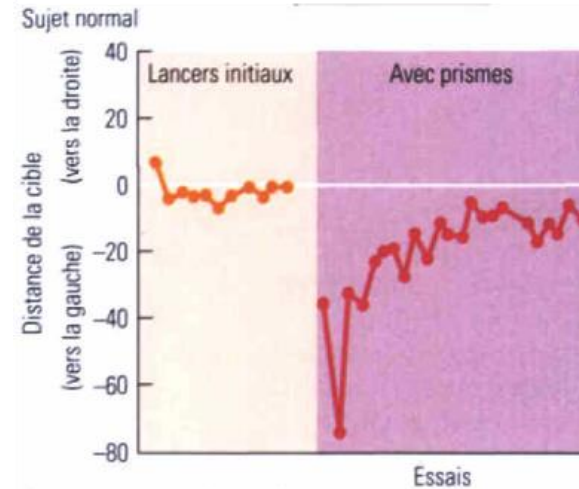
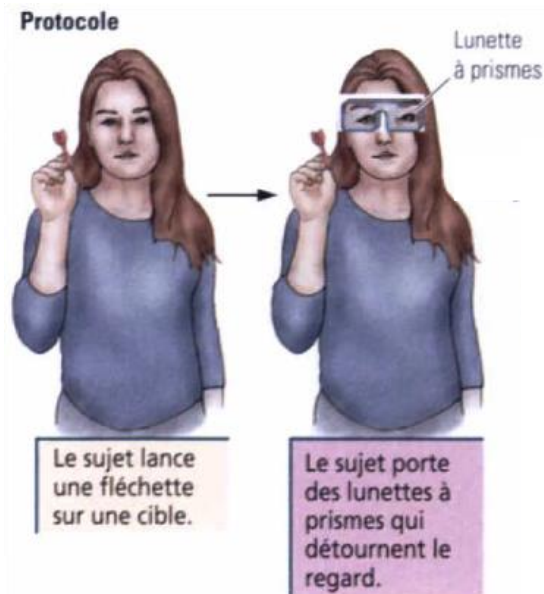
Throwing while looking through prisms

I. Focal olivocerebellar lesions impair adaptation

T. A. Martin,¹ J. G. Keating,¹ H. P. Goodkin,¹ A. J. Bastian² and W. T. Thach^{1,3,4}

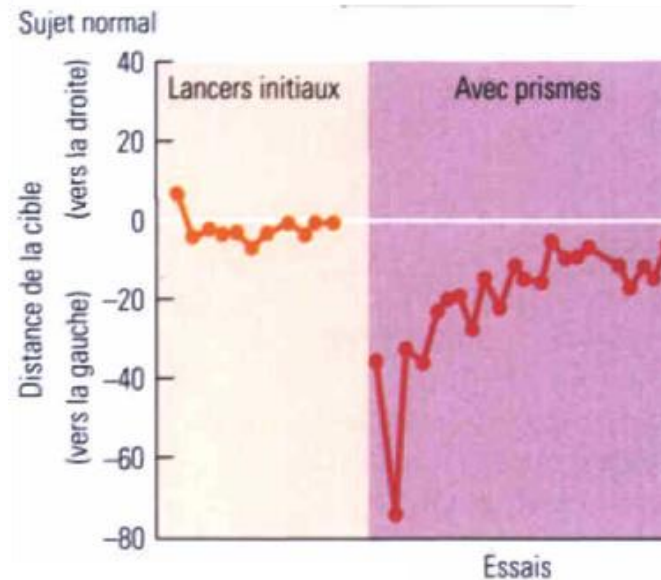
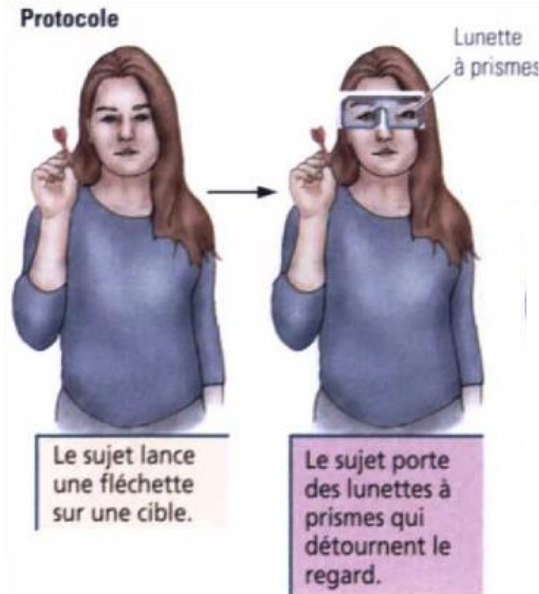
¹Department of Anatomy and Neurobiology, ²The Program in Physical Therapy, ³Department of Neurology and Neurological Surgery, and ⁴The Irene Walter Johnson Institute of Rehabilitation Research, Washington University School of Medicine, St Louis, USA

Correspondence to: W. T. Thach, MD, Department of Anatomy and Neurobiology, Washington University School of Medicine, 660 S. Euclid Avenue, Box 8108, St Louis, MO 63110, USA



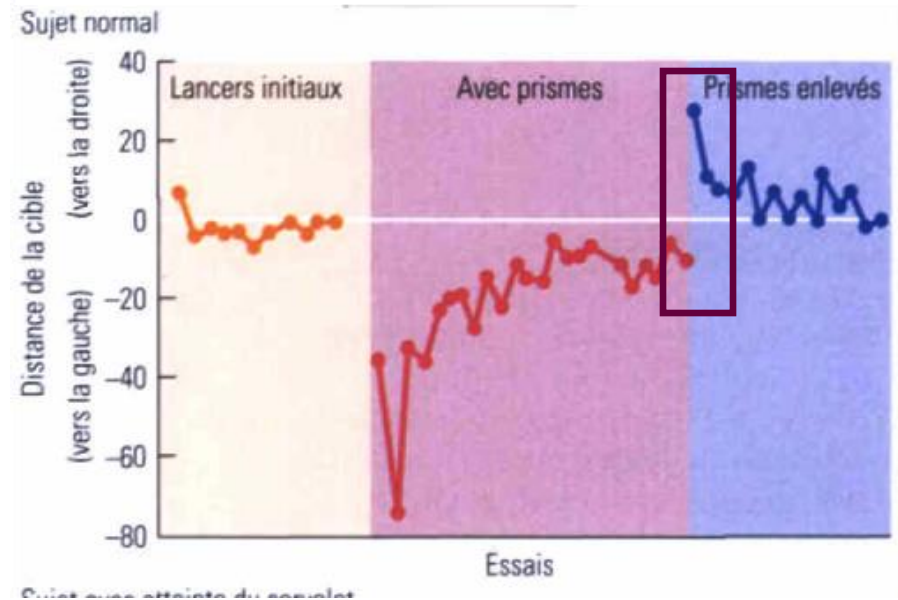
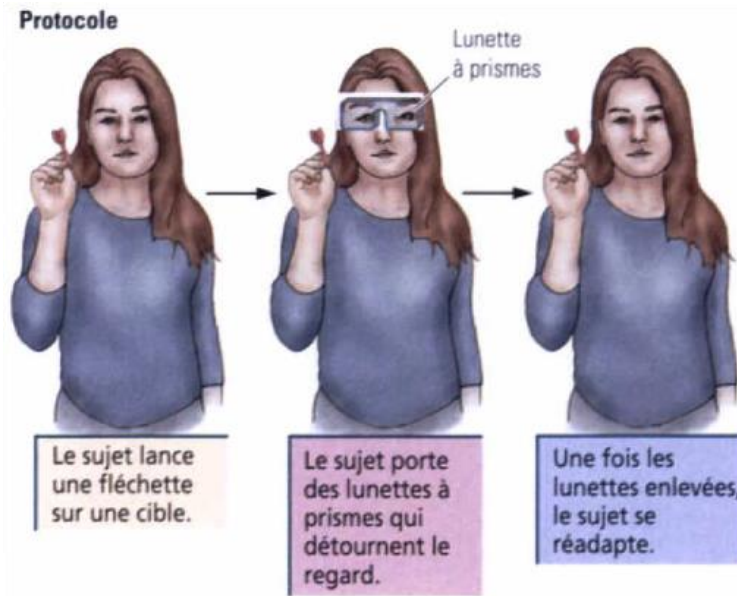
Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice et corrections d'erreurs



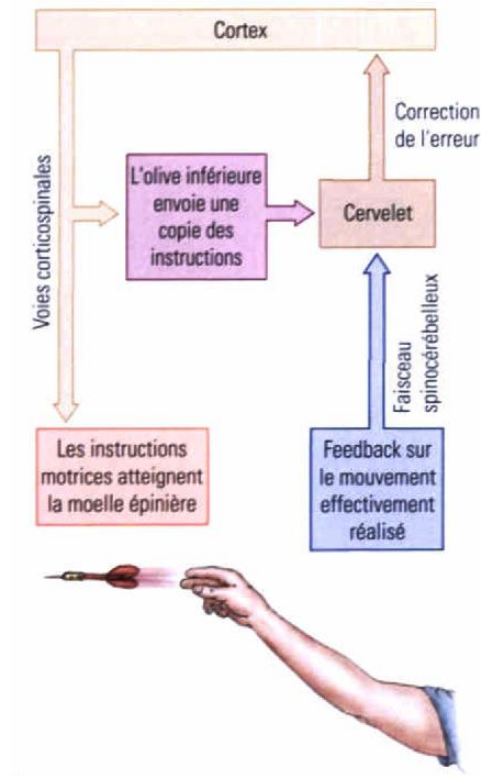
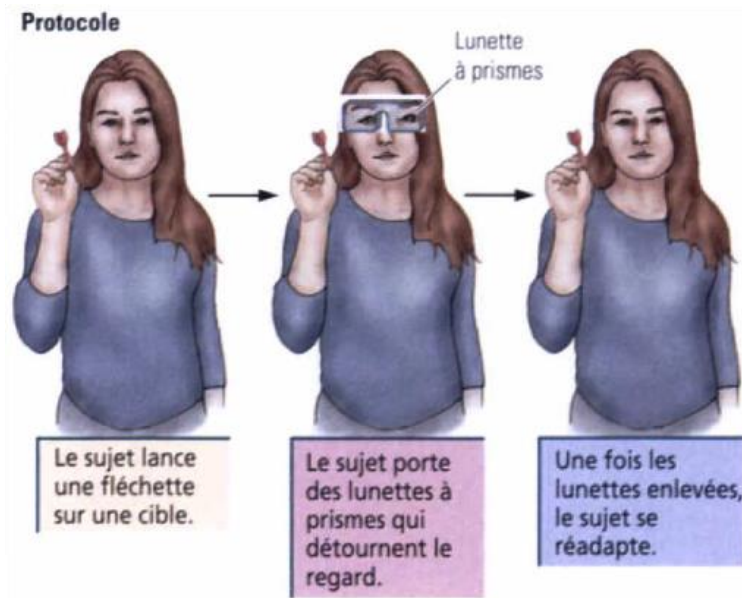
Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice et corrections d'erreurs



Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice et corrections d'erreurs



Un circuit de feedback permet au cervelet de corriger les mouvements. Le cervelet reçoit une information concernant les instructions envoyées aux neurones moteurs par l'olive inférieure. Il reçoit aussi une information sur le mouvement effectivement réalisé par le faisceau spinocérébelleux (il s'agit d'une voie sensorielle véhiculant les informations à partir de la moelle épinière vers le cervelet et qui fournit des renseignements sur les mouvements effectivement réalisés). En comparant le message sur le mouvement programmé et celui sur le mouvement réel, le cervelet peut envoyer un message au cortex sur la façon de corriger le mouvement présent et d'améliorer la précision du suivant.

Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice et corrections d'erreurs

De la détection de l'erreur (spatiale) motrice à sa correction

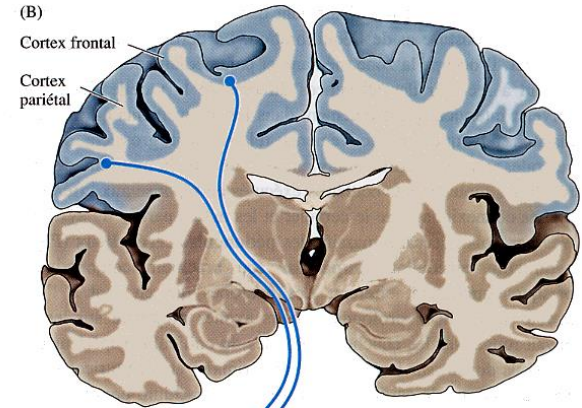
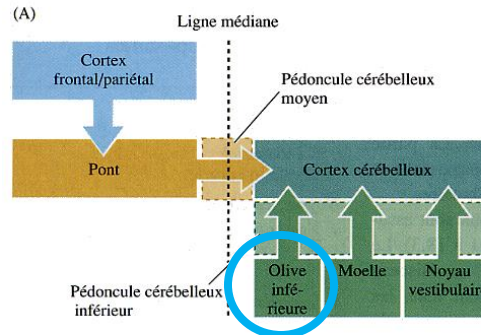
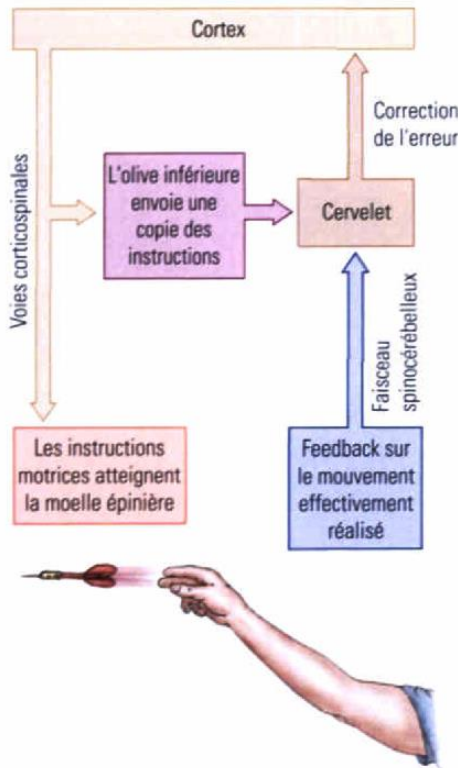
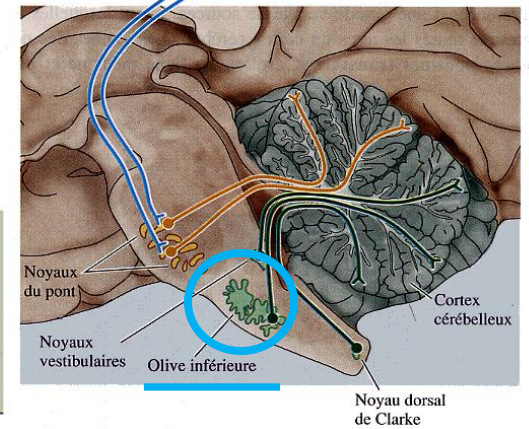


Figure Organisation fonctionnelle des afférences cérébelleuses. (A) Schéma des principales afférences. (B) Coupes frontale et sagittale de principe d'un cerveau humain, montrant les afférences cérébelleuses issues du cortex, du système vestibulaire, de la moelle et du tronc cérébral. Les projections corticales vers le cervelet font relais par les neurones de relais du pont. Les axones de ces neurones croisent la ligne médiane dans le pont et gagnent le cervelet par le pédoncule cérébelleux moyen. Les fibres venant de l'olive inférieure, de la moelle et des noyaux vestibulaires empruntent le pédoncule cérébelleux inférieur.



Principales afférences cérébelleuses (empruntant les pédoncules cérébelleux moyens et inférieurs)

Venant du cortex cérébral :

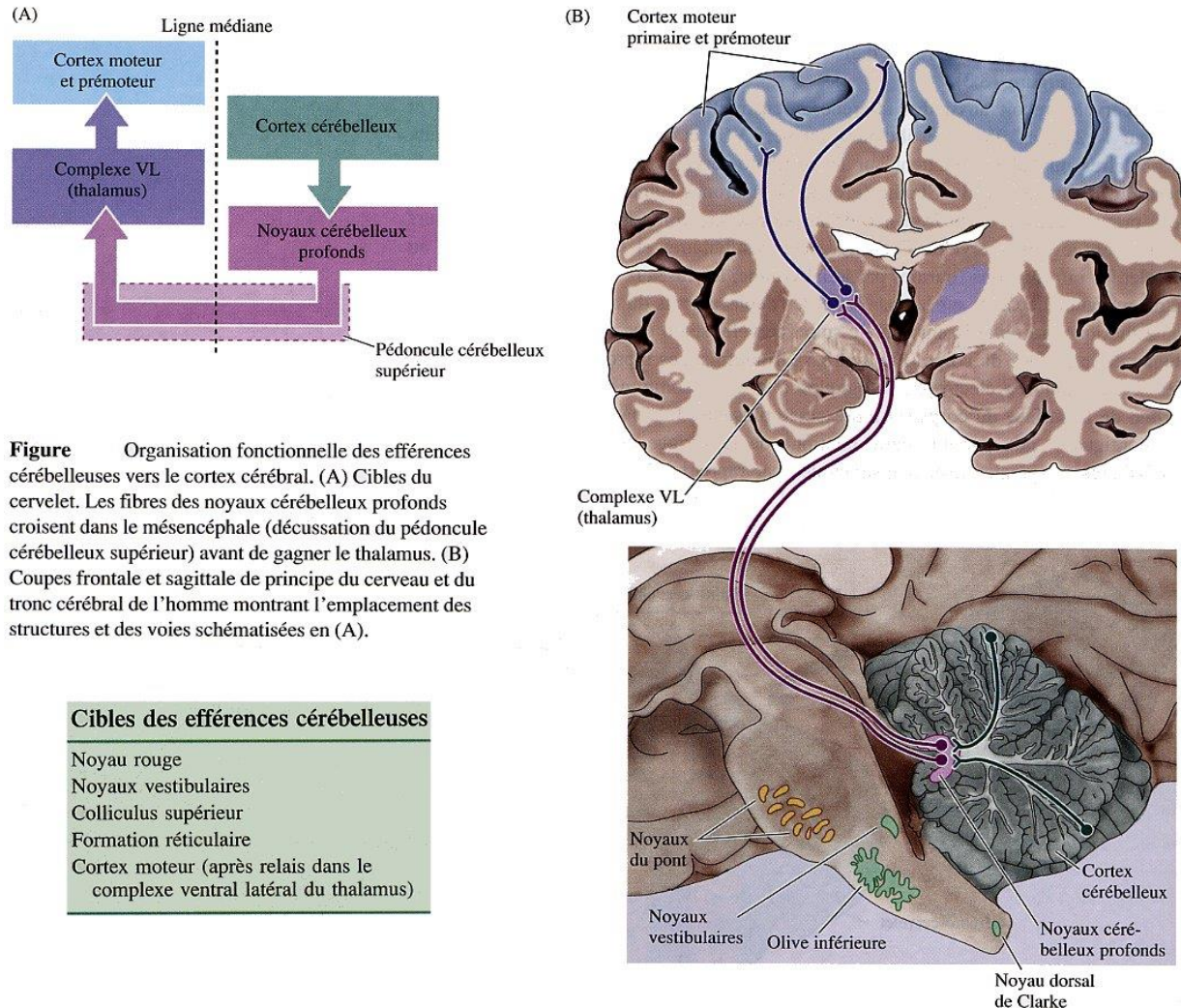
- Cortex pariétal (visuel secondaire, somesthésique primaire et secondaire)
- Cortex cingulaire (limbique)
- Cortex frontal (moteur primaire et secondaire)

Autres sources :

- Noyau rouge
- Colliculus supérieur
- Moelle épinière (colonne de Clarke)
- Labyrinthe et noyaux vestibulaires
- Formation réticulaire
- Noyau de l'olive inférieure
- Locus caeruleus

Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

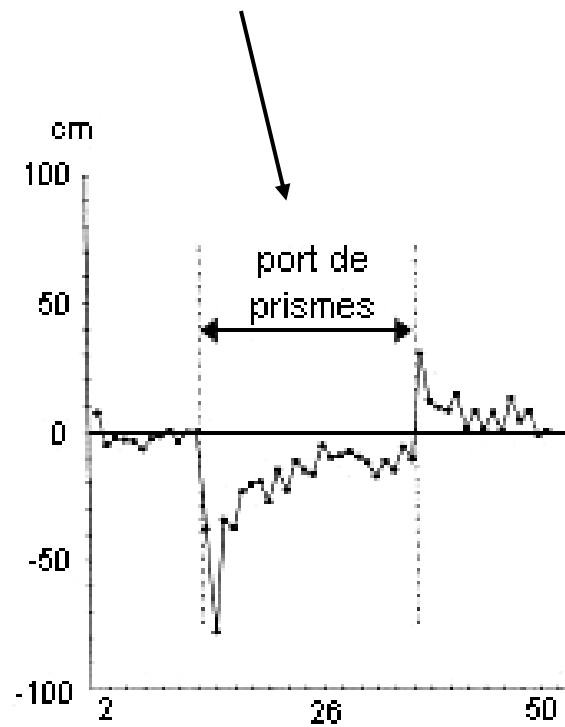
De la détection de l'erreur (spatiale) motrice à sa correction



Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice et corrections d'erreurs

Adaptation sensorimotrice

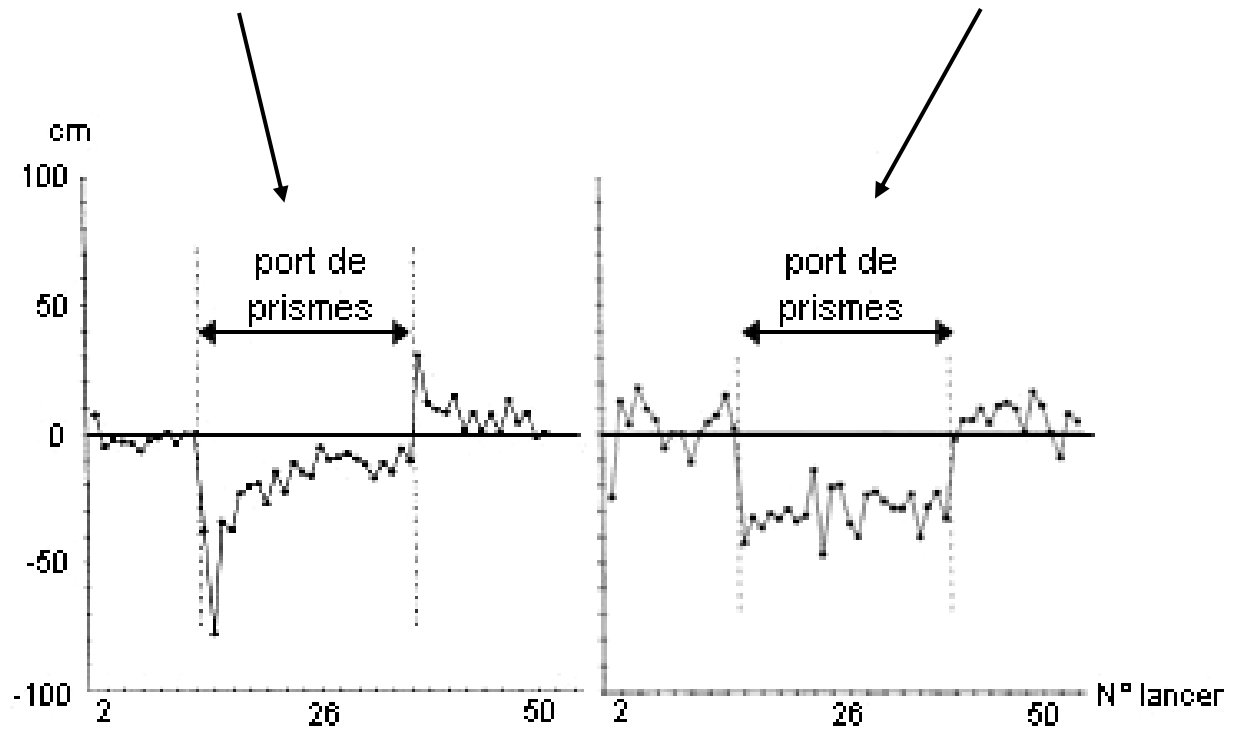


Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice et corrections d'erreurs

Adaptation sensorimotrice

Syndrome cérébelleux



Bases neurobiologiques de l'apprentissage moteur

Adaptation sensorimotrice

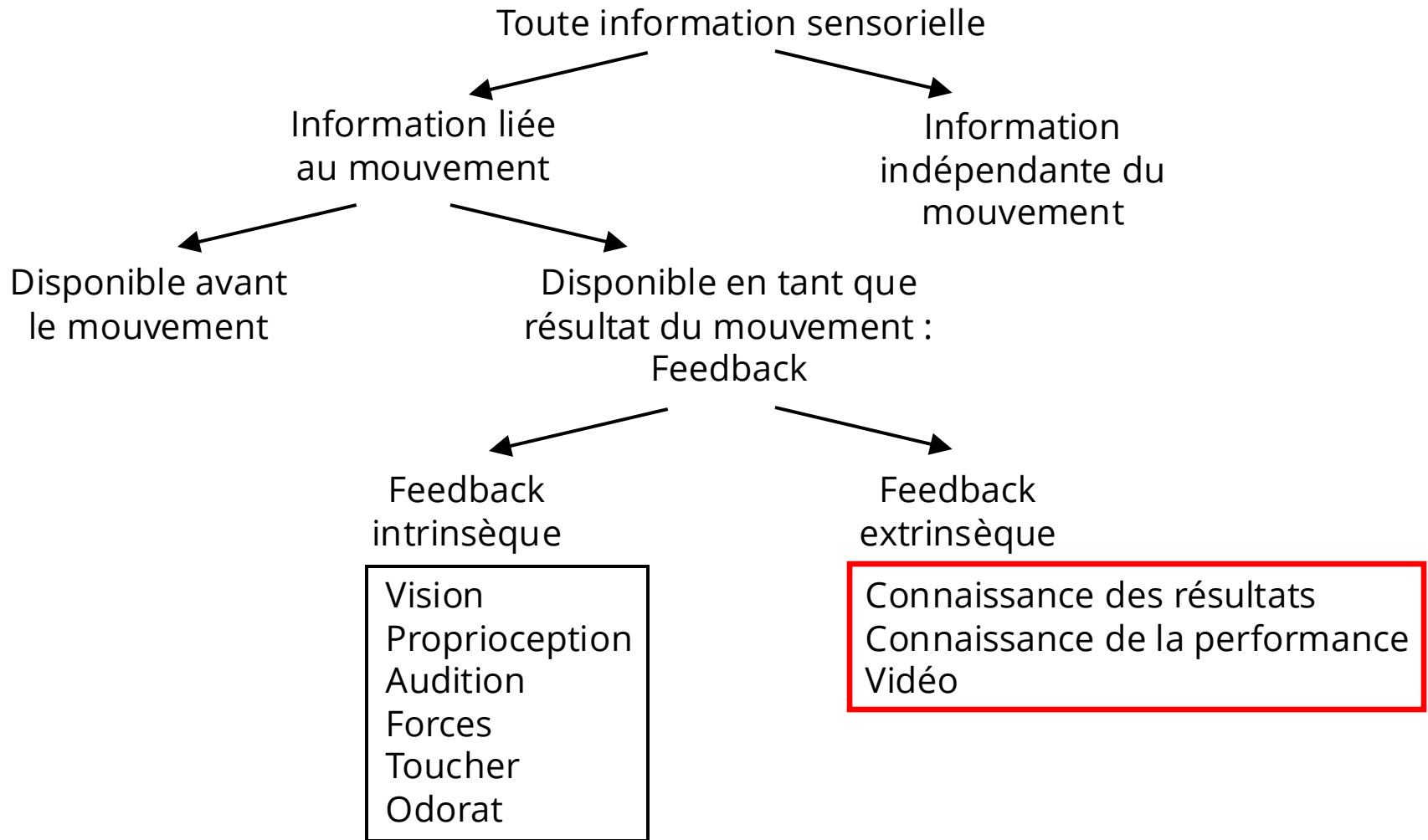
Perception:
Inverted Vision

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Rétroaction (feedback) : Le feedback informe l'individu sur son résultat et sur sa performance. Disponible avant, pendant ou après l'exécution d'un geste : il peut être **intrinsèque** ou **extrinsèque**



Apprentissage moteur : Rôle du feedback



Système de classification de l'information sensorielle (Schmidt, 1991)

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Rétroaction (feedback) : Le feedback informe l'individu sur son résultat et sur sa performance. Disponible avant, pendant ou après l'exécution d'un geste : il peut être **intrinsèque** ou **extrinsèque**

Connaissance de la performance (CP) : ce feedback aide à évaluer la qualité technique de la performance. Informations sur le mouvement réalisé



Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Rétroaction (feedback) : Le feedback informe l'individu sur son résultat et sur sa performance. Disponible avant, pendant ou après l'exécution d'un geste : il peut être **intrinsèque** ou **extrinsèque**

Connaissance de la performance (CP) : ce feedback aide à évaluer la qualité technique de la performance. Informations sur le mouvement réalisé

Connaissance du résultat (CR) : c'est la référence, le feedback utilisé par un individu pour vérifier s'il a, oui ou non, atteint l'objectif visé



Apprentissage moteur : Rôle du feedback

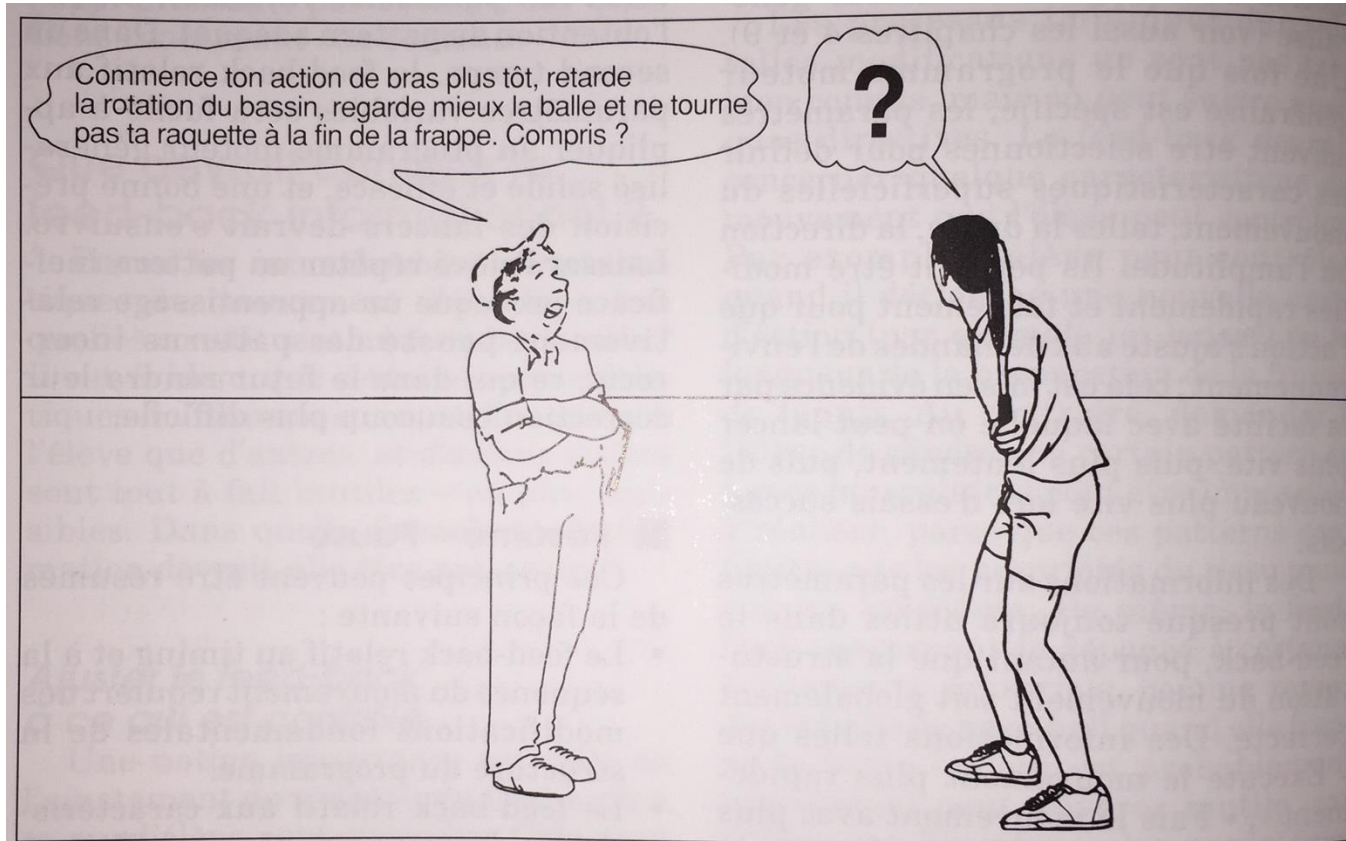
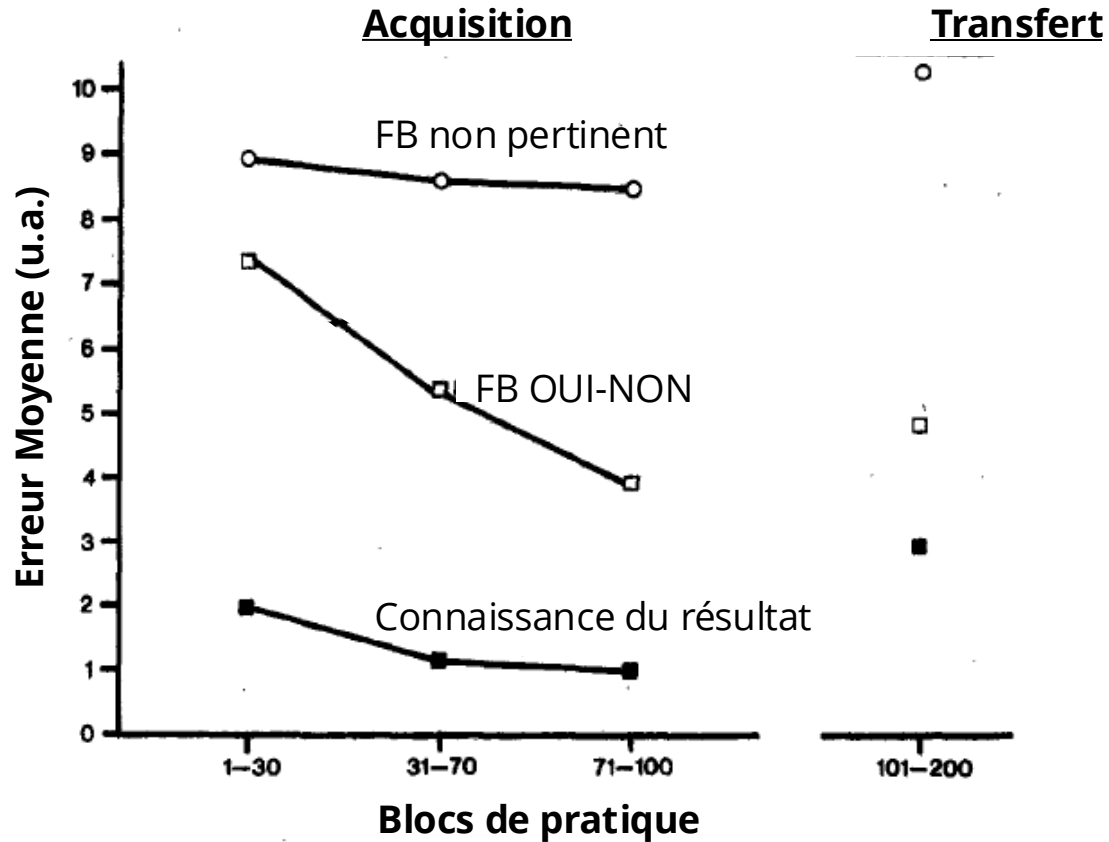


Figure 10.5.

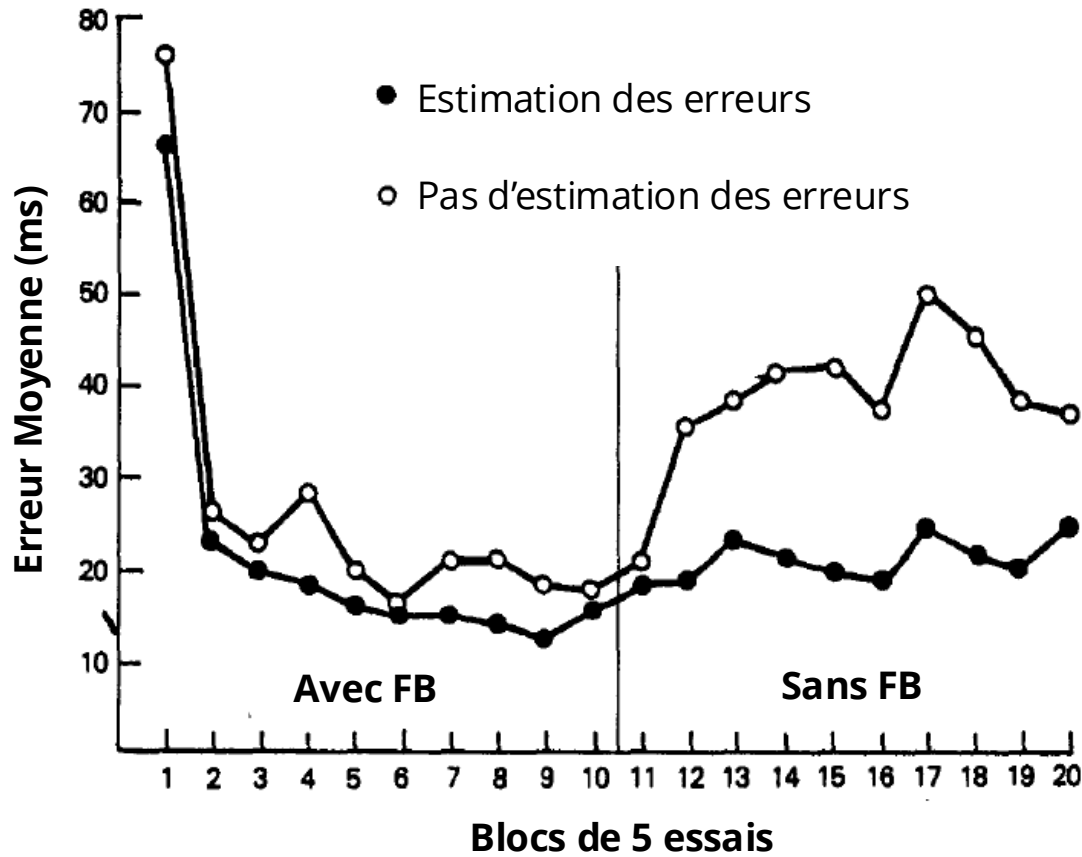
Le feed-back devrait être facile à comprendre et limité à une caractéristique unique de l'action.

Apprentissage moteur : Rôle du feedback



d'après Trowbridge & Cason (1932)

Apprentissage moteur : Rôle du feedback



d'après Hogan & Yanowitz (1978)

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Fréquence optimale du feedback extrinsèque

Trop de feedback pourrait nuire parce que ...

- Souvent le participant peut lui-même évaluer sa performance
- Le feedback extrinsèque se substitue au feedback intrinsèque
- Peut entraîner des corrections inopportunes (variabilité excessive)

Une façon optimale de présenter le feedback ?

⇒ Diminuer la fréquence du feedback

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Fréquence optimale du feedback extrinsèque

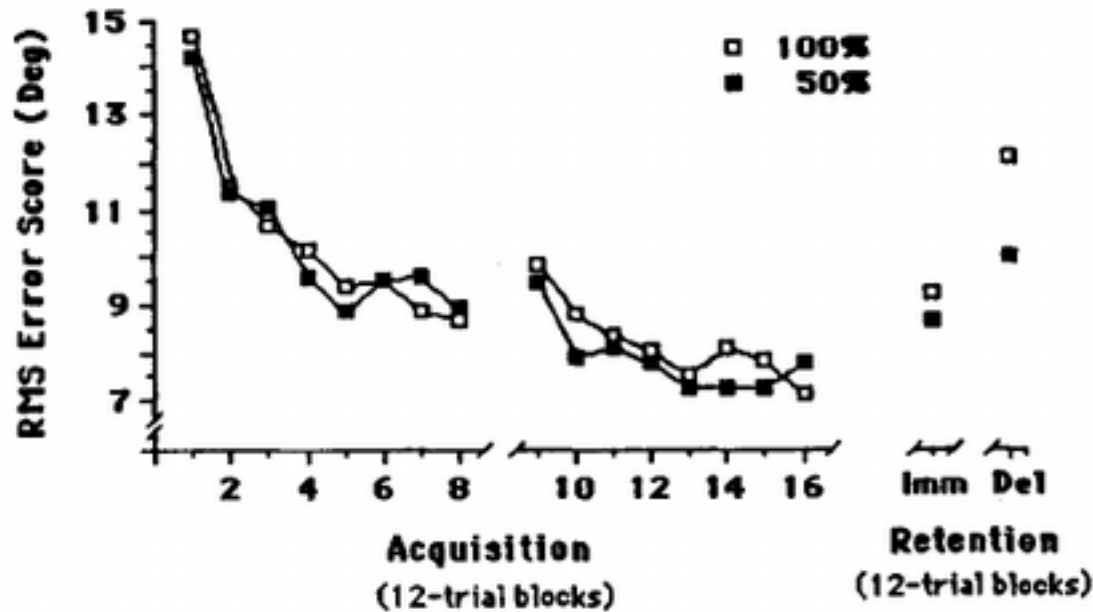
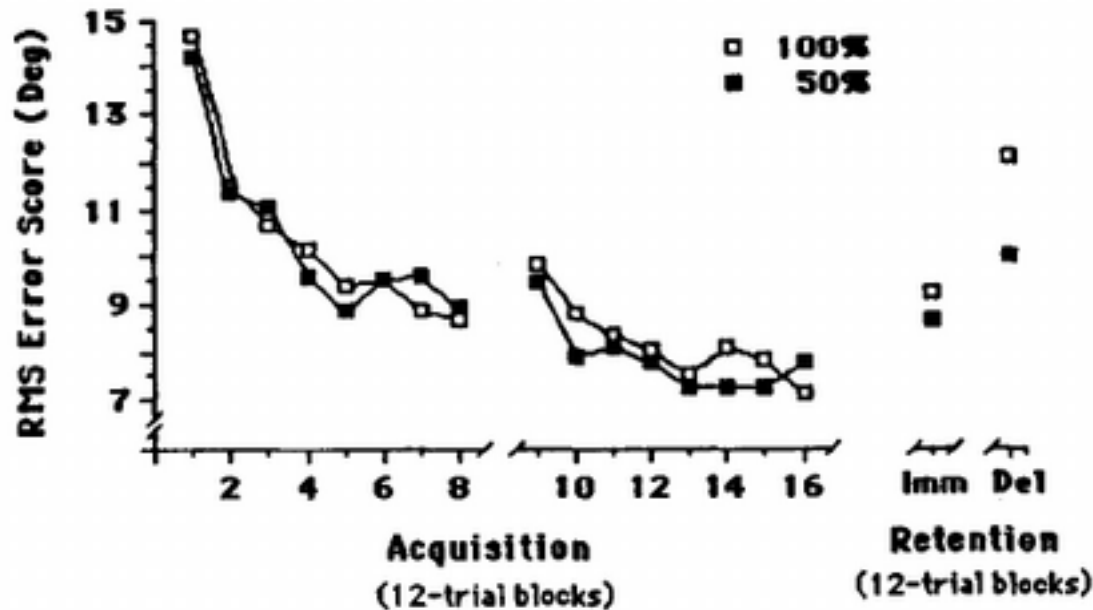


Figure 3. Average root-mean-squared (RMS) error for the two acquisition KR relative frequency conditions for Day 1 (Blocks 1–8), Day 2 (Blocks 9–16), immediate, and delayed no-KR retention tests in Experiment 2. (KR = knowledge of results.)

Winstein & Schmidt (1990)

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Fréquence optimale du feedback extrinsèque



Imm : Rétention Immédiate

Del : Rétention à 24h

RMSE : Erreur Quadratique Moyenne

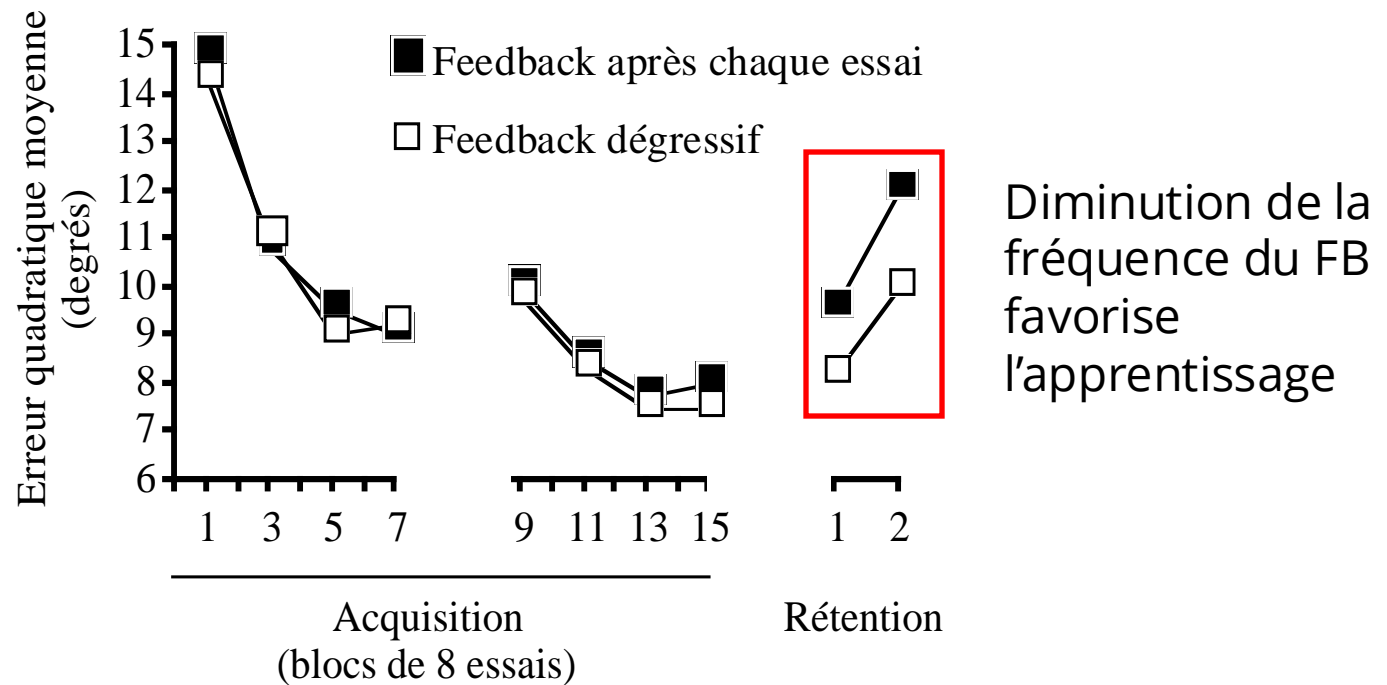
Winstein & Schmidt (1990)

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Fréquence optimale du feedback extrinsèque

Façon optimale de présenter le FB ? Diminuer la fréquence du FB...

Expérience : 100% vs. diminution de 100% à 25% au cours de la pratique



Winstein & Schmidt (1990)

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Fréquence optimale du feedback extrinsèque

Une façon optimale de présenter le feedback ?

⇒ Seuil de tolérance : un feedback est donné seulement si je m'écarte de X % de l'objectif (feedback hors-limites)

Tâche d'abattement de plaquettes (Lee & Carnahan, 1990)

Feedback si je m'éloigne de 5% (BW-5%) ou de 10% (BW-10%) du temps cible

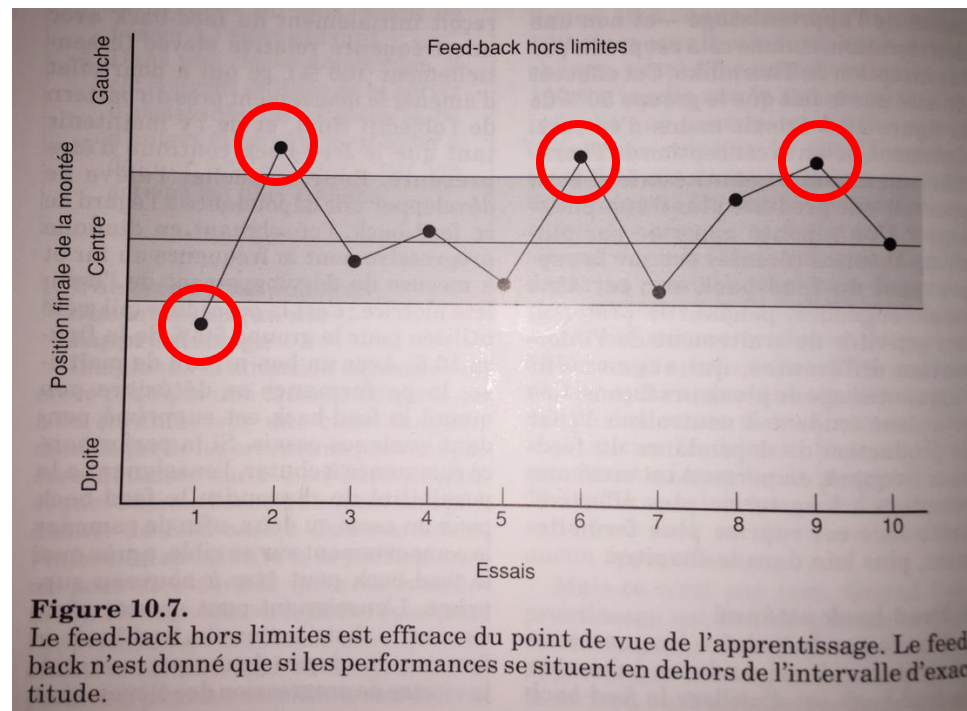
Des groupes **paillés** recevront un feedback aux mêmes essais que les sujets des deux autres groupes, sans être en fonction de leur propre performance

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Fréquence optimale du feedback extrinsèque

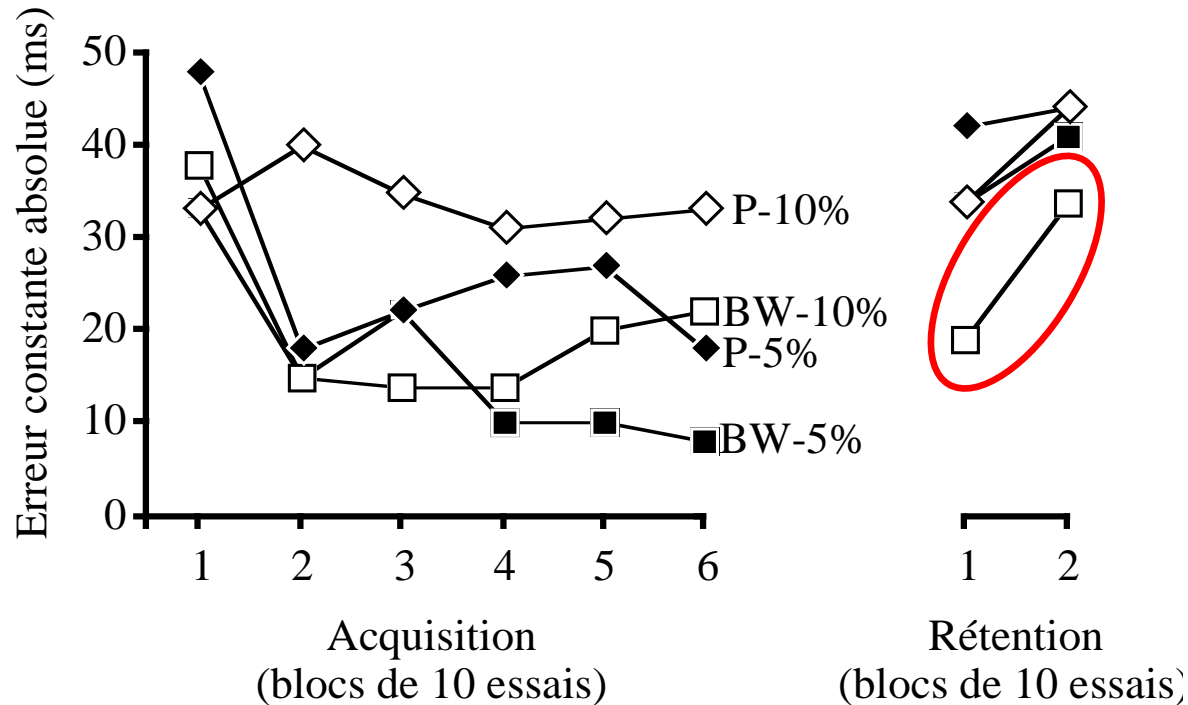
Une façon optimale de présenter le feedback?

⇒ Seuil de tolérance : un feedback est donné seulement si je m'écarte de X % de l'objectif (feedback hors-limites)



Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Fréquence optimale du feedback extrinsèque



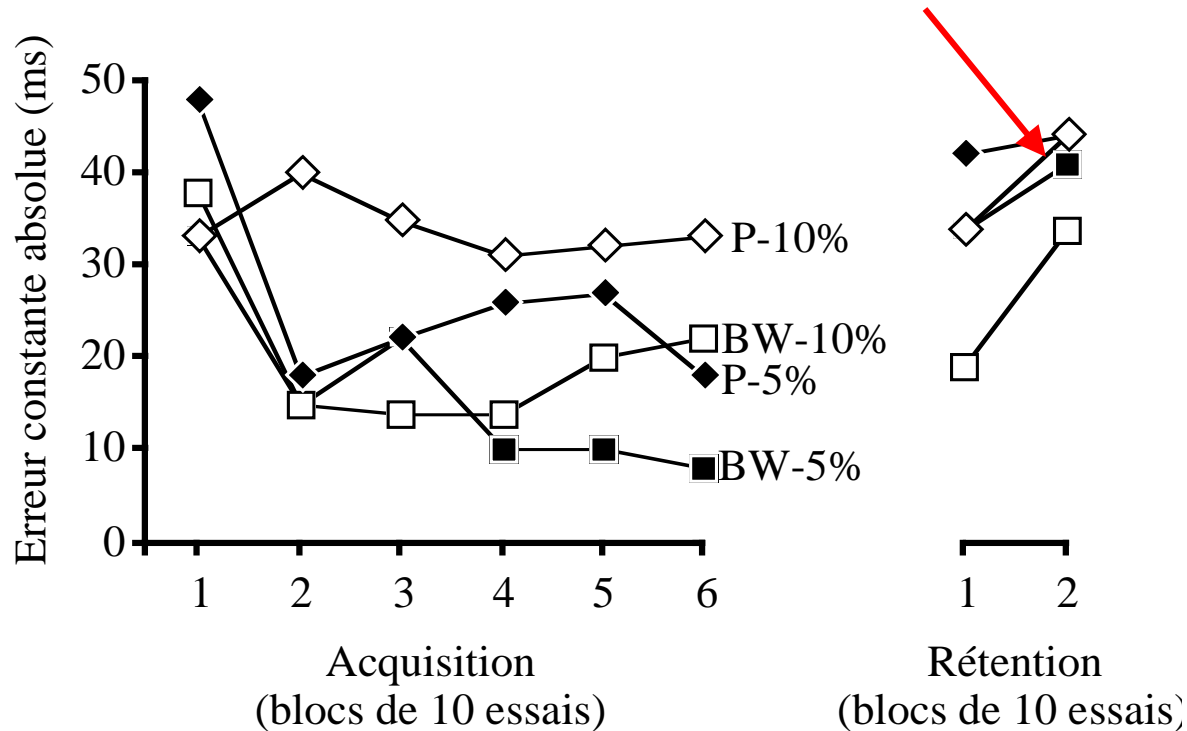
BW (bandwidth) : Seuil de tolérance
P (paired) : groupes pairés

Lee & Carnahan (1990)

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Fréquence optimale du feedback extrinsèque

Si le seuil de tolérance (BW) est trop petit alors il y a trop de feedback



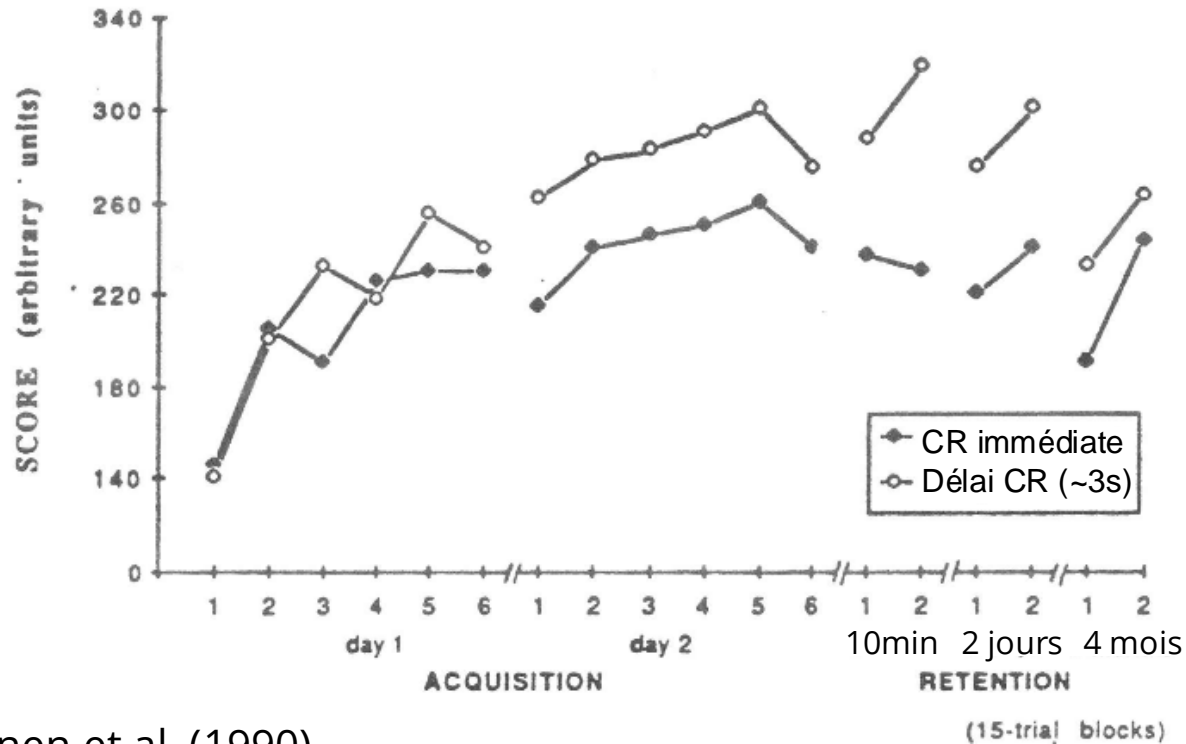
Lee & Carnahan (1990)

Apprentissage moteur : Rôle du feedback

Fréquence optimale du feedback extrinsèque

Quand présenter le feedback ?

⇒ Le délai post-essai...



Swinnen et al. (1990)