

**COPIRELEM 2023**

**Regards croisés :  
l'apport des neurosciences  
sur l'apprentissage et l'enseignement  
en mathématiques**

**Édouard Gentaz et Éric Roditi**

# **Étude critique d'une recherche en neurosciences cognitives sur les nombres décimaux**



**Éric Roditi**



# I . Deux auteurs, trois théories

## 1. Deux auteurs qui marquent le champ en France

### Stanislas Dehaene

- Dehaene est professeur au Collège de France, il préside le Conseil Scientifique de l'ÉN (France).
- Il dirige le laboratoire NeuroSpin de l'université Paris-Saclay.



### Olivier Houdé

- Houdé est professeur à l'université Paris Cité, il est directeur honoraire du LaPsyDé. Il soutient une théorie du développement cognitif fondée sur le processus d'inhibition qui dépend du cortex préfrontal, à l'avant du cerveau.
- L'inhibition est la capacité à contrôler nos intuitions, habitudes ou stratégies en situation.



### Objectif de la recherche de Houdé étudiée pour cette communication

- Montrer l'existence d'un biais visuo-spatial dans la comparaison des décimaux lié à une association entre « longueur » et « nombre ».
- Cette association serait issue du recyclage neuronal.

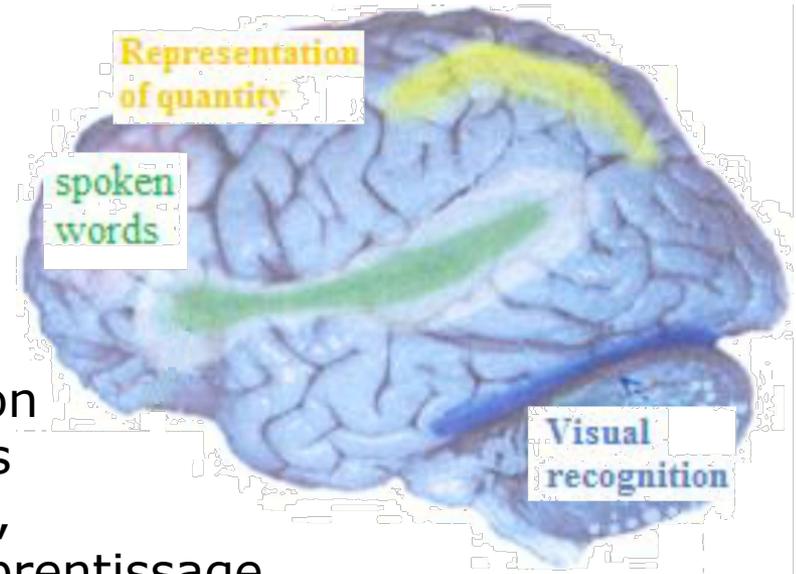
# I . Deux auteurs, trois théories

## 2. Triple code et recyclage neuronal

### Triple code

C'est un modèle des traitements cognitifs dans la réalisation de tâches numériques qui repose sur trois représentations des nombres (codes) possédant une implantation anatomique spécifique dans le cerveau :

- le code des quantités ;
- le code verbal ;
- le code symbolique.



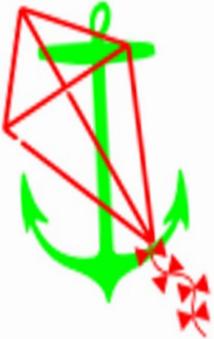
### Le recyclage neuronal

Le recyclage neuronal est une explication du passage de capacités innées réduites à des capacités acquises plus élaborées, voire différentes, qui nécessitent un apprentissage issu d'une transmission culturelle.

# I . Deux auteurs, trois théories

## 3. Effet Tipper et inhibition cognitive

### L'inhibition cognitive et l'effet Tipper



- L'amorçage est un premier stimulus (dit d'amorçage) dont le rôle est d'influencer le sujet dans le traitement d'un second stimulus (dit cible car c'est celui qu'on étudie).
- L'amorçage est négatif quand il altère le traitement du stimulus cible, neutre quand il est sans effet et positif quand il l'améliore.
- L'inhibition cognitive est une explication théorique de cet effet pour les amorçages cognitifs.

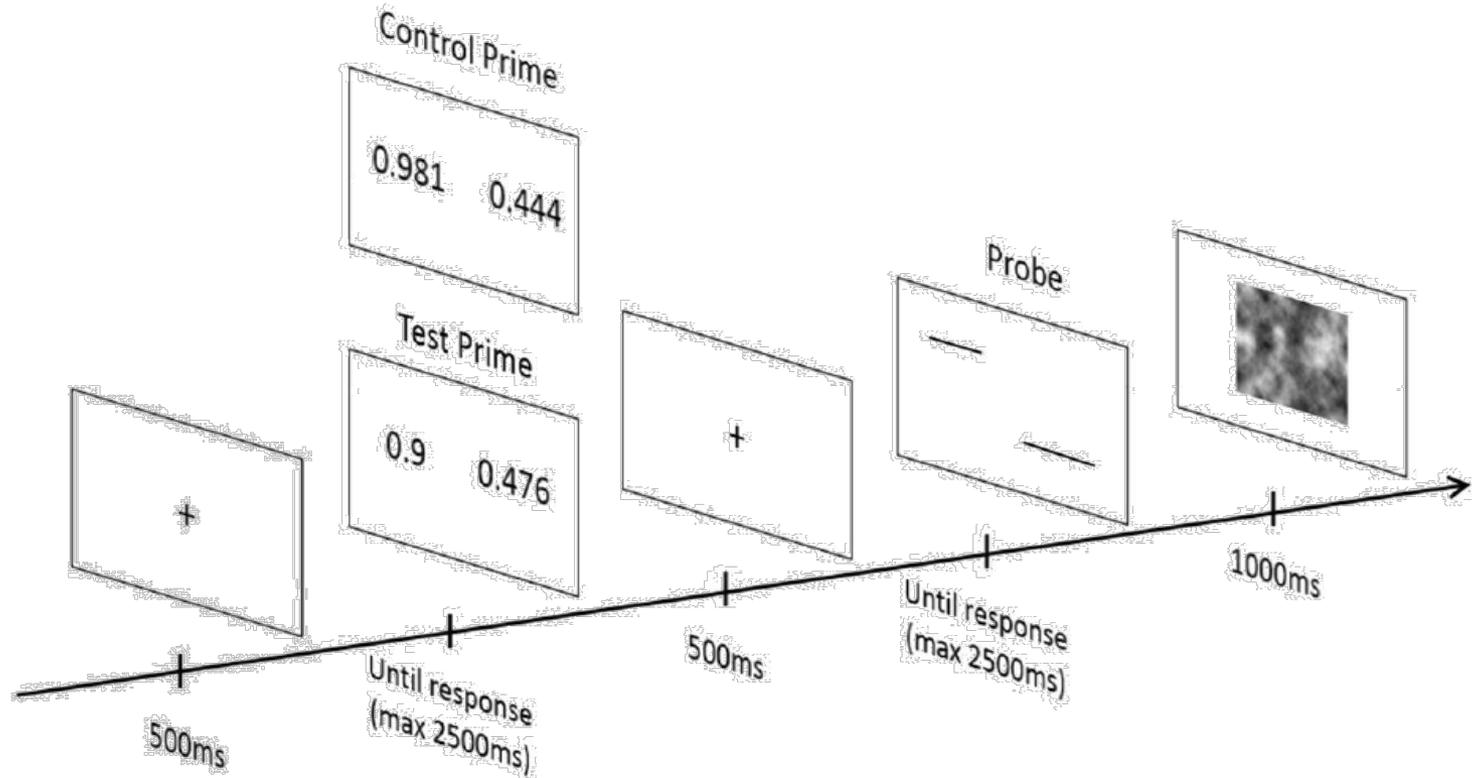
### L'hypothèse d'un biais visuo-spatial dans la comparaison des décimaux

- Ceux qui affirment que 0,131 est supérieur à 0,6 le font parce qu'ils associent la *longueur* de l'écriture du nombre à la *valeur* du nombre. C'est le *biais* visuo-spatial (dû au recyclage neuronal).
- Donner la bonne réponse exige d'*inhiber* le traitement de la longueur.

# II. Expérimentation, résultats et recommandations

## 1. Expérimentation

Le but est de mettre en lien deux comparaisons : nombres et longueurs.



Trois cas de figure pour les nombres (indiqués dans la recherche) :

- Les nombres ont des parties décimales de même longueur ;
- Le plus grand a la partie décimale la plus longue ;
- Le plus grand a la partie décimale la plus courte.

# II. Expérimentation, résultats et recommandations

## 2. Résultats

### Données issues de l'expérimentation

Conditions	Nombre d'épreuves	Performances nombres	Performances segments
Expérimentale (0,131 contre 0,6)	24	TR = 1 193 ms PR = 94,5%	TR = 828 ms PR = 99,0%
Contrôle (0,612 contre 0,157)	24	TR = 1 082 ms PR = 98,8%	TR = 802 ms PR = 98,7%
Complémentaire (0,642 contre 0,18)	12	Pas de résultats indiqués	Pas de résultats indiqués

### Interprétations des résultats

- La comparaison des longueurs est altérée en condition expérimentale (prise en compte de TR et PR *via* le SEI).
- Il y a amorçage négatif (effet Tipper) en condition expérimentale.

# II. Expérimentation, résultats et conclusions

## 3. Conclusions des auteurs

### Apports scientifiques

Les auteurs concluent avoir apporté la preuve de l'existence d'un biais visuo-spatial dans la comparaison des nombres. Ce biais serait issu d'un chevauchement dans le processus de recyclage neuronal.

### Recommandations pour l'enseignement

- Les professeurs doivent être informés du biais visuo-spatial pour ne pas interpréter à tort les erreurs des élèves : ils pourraient « *avoir compris la règle à appliquer, mais se tromper à cause de leur difficulté à inhiber* ».
- « *Améliorer les compétences en mathématiques (...) nécessite clairement des réponses pédagogiques (...) informées par les connaissances les plus actuelles sur le développement de la cognition (...) L'enseignement explicite des implicites de l'apprentissage est le gage d'un système éducatif plus équitable où tous les élèves peuvent développer des compétences disciplinaires indépendamment du milieu social dont ils sont issus* ».

# III. Lecture critique

## Un silence sur l'amorçage positif

- En psychologie cognitive, on s'intéresse aussi à l'amorçage positif qui accélère le traitement, alors que l'amorçage négatif le ralentit.
- Pourquoi alors ne pas avoir donné de résultats sur les conditions complémentaires (0,642 contre 0,18) ?

## L'administration de la preuve : un biais de raisonnement ?

- Rappel sur l'amorçage négatif : si une compétence doit être successivement inhibée puis appliquée, alors l'application est altérée par l'inhibition.
- Les chercheur·es ont prouvé qu'il y a altération de la comparaison des longueurs cible, mais pas qu'elle est due à son inhibition en amorçage. D'autres causes peuvent avoir les mêmes effets...

# III. Lecture critique

## L'interrogation partielle sur la relation entre longueur et valeur

- Si l'objectif est de prouver un biais visuo-spatial où la longueur de l'écriture du nombre est assimilée à sa valeur, pourquoi ne pas avoir commencé par examiner l'effet du biais supposé sur les entiers en faisant comparer VIII et X, VI et XXXV, etc.
- Pourquoi avoir travaillé à « partie entière égale » et ne pas avoir testé la comparaison de 1,62 et 0,711 ?
- Pourquoi ne pas avoir travaillé réellement sur la longueur des nombres ? Par exemple : **0,62** et 0,711 ?

## La « valeur » de la partie décimale : un « oubli » de la recherche

- Dans une comparaison comme  $0,131 < 0,6$ , pourquoi négliger la valeur du nombre représenté par la partie décimale ? Comment l'avoir pu dans une publication scientifique à comité de lecture ?
- Pourquoi ne pas avoir testé des conditions portant sur les longueurs sans porter sur la valeur (0,0003 contre 0,6 plutôt que 0,131 contre 0,6) ?
- Les auteurs seraient-ils victimes d'un biais de confirmation ?

### III. Lecture critique

#### **Score d'efficacité inverse : intérêt pour une preuve en éducation ?**

La « preuve » de l'amorçage négatif et donc du biais visuo-spatial repose sur l'emploi de l'indicateur synthétique  $SEI = TR/PR$ .

Quelle est la portée d'un tel indicateur en éducation ?

Examinons le cas de trois élèves fictifs :

- $TR = 2\ 000$  ms et  $PR = 100\ %$  donc  $SEI = 2000$   
L'élève sait réaliser la tâche. Il a appris.
- $TR = 1\ 800$  ms et  $PR = 90\ %$  donc  $SEI = 2000$   
Quelques erreurs. Inattention ?
- $TR = 1\ 200$  ms et  $PR = 60\ %$  donc  $SEI = 2000$ .  
Réponses rapides et erreurs nombreuses. Il n'a pas appris.

L'indicateur SEI est donc inadapté à l'évaluation d'un apprentissage.

Il n'est d'ailleurs pas fait pour cela : son utilisation exige  $PR > 98,5\ %$  car il est utilisé par des recherches sur l'activité de sujets qui savent parfaitement réaliser les tâches proposées.

# Bibliographie

- Borst G. (2019). « Maths : une génération sacrifiée ? ». *Cerveau & Psycho*, 112, 68-73.
- Brault Foisy, L.-M., Masson, S. & Dehaene, S. (2016). Quand le cerveau se « recycle » pour apprendre à lire et à compter. *Vivre le primaire*, 29(3), 57-59.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of Numerical Abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
- Dehaene, S. (2010). Le cerveau calculateur. *Bulletin de l'APMEP*, 488, 312-326
- Roditi, E. & Noûs, C. (2021). Didactique des mathématiques et neurosciences cognitives : une analyse des contributions à la recherche sur l'apprentissage d'un contenu scolaire, *Revue française de pédagogie*, 211, 103-115.
- Hirsch, M. & Roditi, E. (2022). Neurosciences cognitives et apprentissage des nombres rationnels : un point de vue didactique. *Petit x*, 116, 51-74.
- Roditi, E. (soumis). Les neurosciences cognitives et l'enseignement des nombres à l'école. Réflexions didactiques. *Grand N*.
- Roell, M., Viarouge, A., Houdé, O., & Borst, G. (2017). Inhibitory control and decimal number comparison in school-aged children. *PloS ONE*.
- Roell, M., Viarouge, A., Houdé, O., & Borst, G. (2019a). Inhibition of the whole number bias in decimal number comparison: A developmental negative priming study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 177, 240-247.
- Roell, M., Viarouge, A., Hilscher, E., Houdé, O., & Borst, G. (2019b). Evidence for a visuospatial bias in decimal number comparison in adolescents and in adults. *Scientific Reports*, 9.
- Tipper, S.P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 37(A), 571-590.