

La mémoire de travail dans les apprentissages scolaires

Christophe Fitamen, PhD
Lecteur en psychologie



Qui est-ce ?

4^{ème} International
Conference on
Working Memory
Leeds, UK, 06.2024



Introduction



L'omniprésence de la mémoire de travail



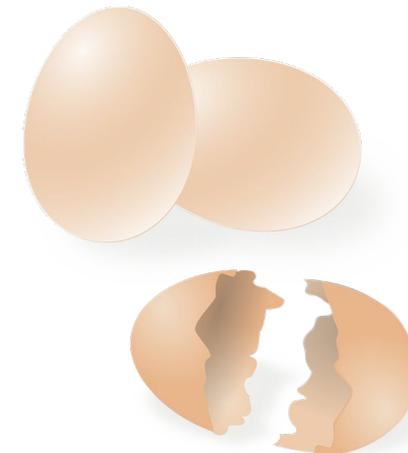
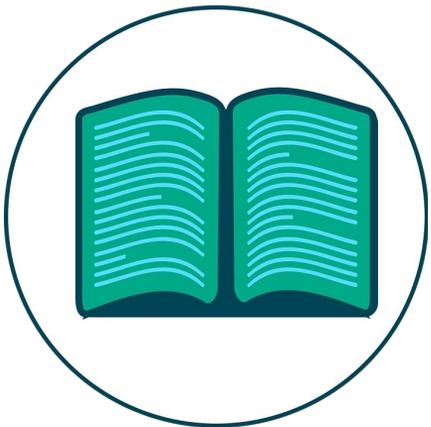
Introduction

Retenir une information



ET

Manipuler en même temps cette information ou une autre



Introduction - L'attention

- Concept utilisé de diverses façons suivant les domaines de recherche.
 - La vigilance
 - L'attention soutenue
 - **L'attention sélective ou focalisée**
 - **L'attention divisée ou partagée**
- Peut être définie comme étant une **ressource cognitive limitée**
 - **Doit être partagée** entre les tâches (Kahneman, 1975; Wickens, 1991)
 - **Permet de sélectionner des informations, de contrôler des actions et des pensées** (Rueda, Posner, & Rothbart, 2005)



Introduction - L'attention

- Deux qualités d'attention
 - L'attention exogène
 - Déclenchée par un signal environnemental (visuel, auditif, olfactif, etc.)
 - Automatique
 - Précoce dans le développement
 - **L'attention endogène**
 - Intentionnelle
 - Peut faire suite à l'attention exogène
 - Permet d'ignorer les stimuli environnementaux saillants



Introduction - L'attention

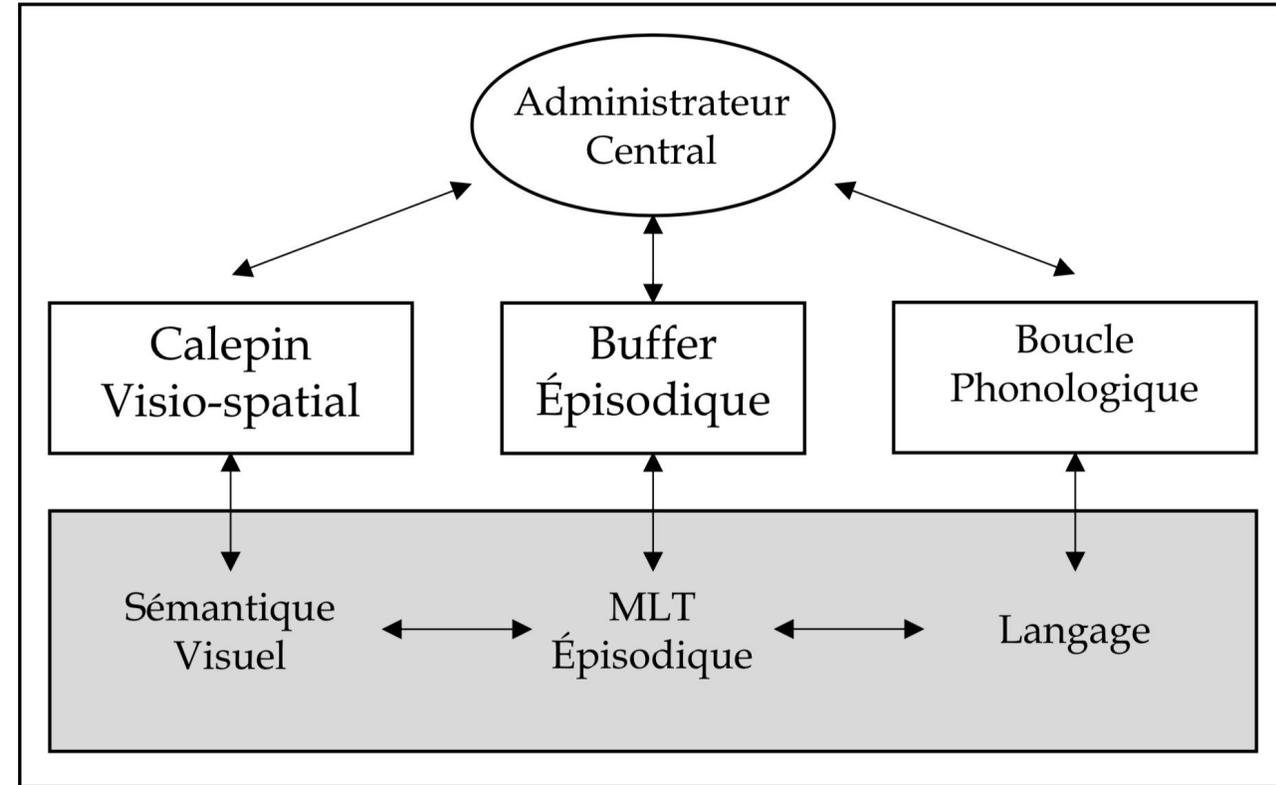
- Joue un **rôle central** dans le développement du fonctionnement exécutif (Garon et al., 2008).
- L'attention n'est **pas une fonction cognitive autonome**. Elle est **au service** d'autres processus cognitifs.
- Contrôle attentionnel cœur du fonctionnement cognitif car :
 - **Rôle majeur dans MDT** (Engle et ses collaborateurs, 1999 ; Kane & Engle, 2002) **avec ressources limitées**
 - Et **MDT impliquée dans de nombreux domaines** (Alloway, Gathercole, Adams et al., 2005 ; Alloway, 2009 ; Alloway & Alloway, 2010)





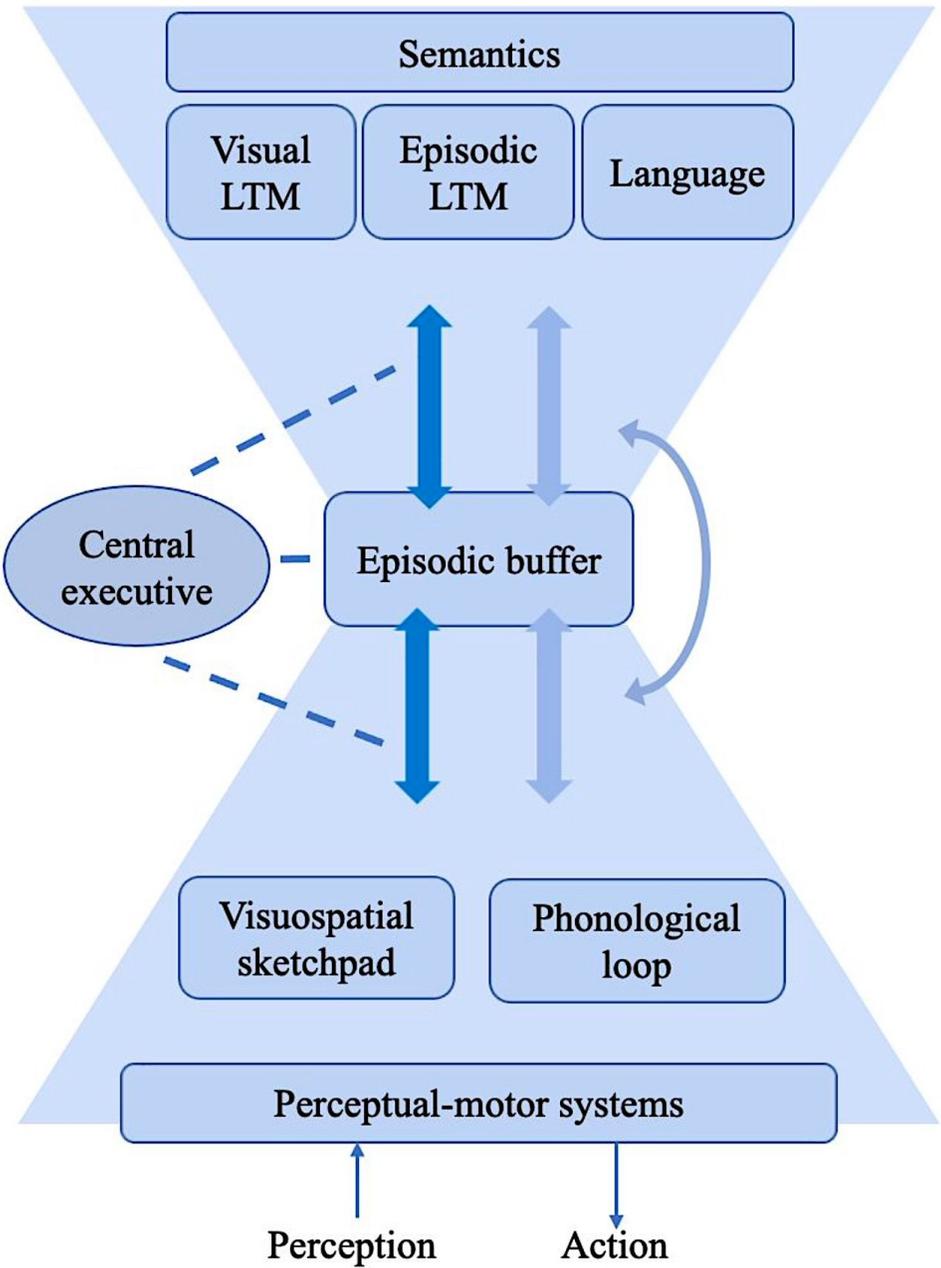
Les conceptions
théoriques

Le modèle de Baddeley (1974, 1986, 2000, 2024) et Hitch



Modèle de mémoire de travail. Baddeley (2000)

Le modèle de Baddeley (1974, 1986, 2000, 2024) et Hitch et Allen



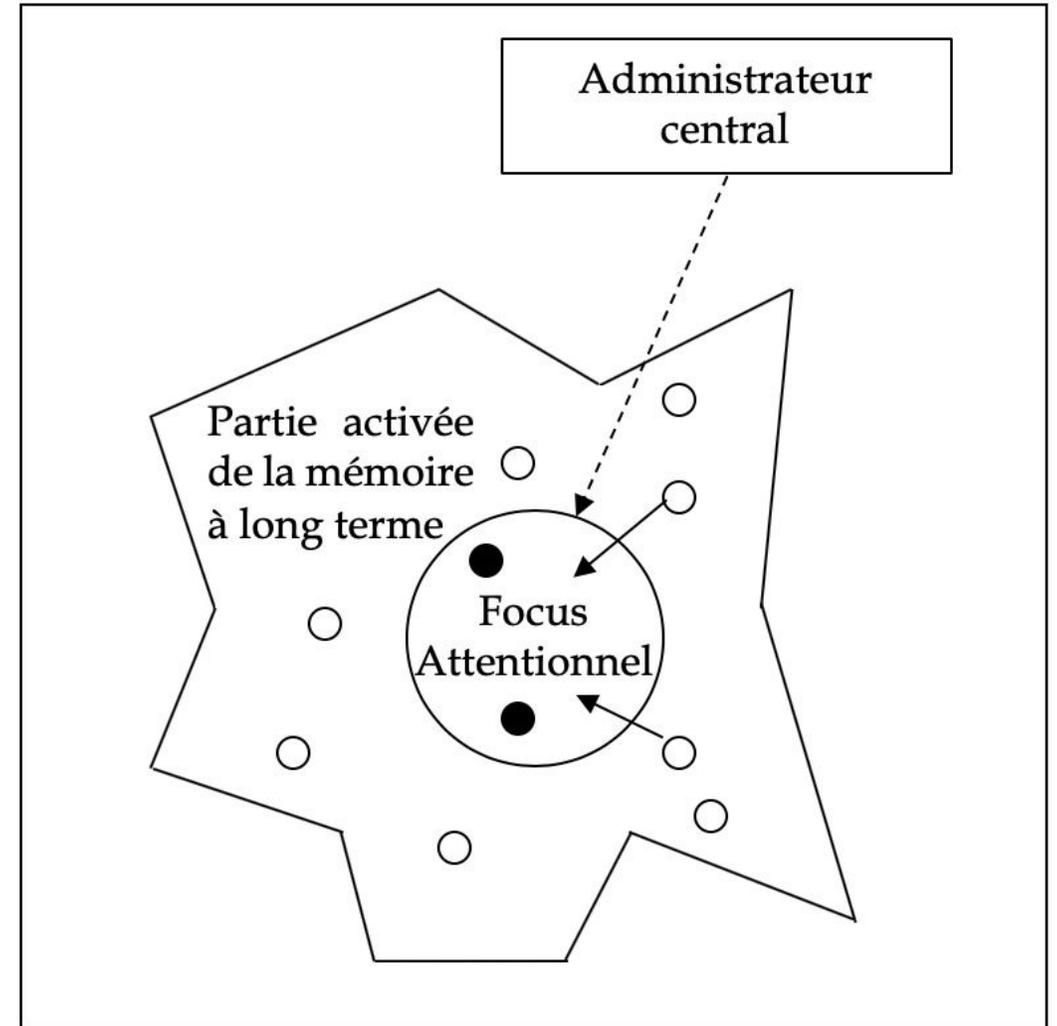
Modèle de mémoire de travail. Hitch, Allen, Baddeley (2024)

Le modèle de Cowan (1995, 2001)

- Le focus attentionnel active des traces mémorielles stockées en mémoire à long terme
- La mémoire de travail est la part activée de la mémoire à long terme

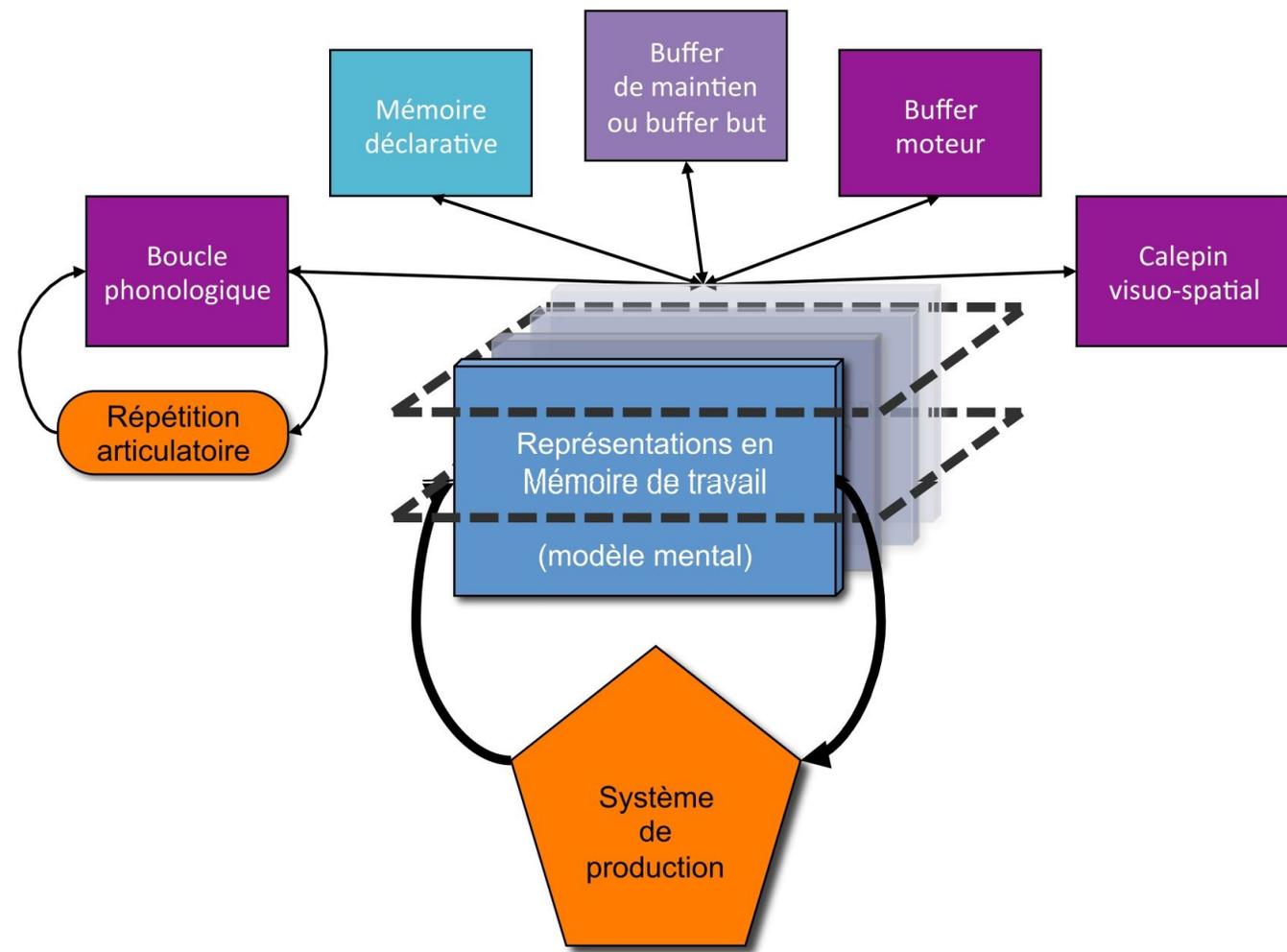


Le focus attentionnel a un rôle exécutif en gérant les ressources attentionnelles.



Le modèle des processus emboîtés de Cowan (1995, 2001)

Le TBRS (Time-Based Resource-Sharing model)



Barrouillet et Camos (2015)

- Ressources attentionnelles au cœur du modèle
- Devront être partagées temporellement entre maintien et traitement



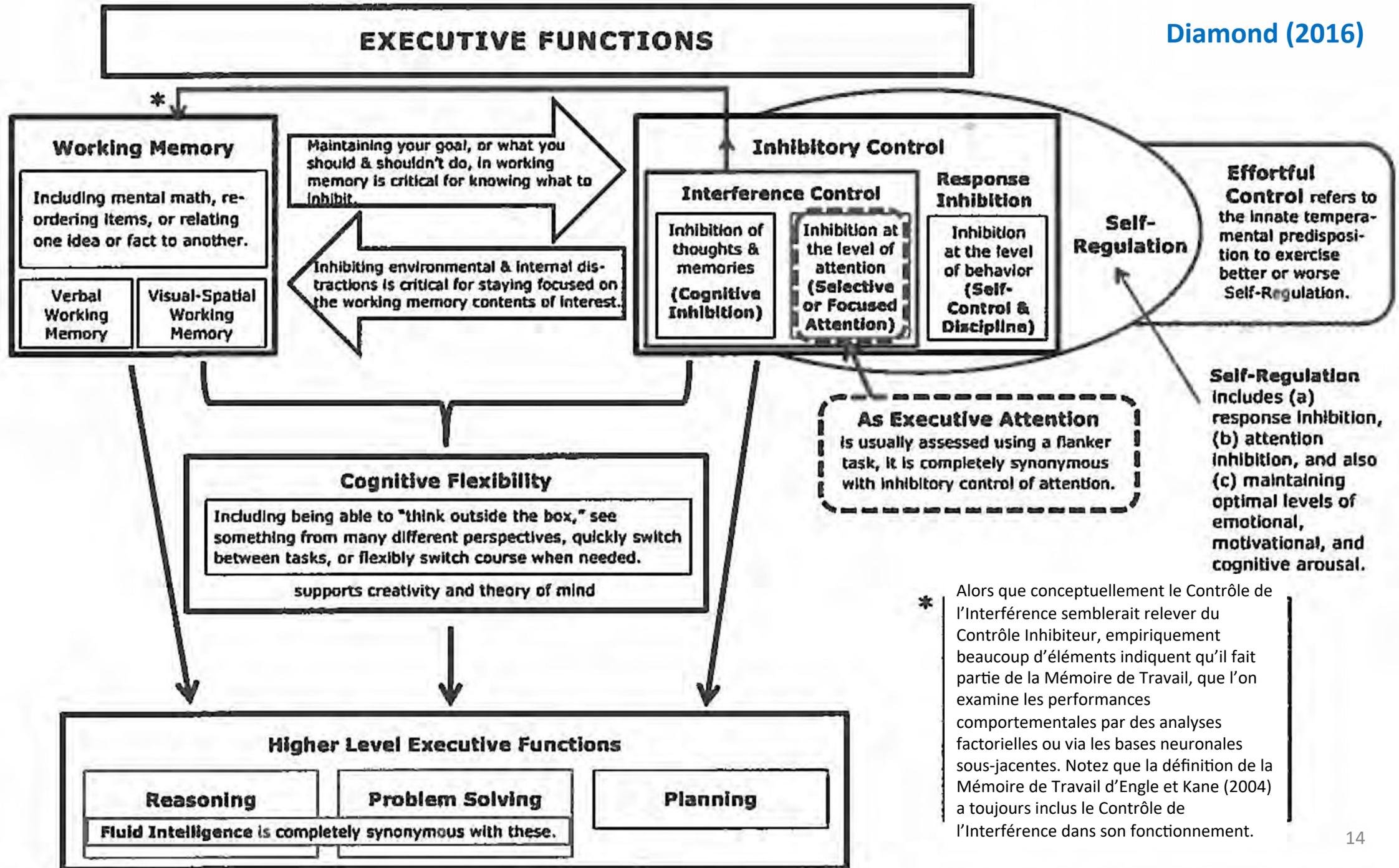
Mémoire de travail au cœur du fonctionnement exécutif ?

Diamond (2001)

- En 2001 :
Dissociation de la **MDT** et de l'**inhibition**, 2 fonctions exécutives distinctes à **trajectoires développementales dissociées**.

- En 2016 :
MDT
Contrôle **inhibiteur**
Flexibilité cognitive
Représentent le **cœur des fonctions exécutives**.



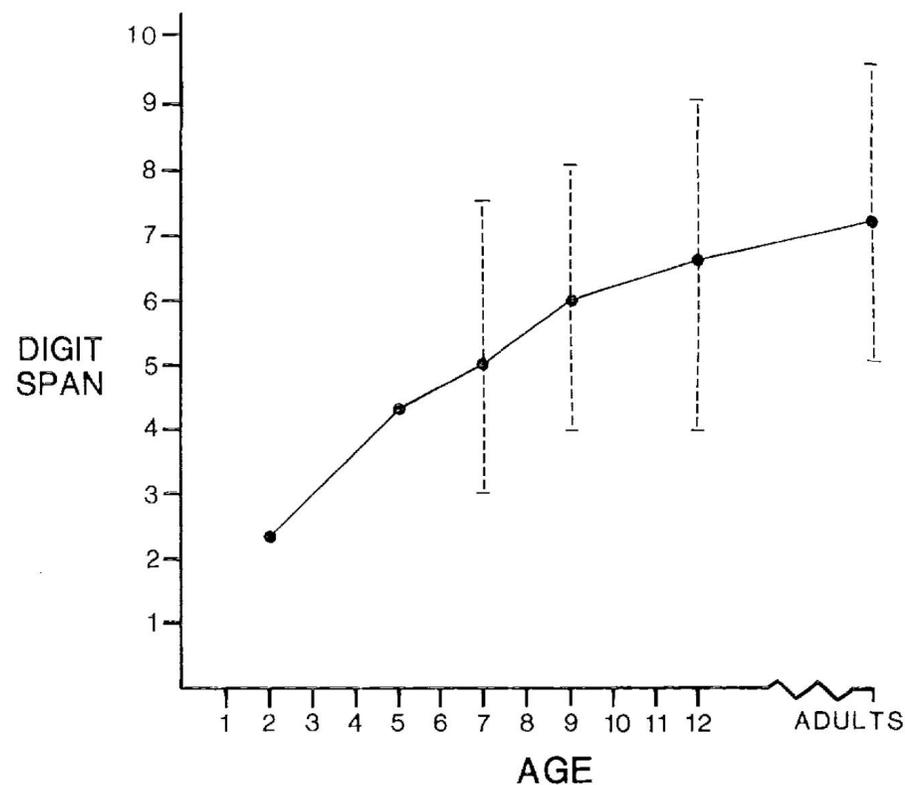
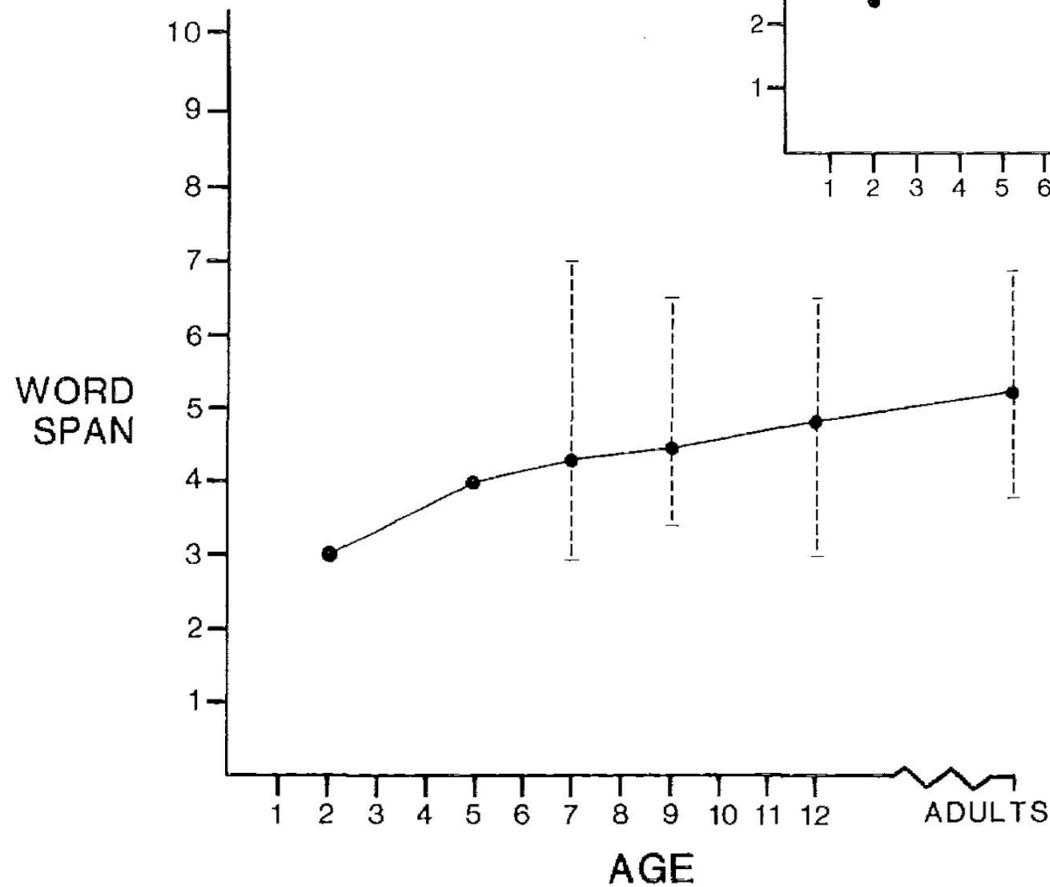
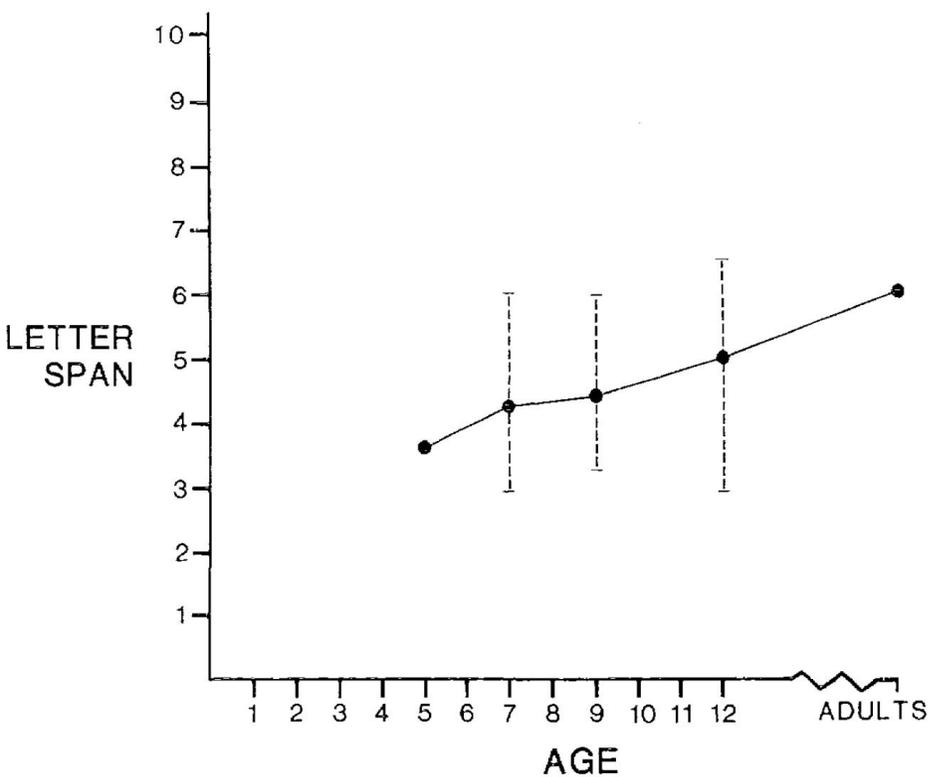




Le développement de la
mémoire de travail

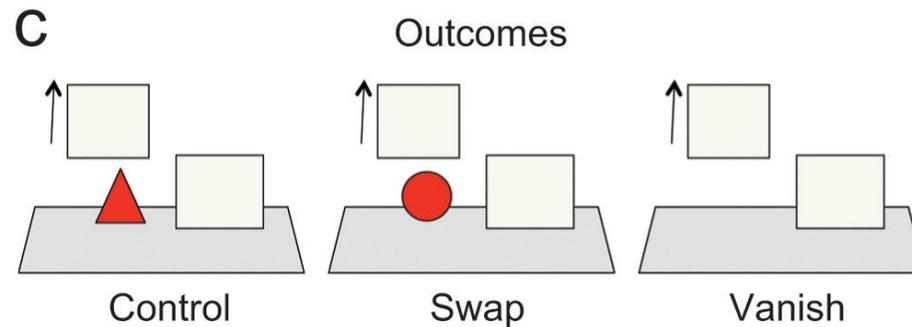
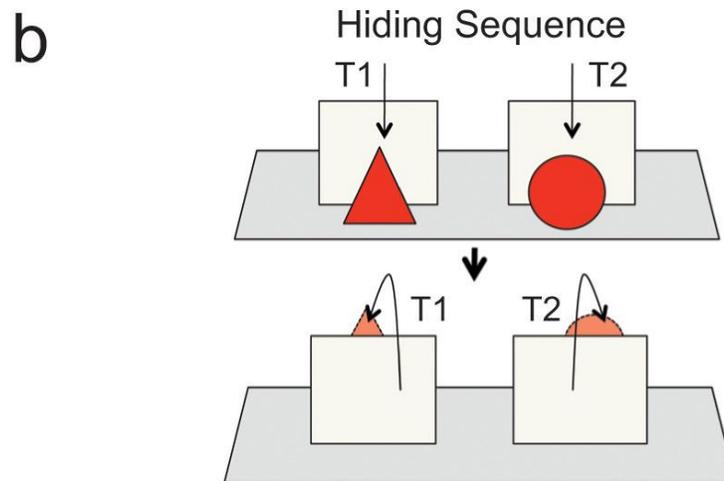
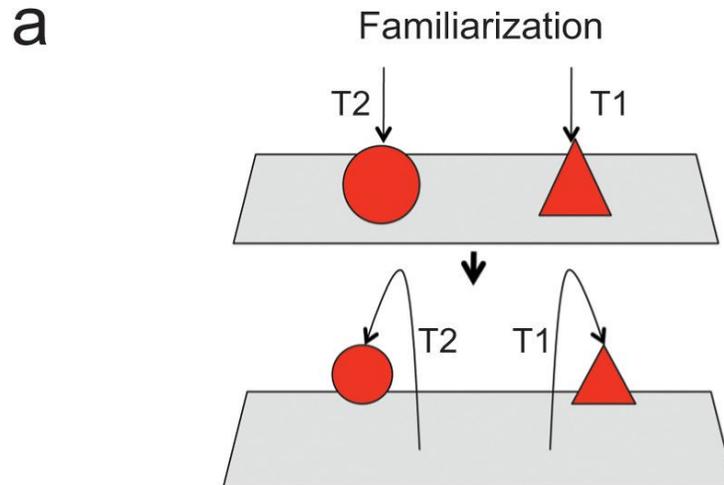
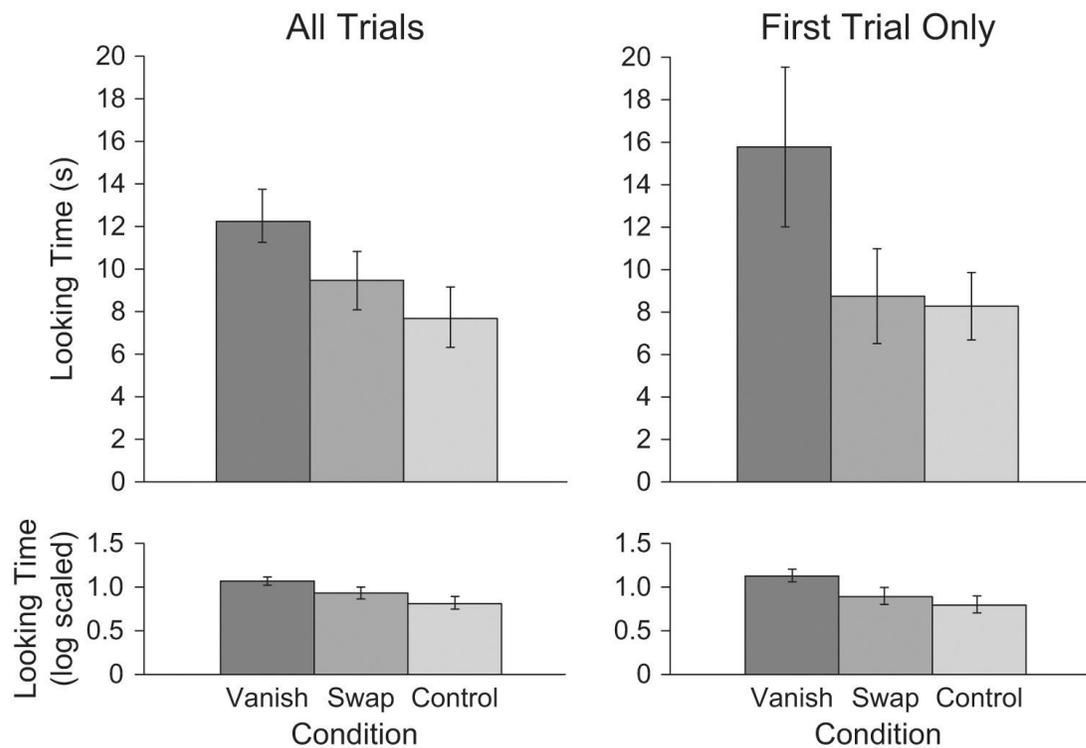
Développement de la mémoire de travail

Un développement graduel des capacités en mémoire à court terme avec l'avancée en âge (Dempster, 1981).



Un développement précoce
1 élément mémorisé à 6 mois
 (Kibbe et Leslie, 2011)

• **Chez les bébés**



Développement de la MDT

- Début âge scolaire

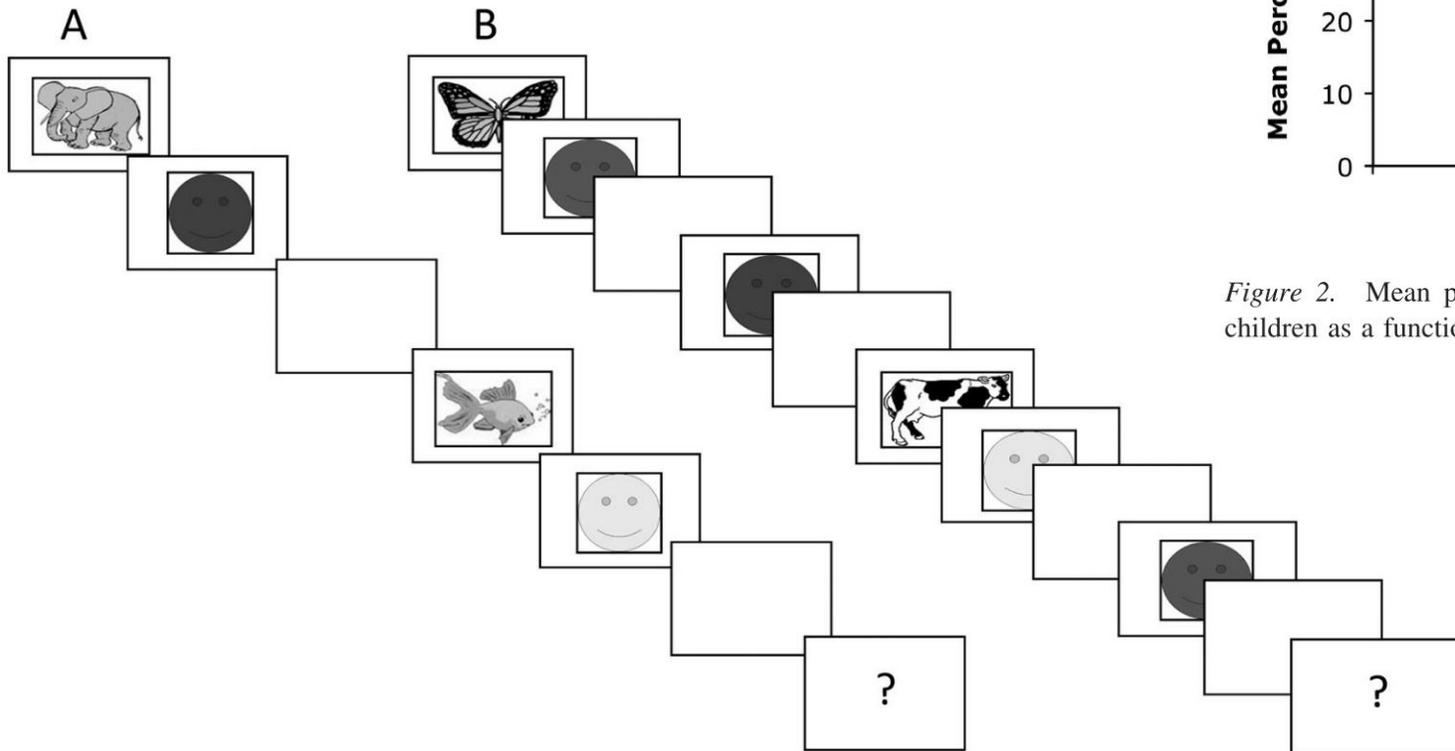


Figure 1. Illustration of trials for the one-color condition (A) and two-color-short condition (B).

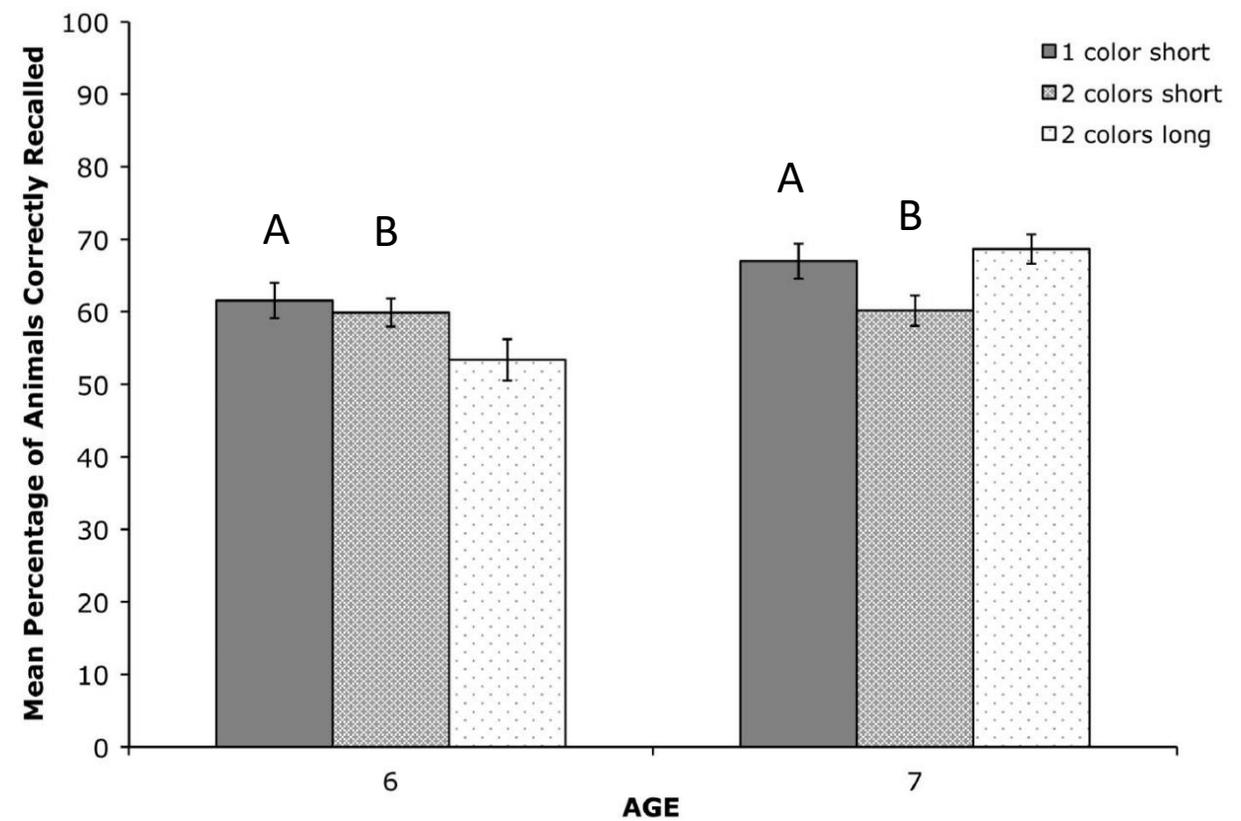


Figure 2. Mean percentage (and standard error) of animal names correctly recalled in 6- and 7-year-old children as a function of the experimental condition.

Camos et Barrouillet (2011)

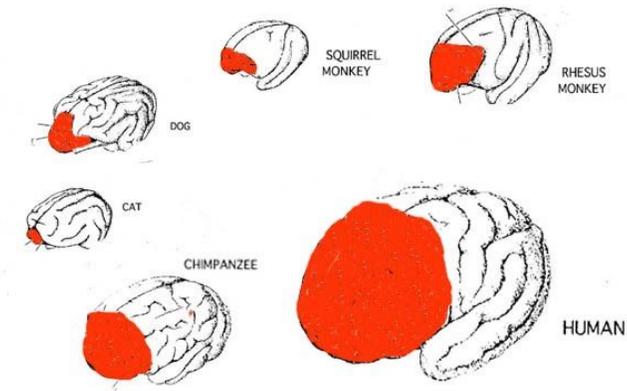
Un changement qualitatif vers 6/7 ans

Deux mécanismes de maintien :

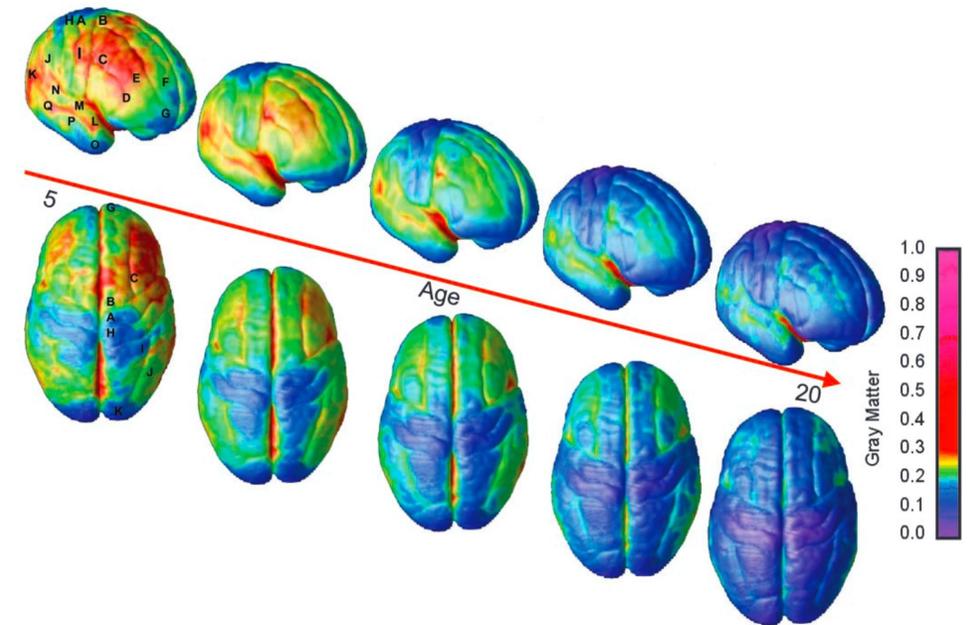
- La répétition articulatoire
- Le rafraîchissement attentionnel

Développement de la MDT

- **Lien avec la maturation cérébrale**
- Fonctionnement exécutif se développe longtemps, jusqu'à l'âge adulte (Best, Miller, & Jones, 2009; Luna, Garver, Urban, Lazar, & Sweeney, 2004).
- Lien avec la maturation cérébrale, notamment du CPF : mature à + 20 ans (Diamond, 2002; Sowell, Thompson, Homes, Jernigan, & Toga, 1999).



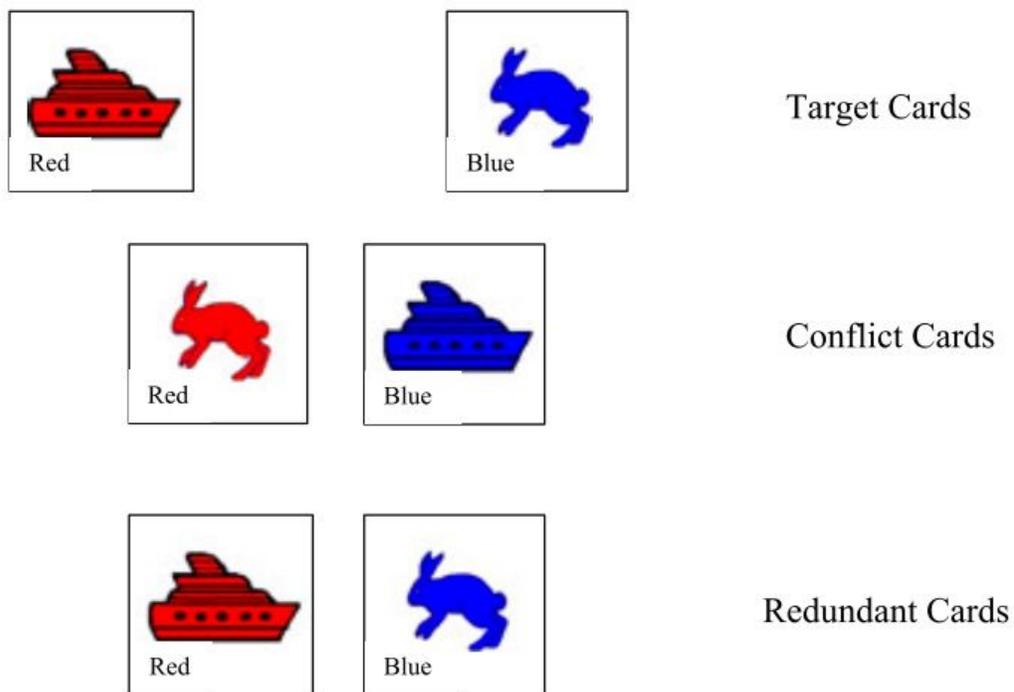
Lobes frontaux selon les espèces



Affinement de la matière grise plus tardif dans la zone frontale

Développement de la MDT et le maintien du but

- Lien avec la mémoire de travail



Version modifiée du DCCS (Marcovitch et al., 2007)

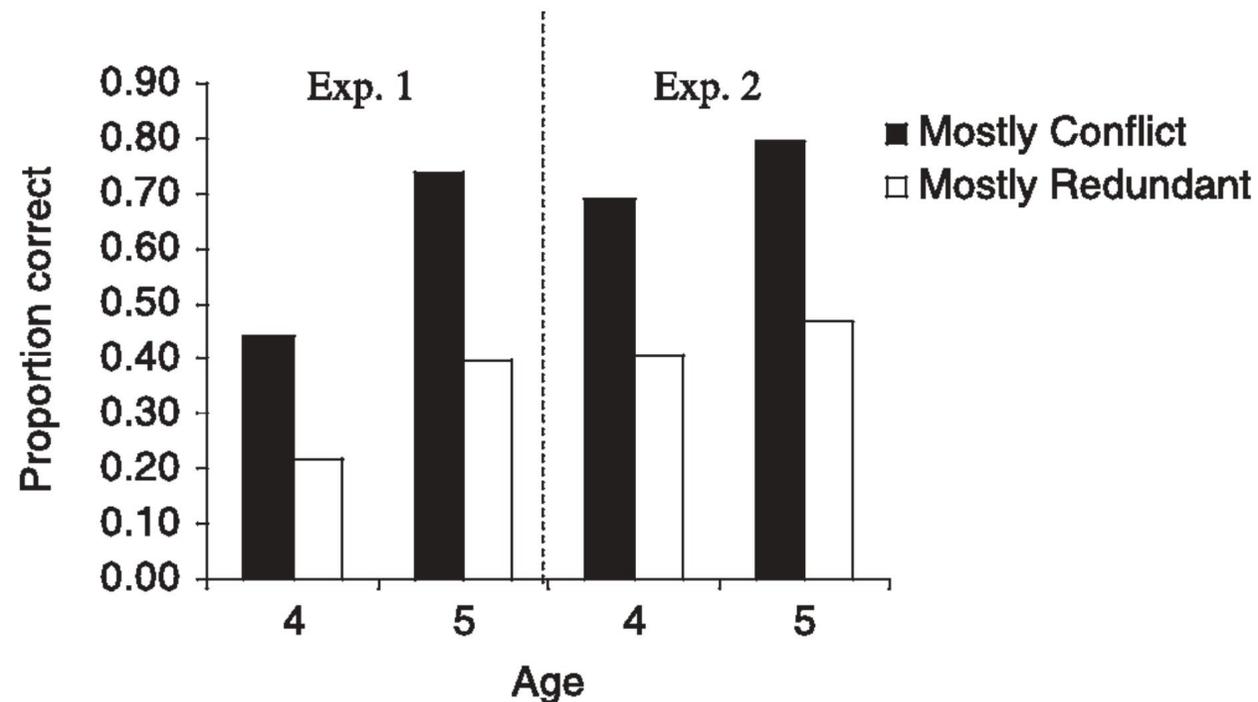


Figure 2 *Proportion of conflict cards sorted correctly by age and condition.*

Corrélation positive : capacité MDT et réussite à la tâche
(Marcovitch et al., 2010)

Développement de la MDT et le maintien du but

- **Lien avec la mémoire de travail**
- **Kane et Engle (2003)** : lien entre les capacités en MDT et la négligence du but chez des adultes.



Vert Rouge Bleu
Rouge Vert Bleu
Rouge Rouge Vert

Condition
majoritairement
incongruente

Vert Rouge Bleu
Rouge Vert Bleu
Rouge Rouge Vert

Condition
majoritairement
congruente

Individus à **faible MDT** faisaient **+ d'erreurs** de dénomination pour les items incongruents **que les individus à forte MDT**



Dans les apprentissages



ABC

Dans les apprentissages

- La mémoire de travail est **primordiale dans les apprentissages scolaires** (Gathercole, Lamont, & Alloway, 2006) :
 - **Apprendre à lire** : décoder (De Jong, 2006)
 - **Comprendre le texte** : retenir les mots jusqu'à l'obtention du sens (Carretti et al., 2005)
 - **Apprendre à écrire** : émergence de l'idée, planification puis réalisation de l'activité motrice (Olive et al., 2002).
 - **En mathématiques** : retenir les éléments pendant le calcul, retenir les étapes intermédiaires, retenir la consigne (De Smedt et al., 2009)
 - **En raisonnement non verbal** : jeux de construction (Gathercole et al., 2016)



Dans les apprentissages

- La mémoire de travail est **primordiale dans les apprentissages scolaires** (Gathercole, Lamont, & Alloway, 2006) :
 - **Apprendre à lire** : décoder (De Jong, 2006)
 - **Comprendre le texte** : retenir les mots jusqu'à l'obtention du sens (Carretti et al., 2005)
 - **Apprendre à écrire** : émergence de l'idée, planification puis réalisation de l'activité motrice (Olive et al., 2002).
 - **En mathématiques** : retenir les éléments pendant le calcul, retenir les étapes intermédiaires, retenir la consigne (De Smedt et al., 2009)
 - **En raisonnement non verbal** : jeux de construction (Gathercole et al., 2016)

MDT plus faible que la moyenne :

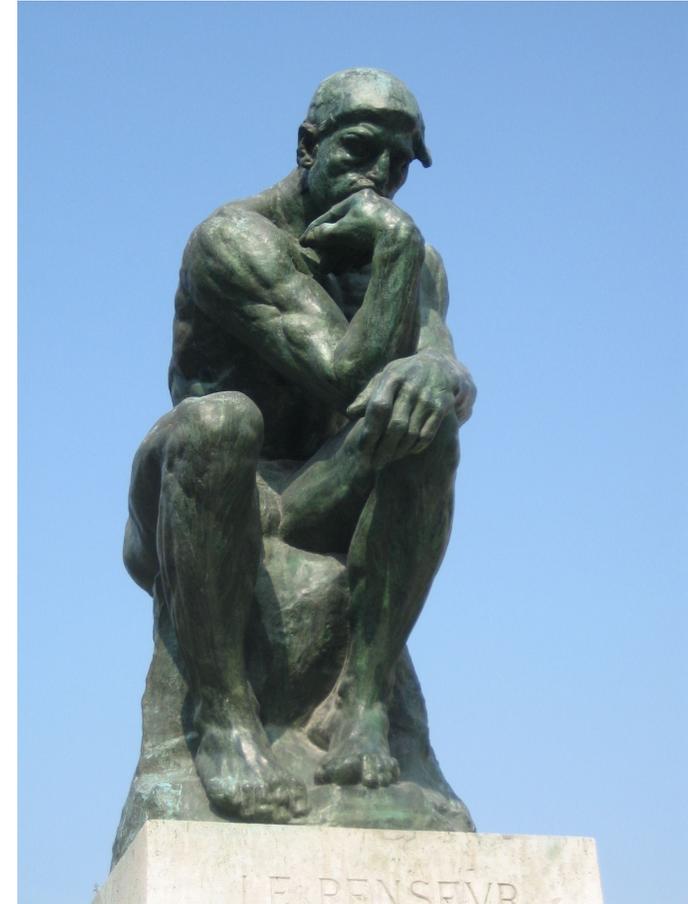
- Moins bonne réussite scolaire due à des difficultés de compréhension (Gathercole & Alloway, 2008).
- Plus lent pour récupérer le résultat d'addition (Barrouillet & Lépine, 2005).
- Difficultés dans l'écriture des nombres (Camos, 2008).
- Comptent plus fréquemment sur les doigts (Geary, Hoard, Byrd-Craven, & DeSoto, 2004).
- Lien bidirectionnel avec la dyslexie : d'une part mémorisation difficile d'un matériel verbal, d'autre part mémorisation de l'ordre difficile même en visuo-spatial (Majerus & Poncelet, 2017).

Mémoire de travail et calcul

5 stratégies générales :

- Utilisation d'objets  
- Comptage sur les doigts 
- Comptage verbal 
- **Décomposition** $8 + 5 ? > 8 + 2 = 10 + 3 = 13$
Utilisation de la MDT
- Récupération en mémoire à long terme $8 + 5 ? 13 !$

+ mature



Mémoire de travail et calcul

- Question en début d'énoncé améliore les performances des enfants de 10 ans.
- Question active le schéma de résolution.
- En cours de lecture, **calculs réalisés en direct = allège la charge en MDT.**

Effet de la position de la question

Devidal, Fayol, & Barrouillet (1997)

- Pour Noël, la grand-mère d'Annie lui a acheté ... livres. Pour le Nouvel An, son frère lui a acheté ... livres. Annie a maintenant ... livres.
Combien Annie avait-elle de livres avant Noël?
- Je voudrais savoir combien Valérie avait de stylos avant de recevoir les rouges et les verts. Elle a reçu ... stylos rouges puis elle a reçu ... stylos verts. Elle a maintenant ... stylos.

Mémoire de travail et calcul

- **Résolution** d'un **problème arithmétique verbal**, **10 à 30% moins bonne** que sous **forme numérique** (Carpenter & Moser, 1982).

Jean avait 3 billes, puis Tom lui donne 2 billes.
Combien Jean a-t-il de billes maintenant ?

< $3 + 2 = ?$

Impact des capacités en lecture et en compréhension de texte (Corte & Verschaffel, 1985)

Impact des capacités en mémoire de travail
(Passolunghi & Siegel, 2001).

- Les **difficultés de résolution de problèmes** des enfants de 10 ans sont **corrélées avec un déficit en MDT**.
- Le **déficit en MDT** est lié à une **incapacité de contrôler et d'ignorer les informations non-pertinentes**.



Mémoire de travail et pathologies

Mémoire de travail et dyslexie

La dyslexie phonologique

Boucle phonologique perturbée ?

- Absence d'effet de similarité phonologique
 - b, d, p, c, v : phonologie proche
 - h, x, c, l, p : phonologie éloignée
- **Lecteurs sans dyslexie** : mémorisation + facile pour la phonologie éloignée.
- **Lecteurs avec dyslexie** : pas de différence entre les deux listes.

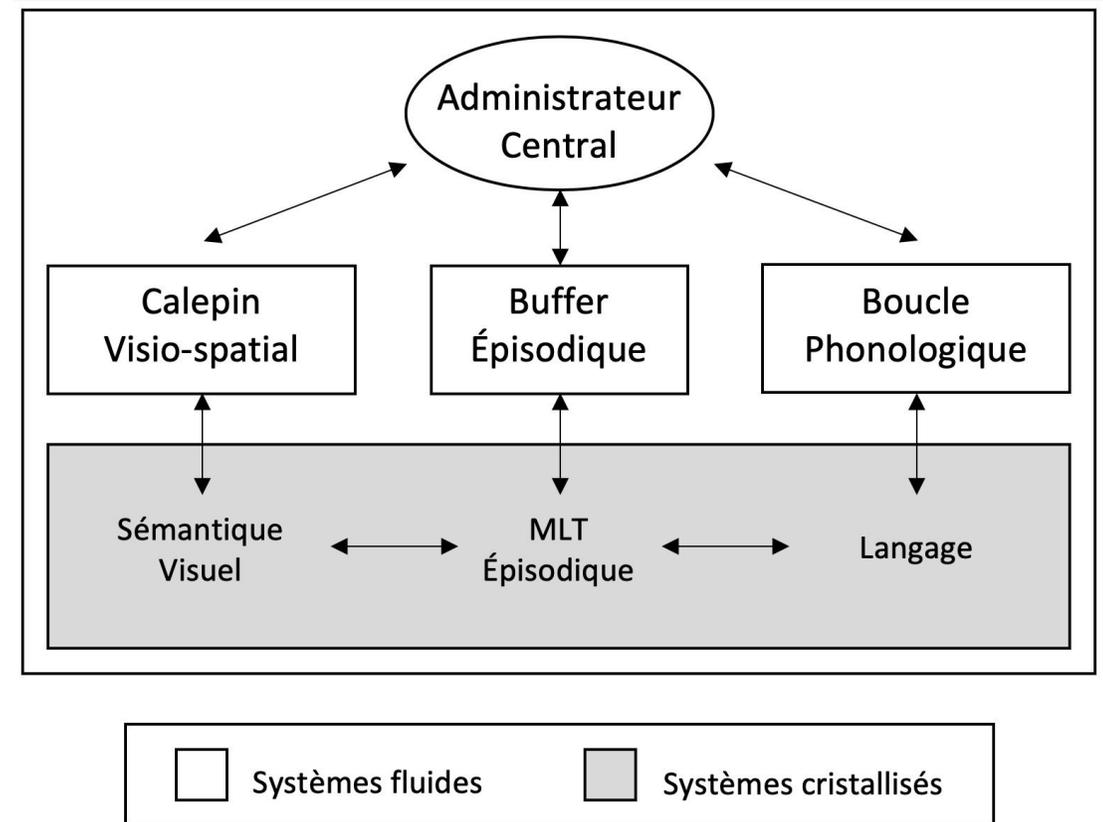
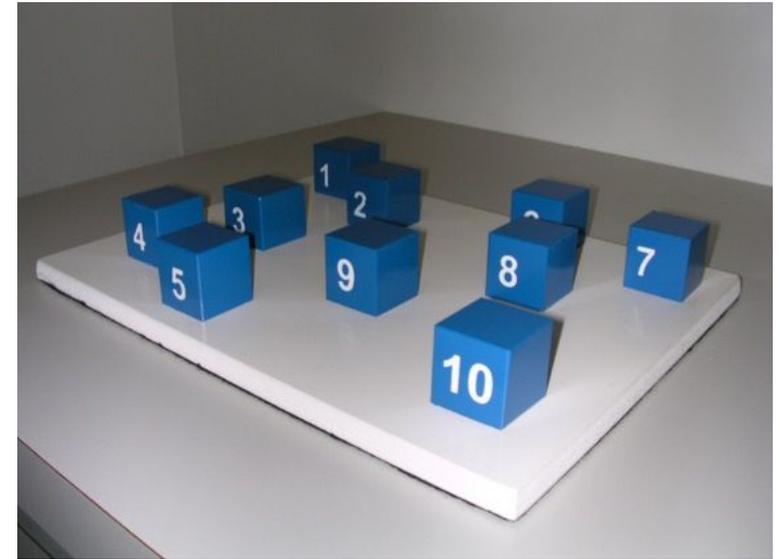


Figure. Modèle à composants multiples de Baddeley (2000)

Mémoire de travail et dyscalculie



- **Mémoire des chiffres envers** : altération des performances chez dyscalculiques et dyslexiques (Geary et al., 1999)
- **Répétition de pseudo-mots et blocs de Corsi altérés** (McLean et Hitch, 1999)
 - Corrélation entre **capacités en MDT** et la **fréquence d'utilisation des doigts**
 - Capacités mnésiques réduites associées à un **retard dans le développement de la chaîne numérique** et à l'utilisation de **stratégies de résolution de calculs peu matures**.

Mémoire de travail et TDAH

Rapport et al. (2001, 2008) :

Défaut d'inhibition à la suite de la dégradation de la mémorisation du but en mémoire de travail



Hyperactivité/Impulsivité prédominante

Enfant avec un TDAH

Dégradation des traces en MDT



Oubli du but



Recherche d'une nouvelle stimulation



Hyperactivité motrice

Mémoire de travail et TDAH

Quel(s) aspect(s) de la mémoire de travail impacté(s) ?

Superbia-Guimarães et al. (2023) : Pas d'altération de la composante attentionnelle

- Enfants de 10 à 16 ans avec un TDAH, **performances de rappel similaires à enfants à développement normal.**
- Personnes avec un TDAH **peuvent utiliser l'attention pour maintenir les informations verbales en mémoire de travail.**



Atkinson (ICWM, 2024) : Pas d'altération dans la capacité à prioriser une information en mémoire de travail.

Capacité à **prioriser une information** en MDT, **supposément un mécanisme attentionne.** (Atkinson et al., 2021).



Recherches toujours en cours. À suivre ...



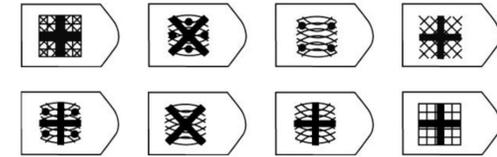
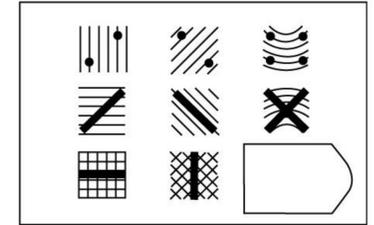
Booster la mémoire de travail ?



Entraînement de la MDT

- **Entraînement direct de la mémoire de travail**

- Sur ordinateur (avec COGmed, par ex.) et sous forme de jeu.
- Majoritairement la MDT qui est entraînée.



- **Des résultats mitigés en entraînant la MDT**

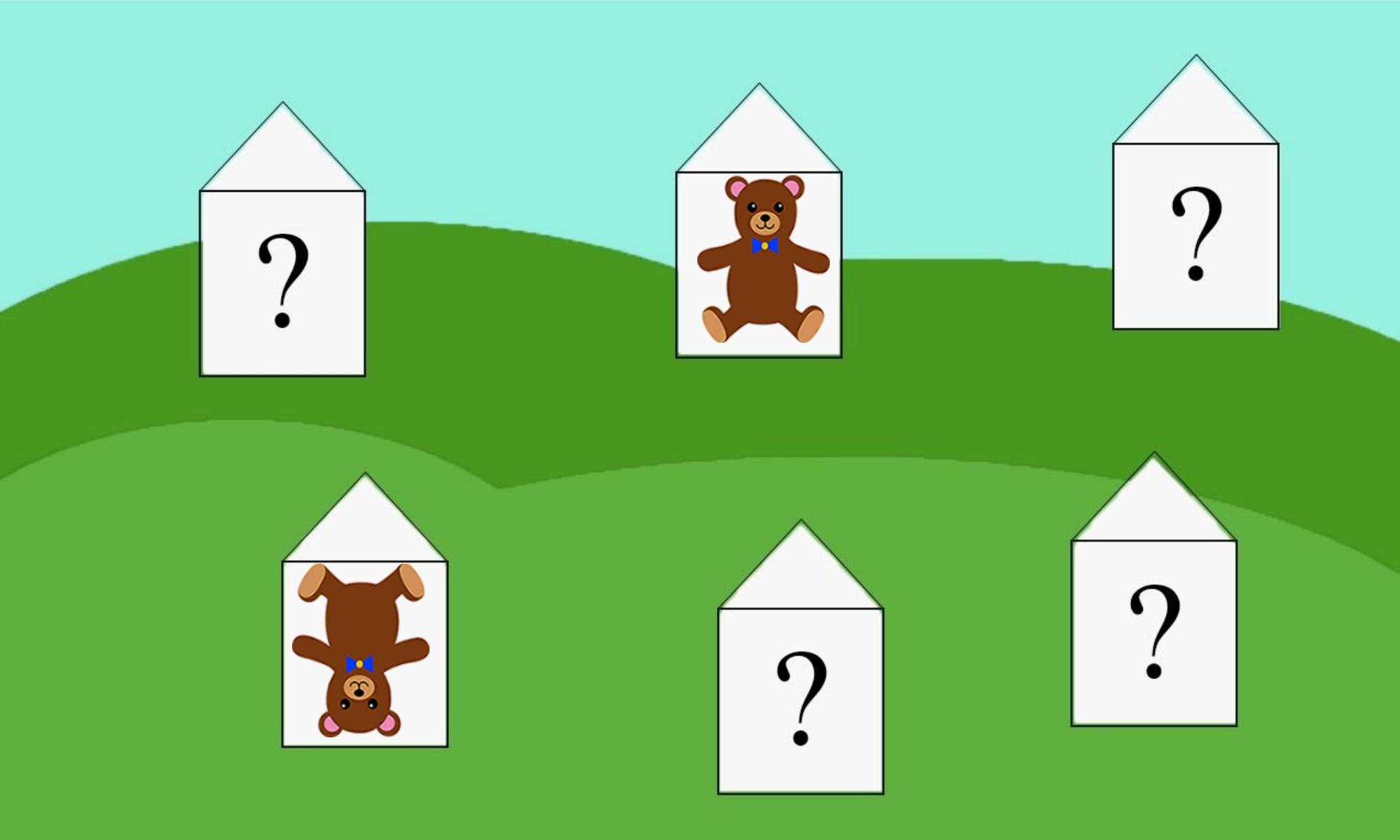
- Sheehan et al. (2015). *Improving fluid intelligence with training on working memory: a meta-analysis.*
 - **Effets faibles mais significatifs sur l'intelligence fluide : avec matrices de Raven**
- Melby-Lervåg & Hulme (2013). *Is working memory training effective? A meta-analytic review.*
 - **Aucun effet de généralisation, seulement des effets à court terme sur les épreuves entraînées.**

- **Entraînement indirect pour le fonctionnement exécutif** (Diamond, 2012)

- Exercice physique en aérobic (cardio, endurance)
- Exercice de méditation, d'arts martiaux

Support environnemental aidant ?

Fitamen, Blaye, & Camos (2024)
160 enfants de 3.5 à 6 ans



**Avec
Support Visuel**

Support environnemental aidant ?

Fitamen, Blaye, & Camos (2024)
160 enfants de 3.5 à 6 ans



**Sans
Support Visuel**

Support environnemental aidant ?

Fitamen, Blaye, & Camos (2024)

Accès libre à l'article :

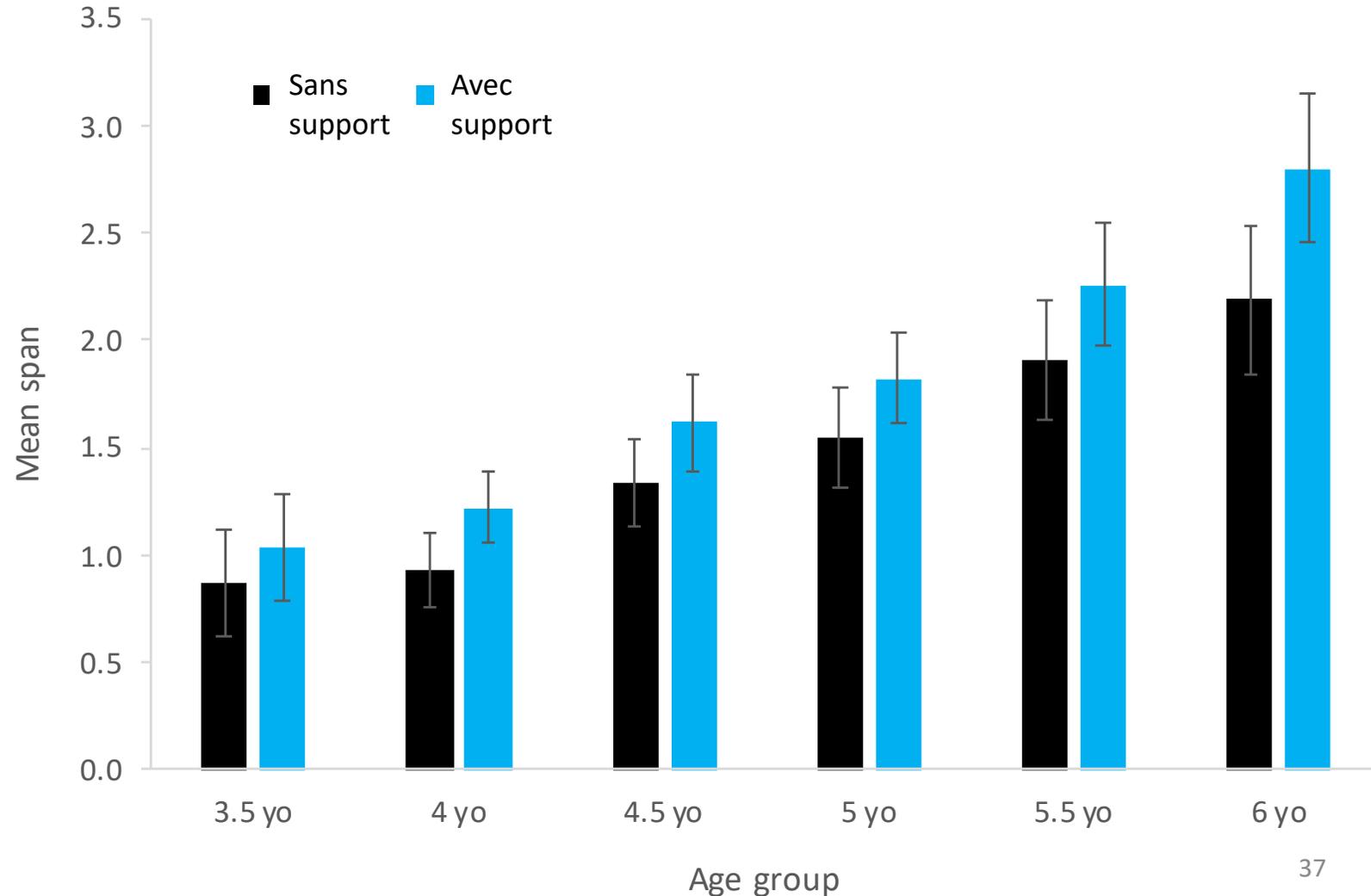
<https://doi.org/10.1080/20445911.2024.2401043>

**Aide du
support visuel
à tout âge !**

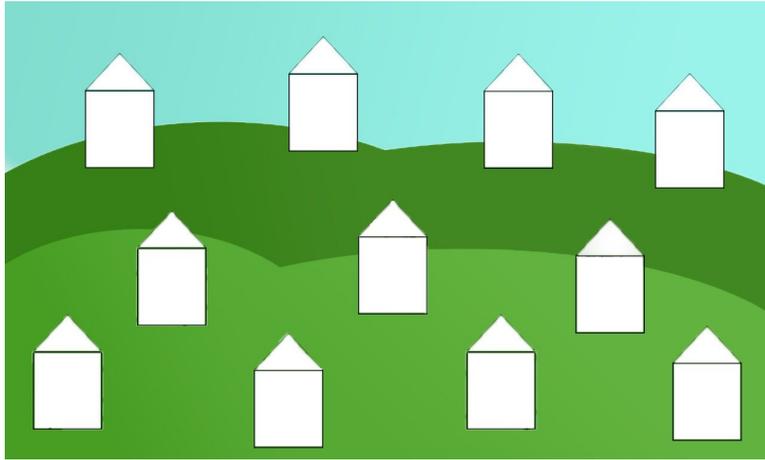
$BF_{inclusion} \text{ Age} = 7.98 \times 10^{15}$

$BF_{inclusion} \text{ Condition} = 1.85 \times 10^9$

**Effets principaux de l'âge et de la
condition (avec ou sans support)**

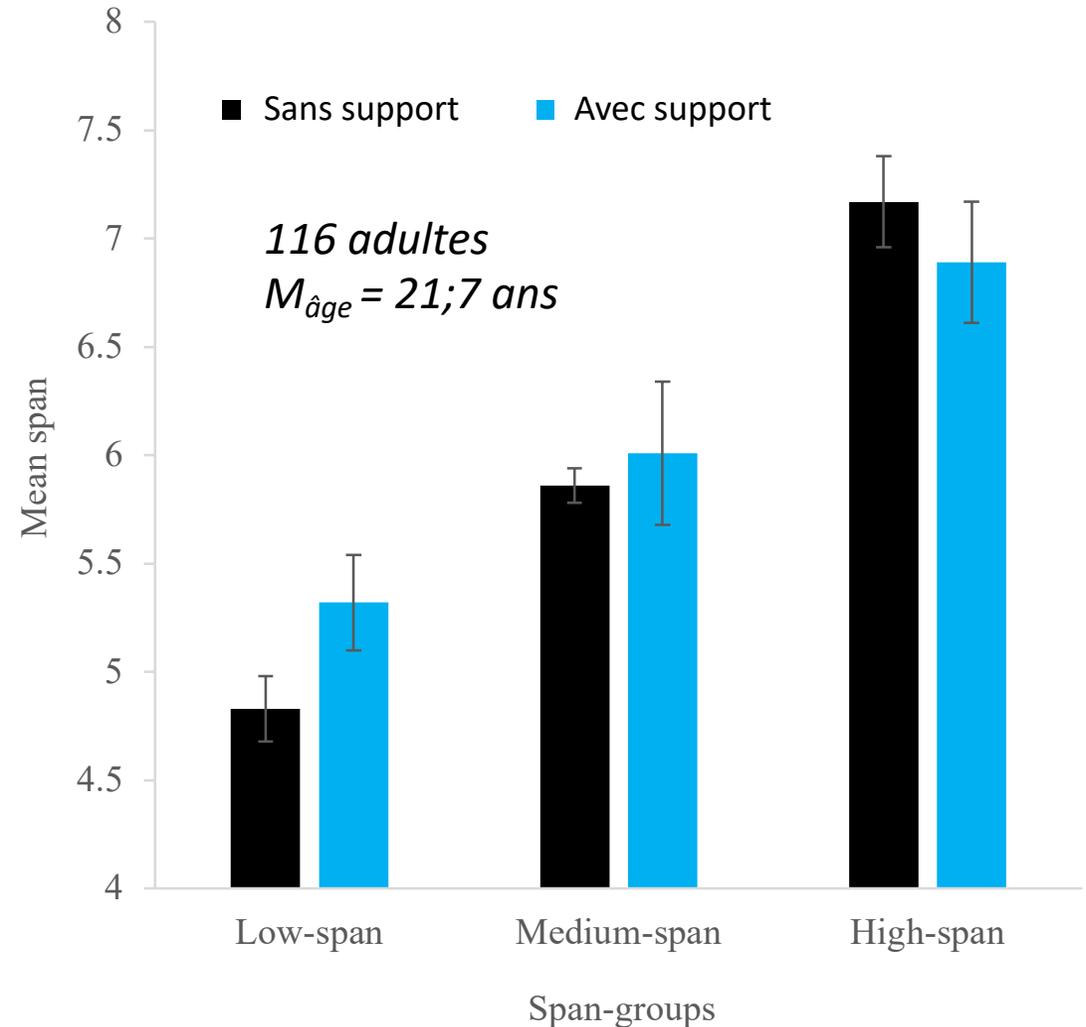


Support environnemental aidant ?



Aide du support visuel pour les adultes à faibles capacités en mémoire de travail

Effets principaux du support et des groupes d'empan + interaction entre ces deux facteurs, $BF_{10} = 5.845 \times 10^{27}$



Conclusion

- Omniprésence de la mémoire de travail au quotidien



- Mémoire de travail impactera positivement ou négativement les activités scolaires



- Mémoire de travail intrinsèquement liée aux capacités attentionnelles de l'individu



Merci
pour votre attention 🧠

 www.linkedin.com/in/christophe-fitamen

 [@chrisfitamen.bsky.social](https://chrisfitamen.bsky.social)

christophe.fitamen@unifr.ch

