

L'inconscient cognitif et la profondeur des opérations subliminales

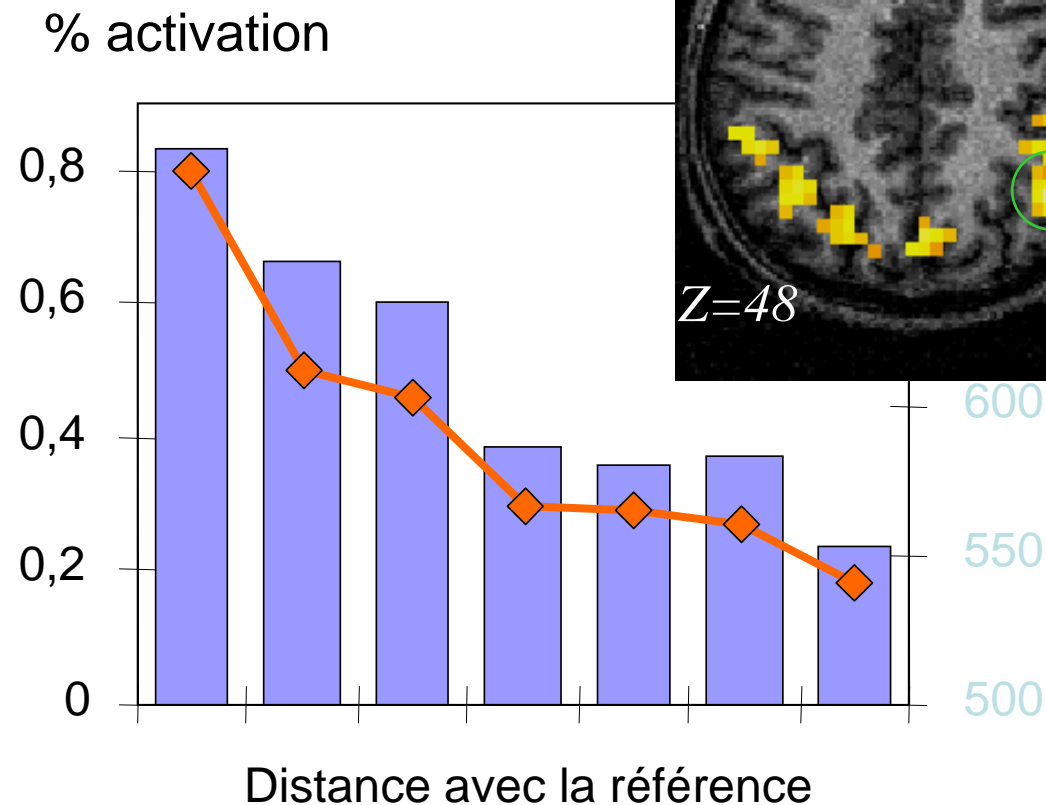
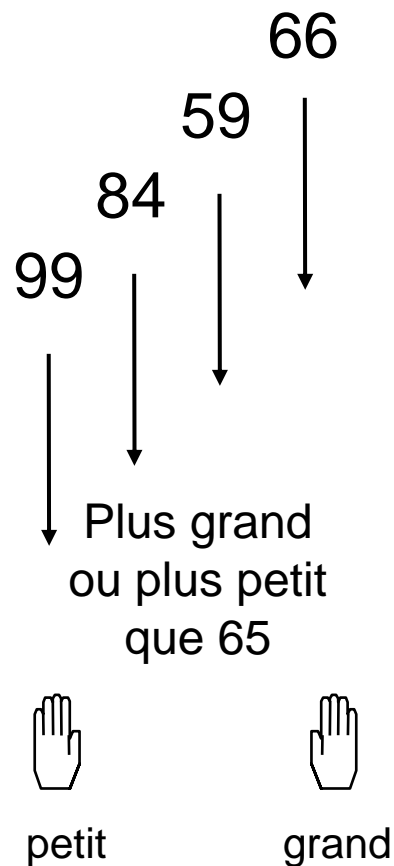
Stanislas Dehaene
Chaire de Psychologie Cognitive Expérimentale

Cours

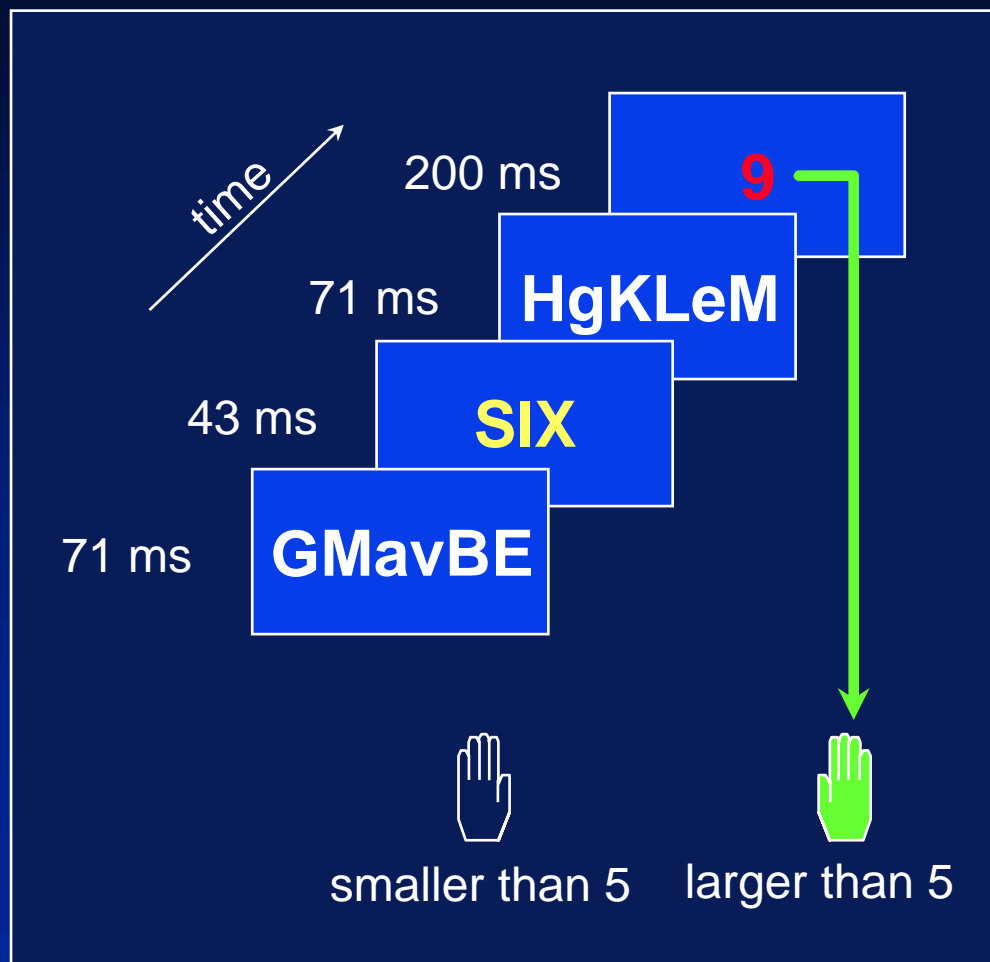
Modulation subliminale de la prise de décision

Un stimulus non-conscient peut-il influencer l'ensemble des étapes d'une tâche cognitive?

- Le cas de la comparaison des nombres



Conception de l'expérience de 1998



CIBLE :

- Nombres 1, 4, 6 or 9 en notation arabe ou verbale

AMORCE :

- Egalement l'un des nombres 1, 4, 6 or 9, en notation arabe ou verbale
- Varie indépendamment de la cible
- Invisible

MASQUES:

- Varient aléatoirement d'essai en essai

INSTRUCTIONS DE REPONSE:

- Changent au milieu de l'expérience

L'amorce numérique est-elle non-consciente?

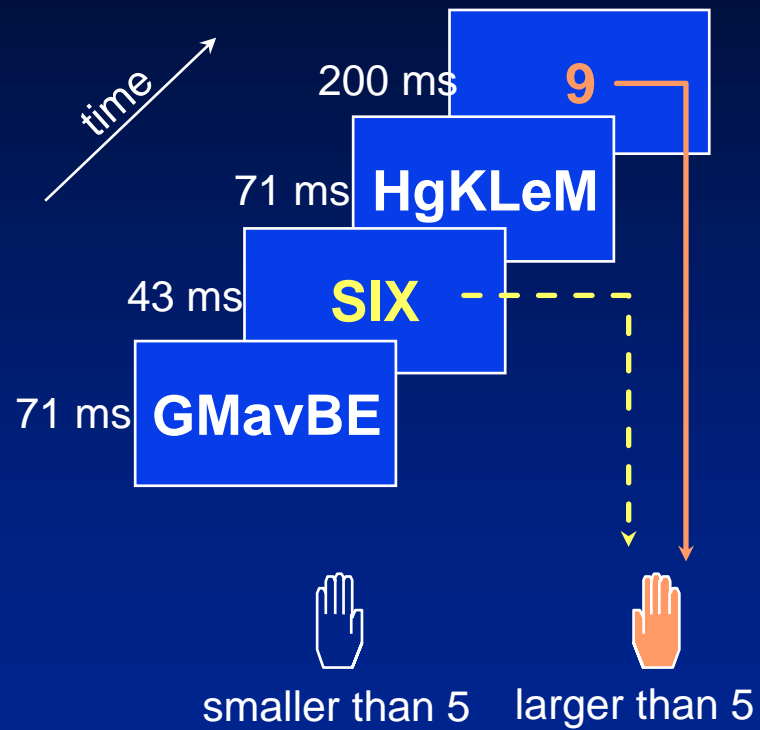
Les mesures directes sont au niveau du hasard.

Table 1 Experimental measures of prime awareness

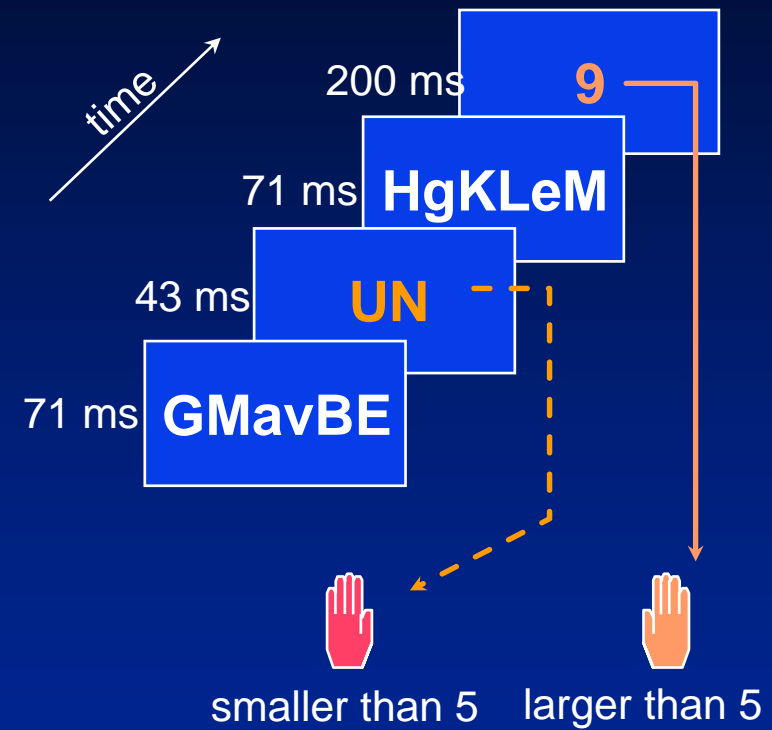
	Prime duration (ms)					
	0	29	43	57	114	200
Task 1						
Hit rate (%)	4.2	10.4	12.5	25.0	85.4	97.9
False alarms (%)	4.2	7.3	7.3	3.1	5.2	1.0
d'	0.0	0.20	0.30	1.19**	2.68**	4.36**
Task 2						
Hit rate (%)	28.6	40.2	49.1	46.4	78.6	95.5
False alarms (%)	34.8	32.1	41.1	30.4	28.6	16.1
d'	-0.17	0.22	0.20	0.42*	1.36**	2.69**

In two control experiments, subjects were fully informed of the precise structure of the stimuli and were then presented with trials with numerical primes intermixed with trials in which the primes were omitted (explicit detection, task 1; six subjects, 96 trials per cell) or replaced by random strings with the same number of characters (number versus letter-string discrimination, task 2; seven subjects, 112 trials per cell). Prime duration was systematically varied. At the prime duration used in the main experiments (43 ms), subjects consistently reported not seeing the numerical primes (task 1), did not respond differently to prime-absent and prime-present trials (task 1) and were unable to discriminate numerical primes from letter strings (task 2). Discrimination performance, as measured by d' , a bias-free measure of stimulus discriminability derived from signal-detection theory, began to deviate from chance only for a prime duration of 57 ms or more (χ^2 test; asterisk indicates $P < 0.05$; double asterisk indicates $P < 0.001$).

Effet de congruence des réponses

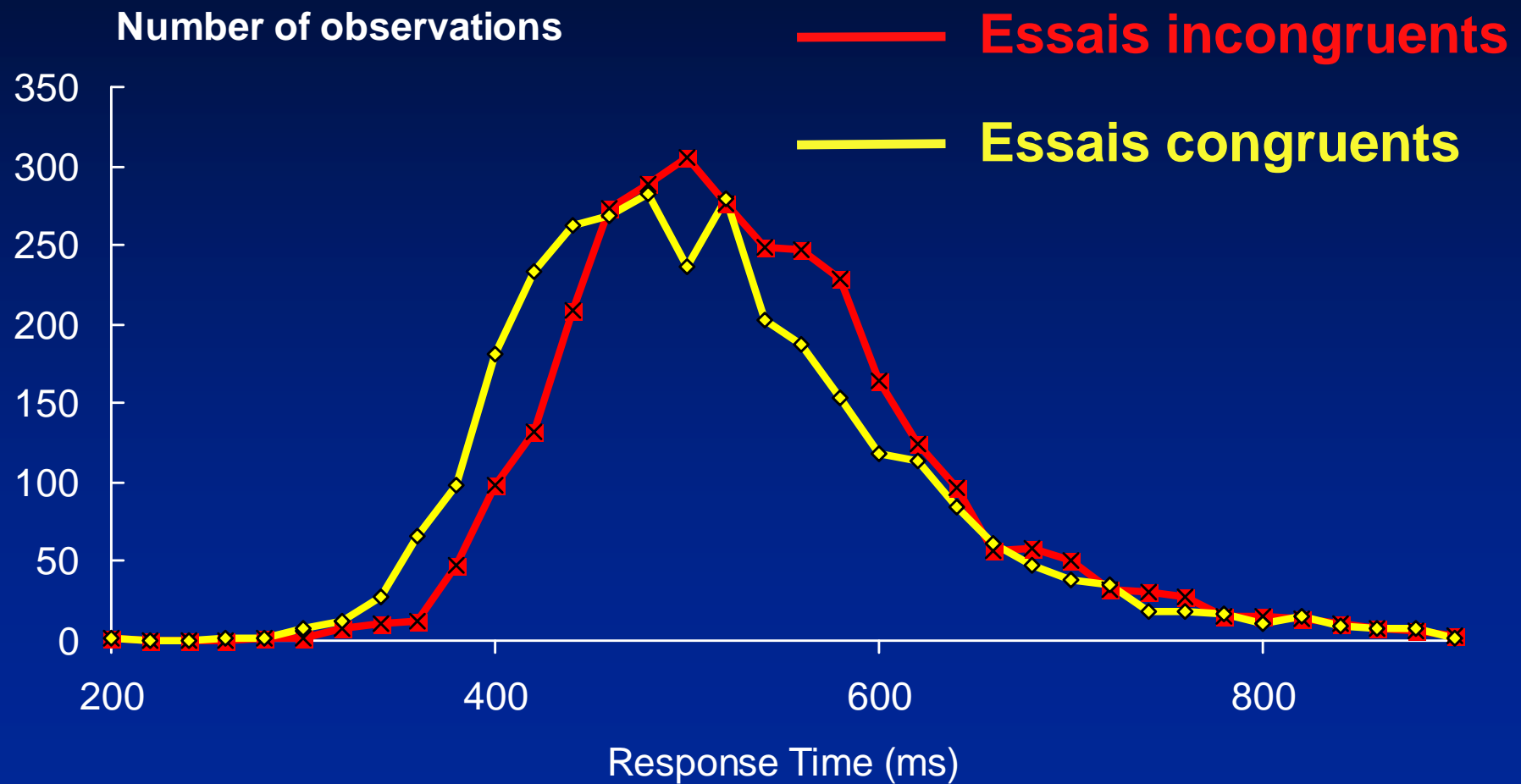


Réponses congruentes

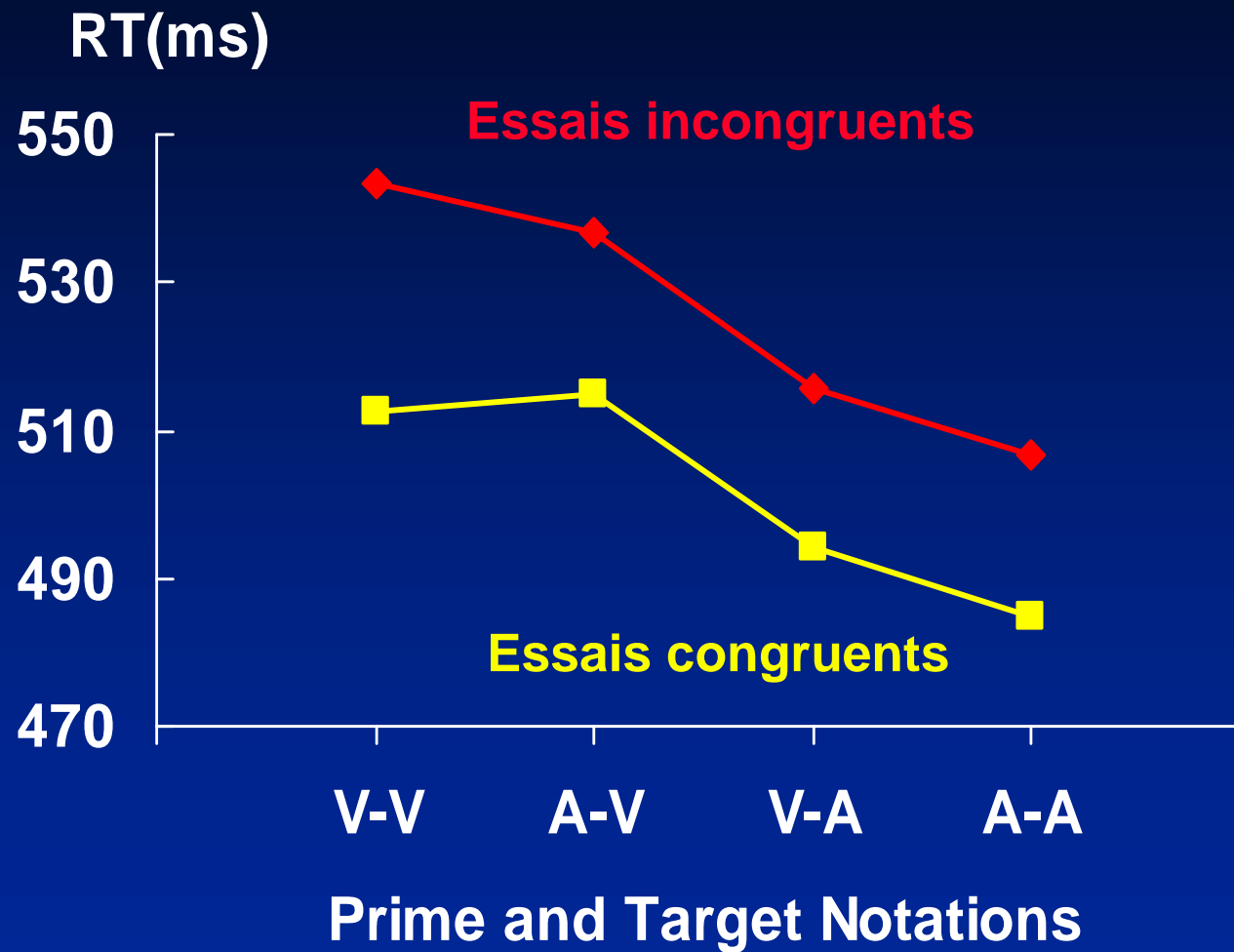


Réponses incongruentes

Distributions des temps de réponse selon la congruence: Un effet d'amorçage inconscient



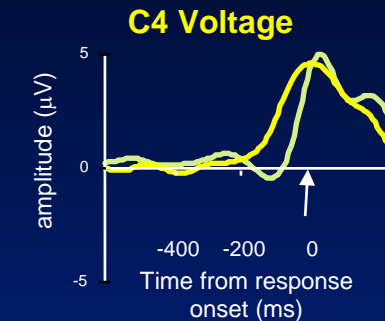
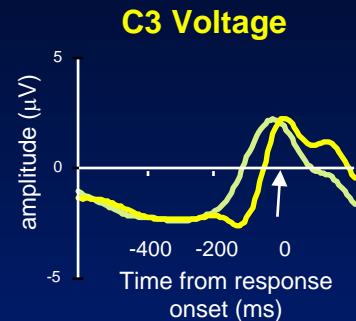
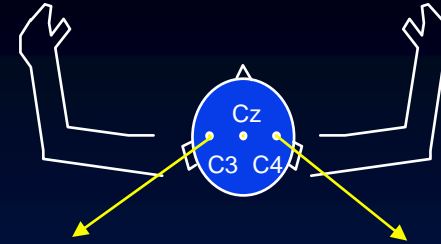
L'effet d'amorçage inconscient est indépendant de la notation utilisée



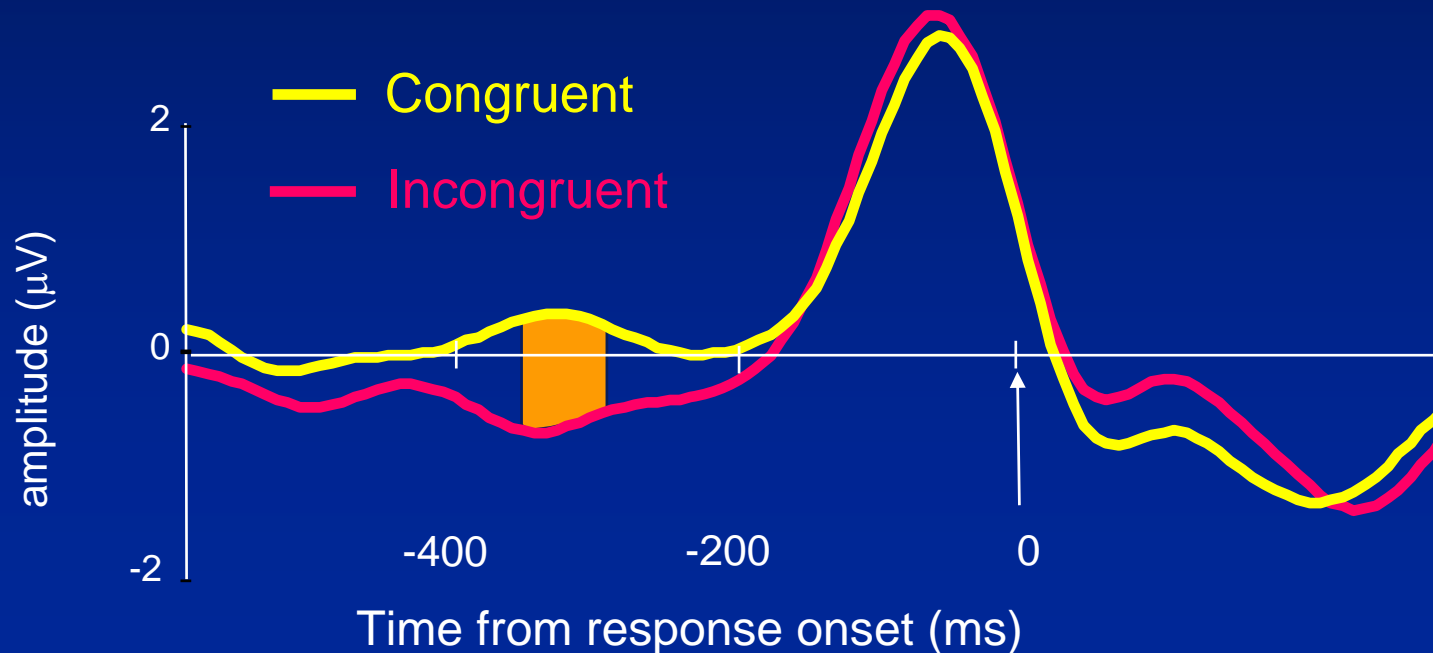
L'amorçage
subliminal atteint le
niveau de la
préparation motrice

Données de
potentiels évoqués

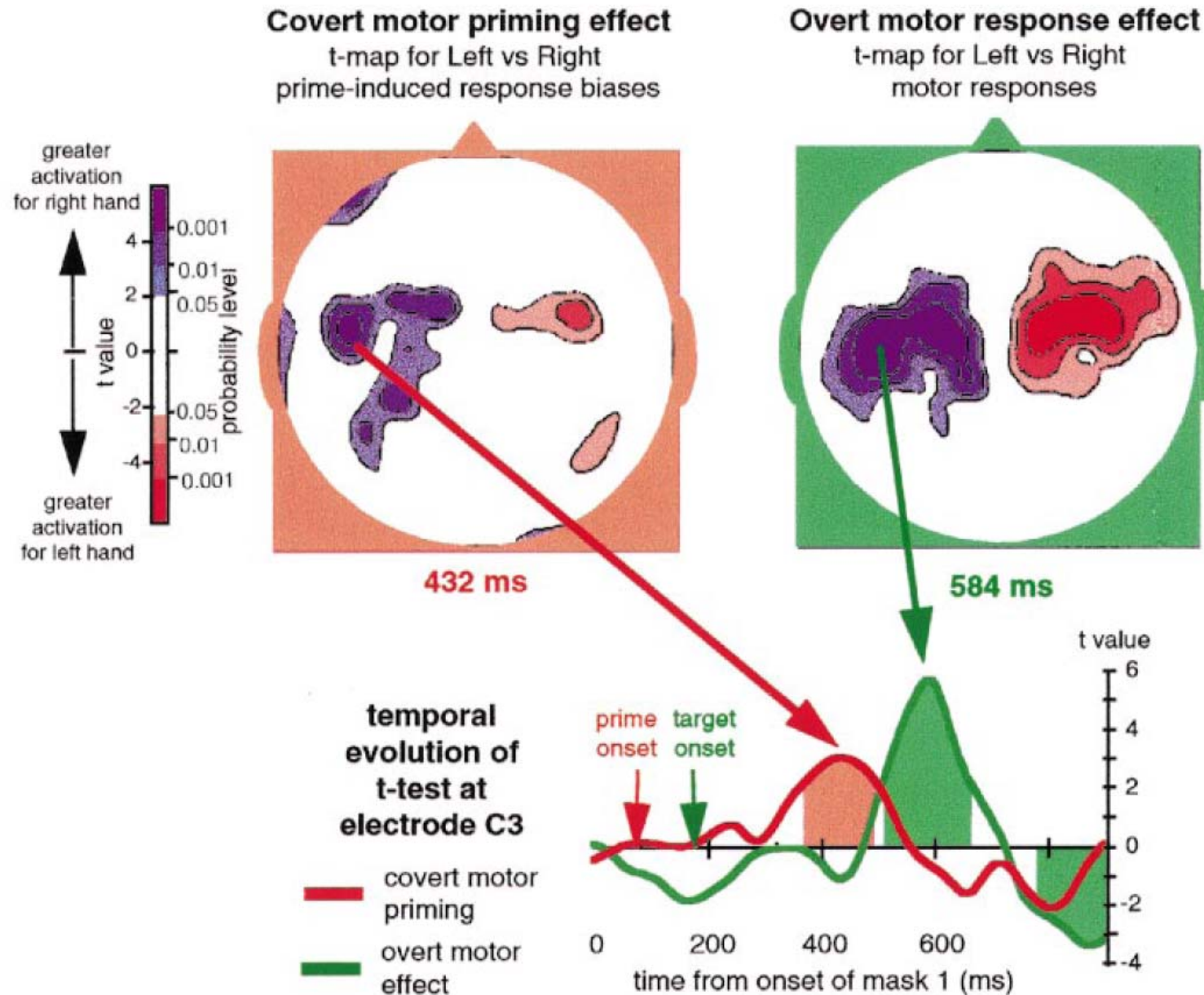
« Lateralized readiness potential »



$$\text{LRP} = (\text{L Hand} - \text{R Hand})_{\text{C3}} + (\text{R Hand} - \text{L Hand})_{\text{C4}}$$



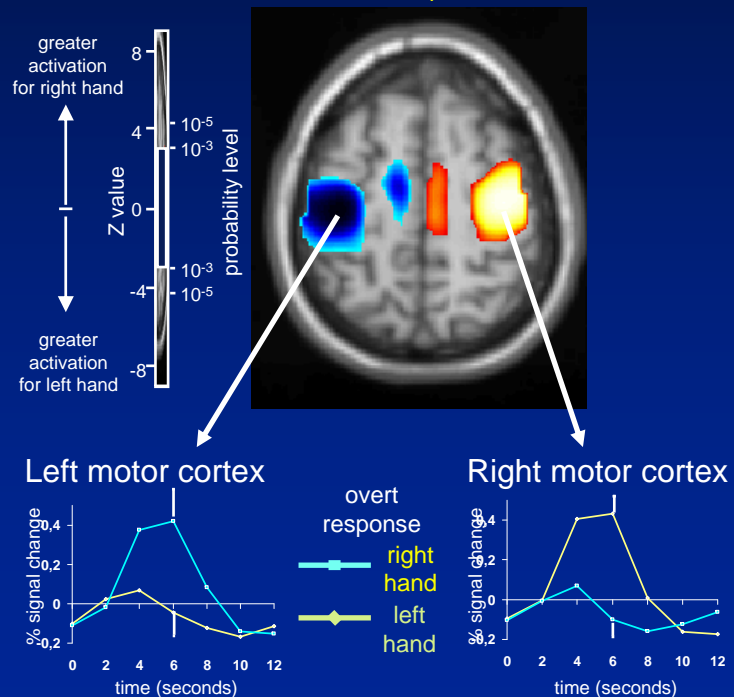
Les potentiels évoqués détectent deux activations motrices
évoquées successivement par l'amorce et par la cible



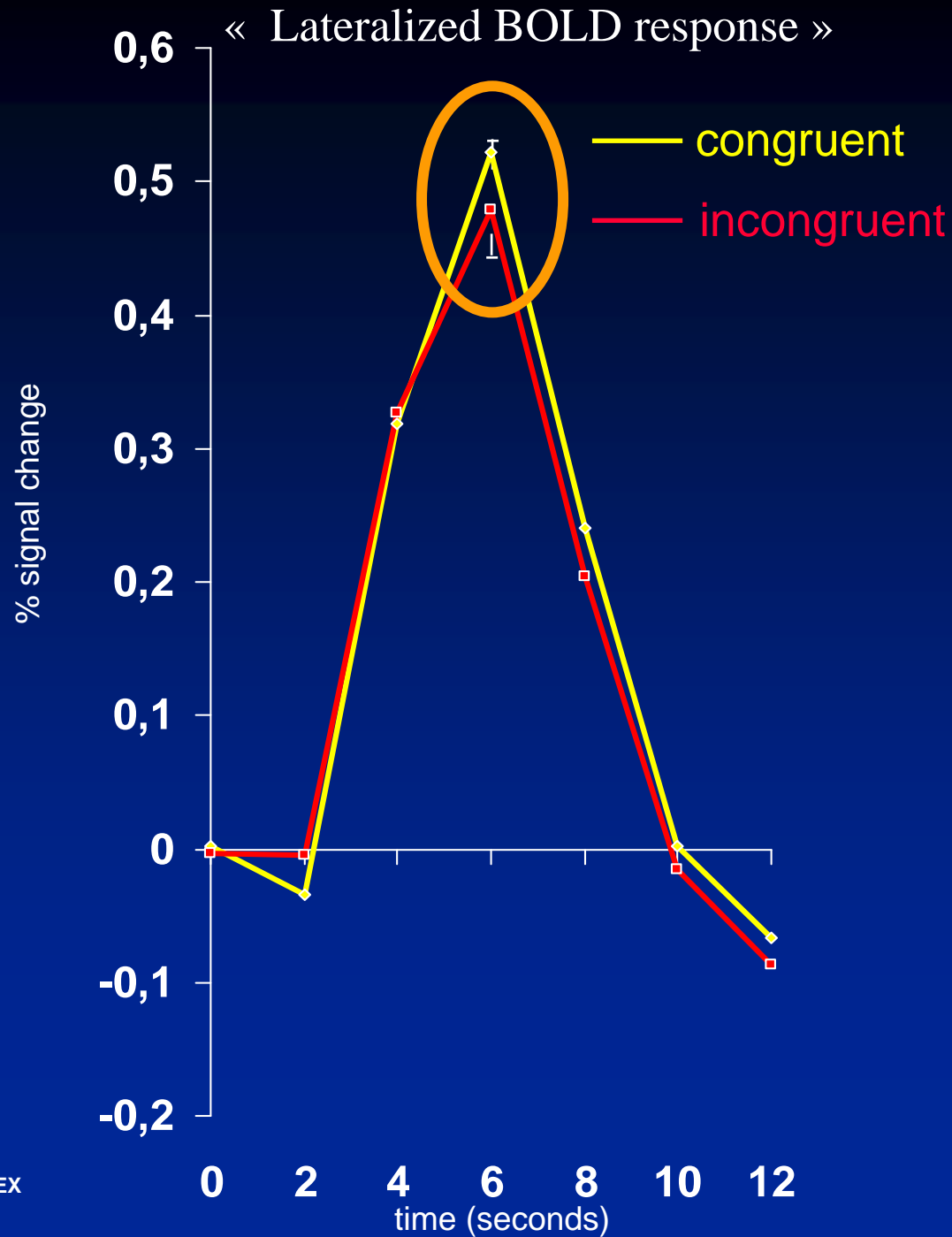
L'amorçage subliminal atteint le niveau de la préparation motrice

Données d'IRMf

Overt motor response effect
Z-map for Left vs Right motor responses



$$LBR = (RH - LH)_{LEFT CORTEX} + (LH - RH)_{RIGHT CORTEX}$$



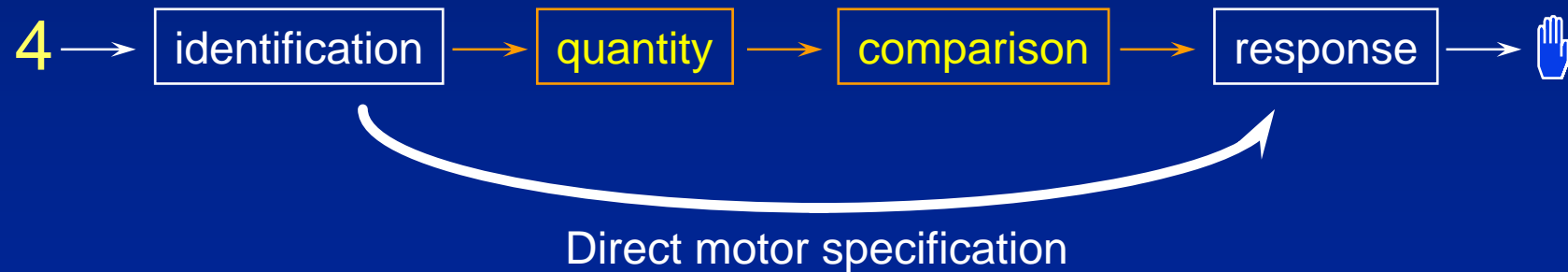
Conclusions de l'article de 1998

- L'amorçage subliminal n'est pas restreint au niveau perceptif
- Une amorce subliminal peut affecter une tâche sémantique
- Une amorce subliminale peut traverser l'ensemble d'une chaîne de traitement, jusqu'au niveau moteur.
- La main de réponse dépend des instructions données au sujet. Il apparaît donc que les instructions influencent le traitement subliminal.

Traitement sémantique inconscient....

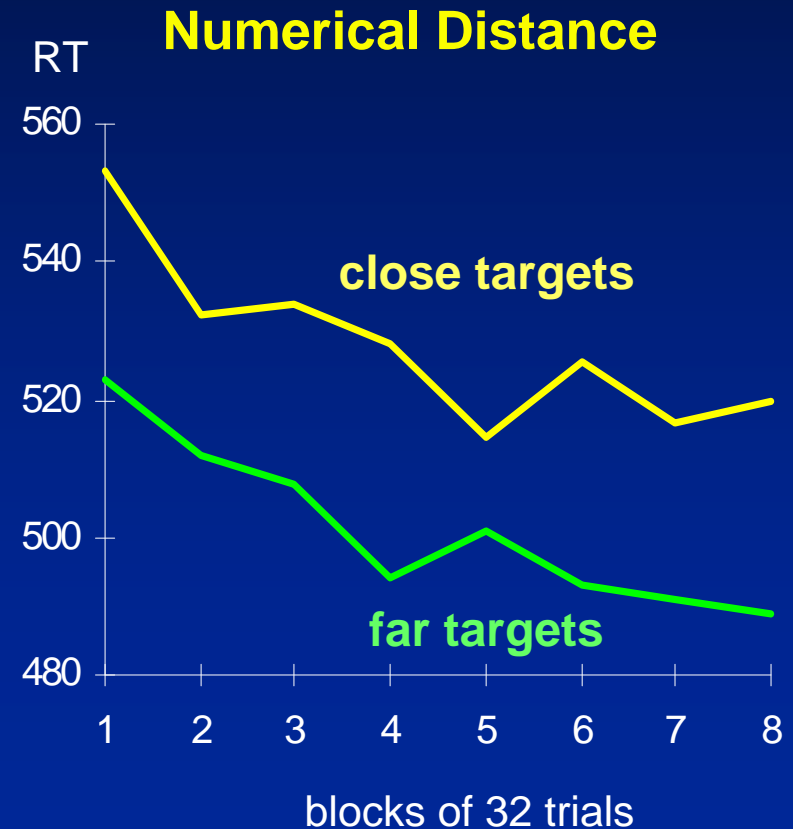
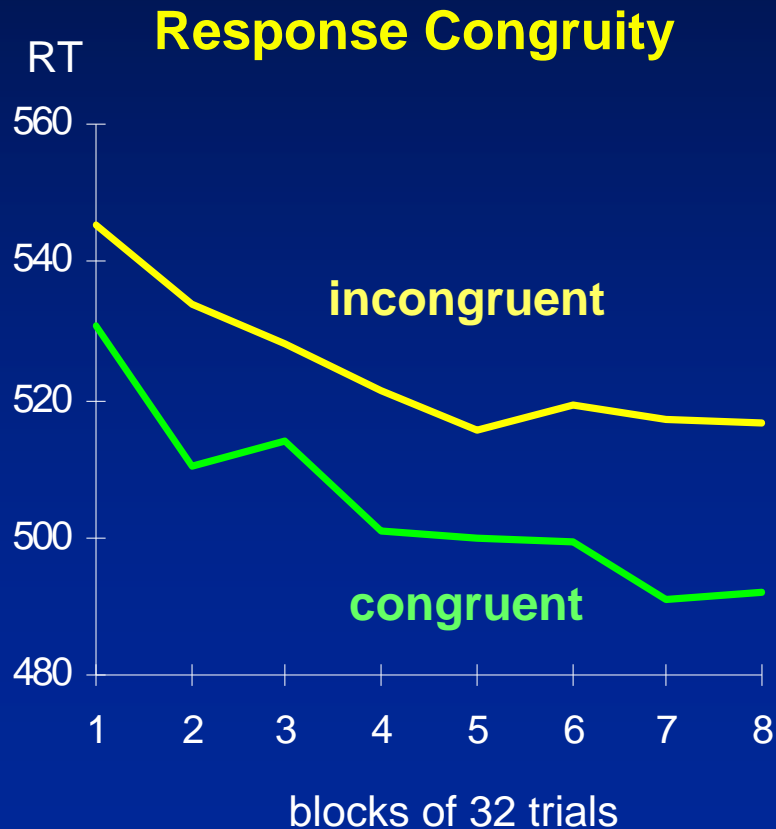


... Ou spécification motrice directe?



Quelques arguments contre le modèle de spécification motrice directe

- Ni l'effet d'amorçage, ni l'effet de distance, ne varient avec l'entraînement des sujets.
- L'effet d'amorçage existe dès le premier bloc de 32 essais avec une nouvelle instruction de réponse.



L'effet d'amorçage subliminal s'étend à des amorces nouvelles, jamais vues au cours de l'expérience

Naccache L, Dehaene S. Unconscious semantic priming extends to novel unseen stimuli. Cognition 2001; 80: 215-29.

OLD SET:
numbers
1, 4, 6, and 9



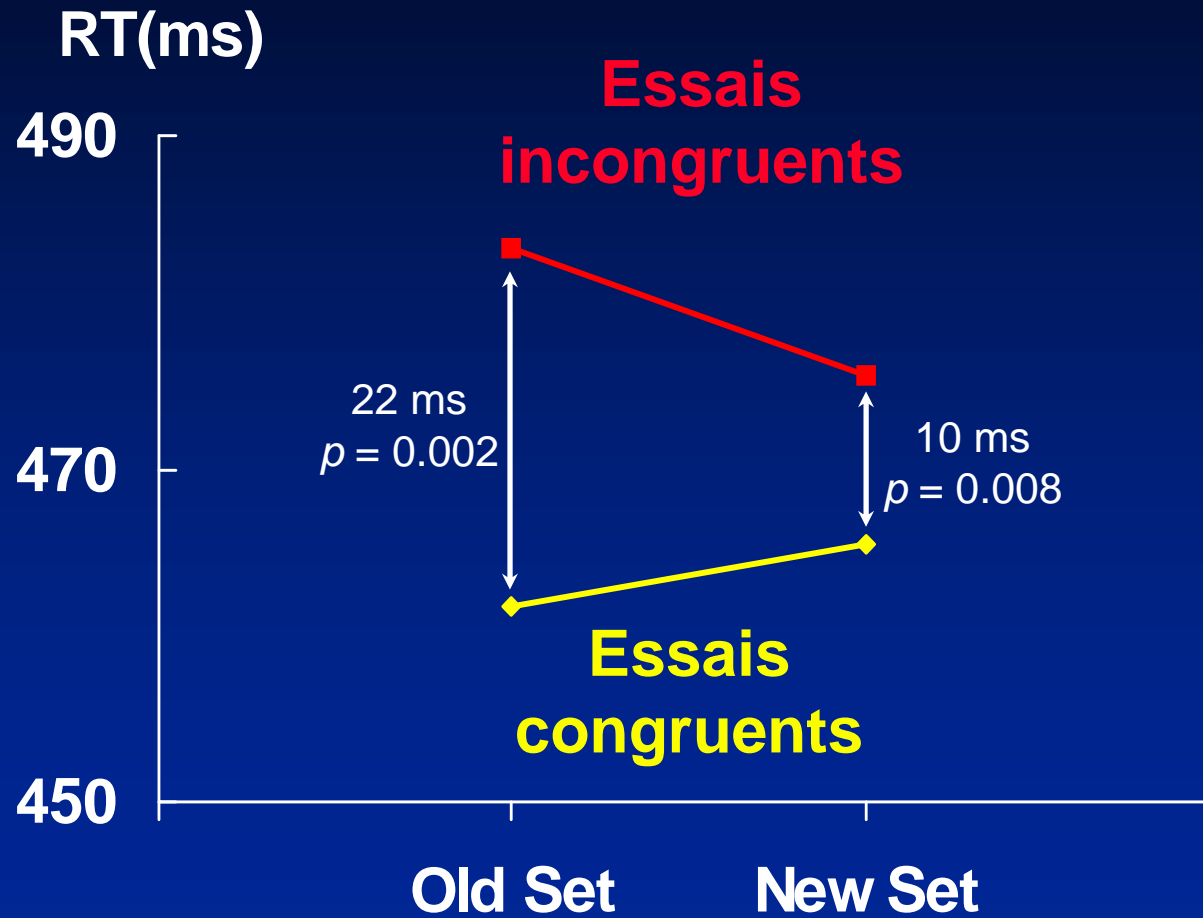
NEW SET:
numbers
2, 3, 7, and 8



Réponses
congruentes

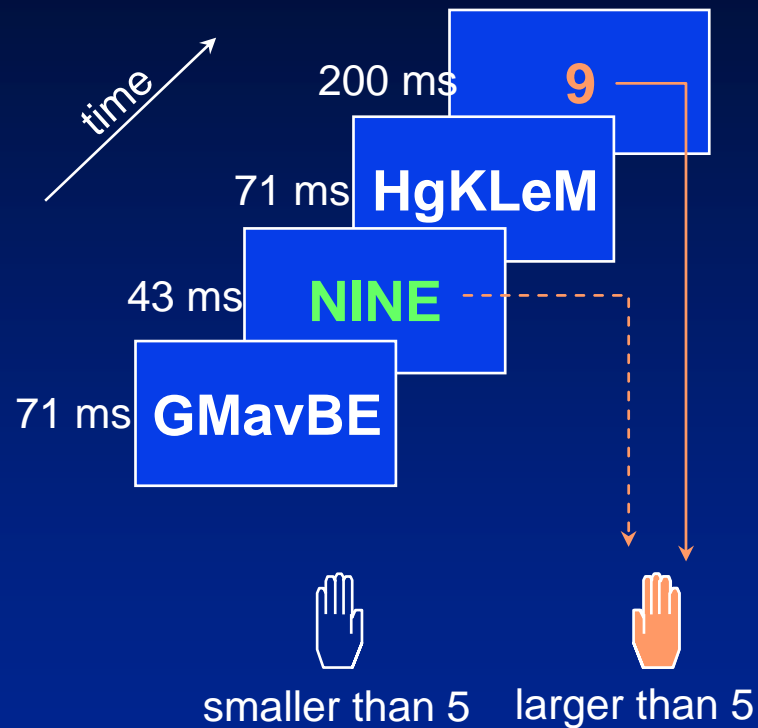
Réponses
incongruentes

Résultats comportementaux

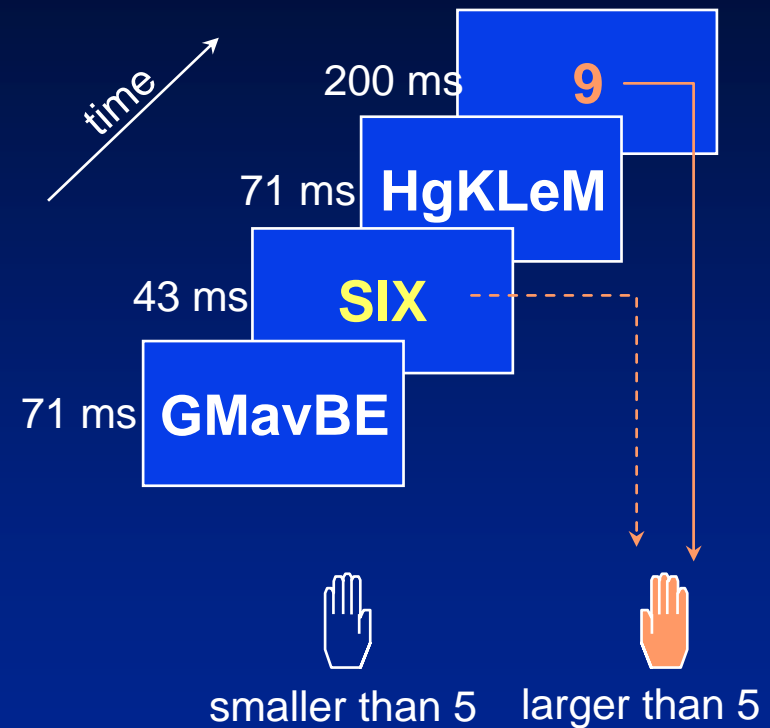


Un nouvel effet: l'amorçage de la quantité et non de la réponse motrice

Naccache L, Dehaene S. The Priming Method: Imaging Unconscious Repetition Priming Reveals an Abstract Representation of Number in the Parietal Lobes. *Cereb Cortex* 2001; 11: 966-74.

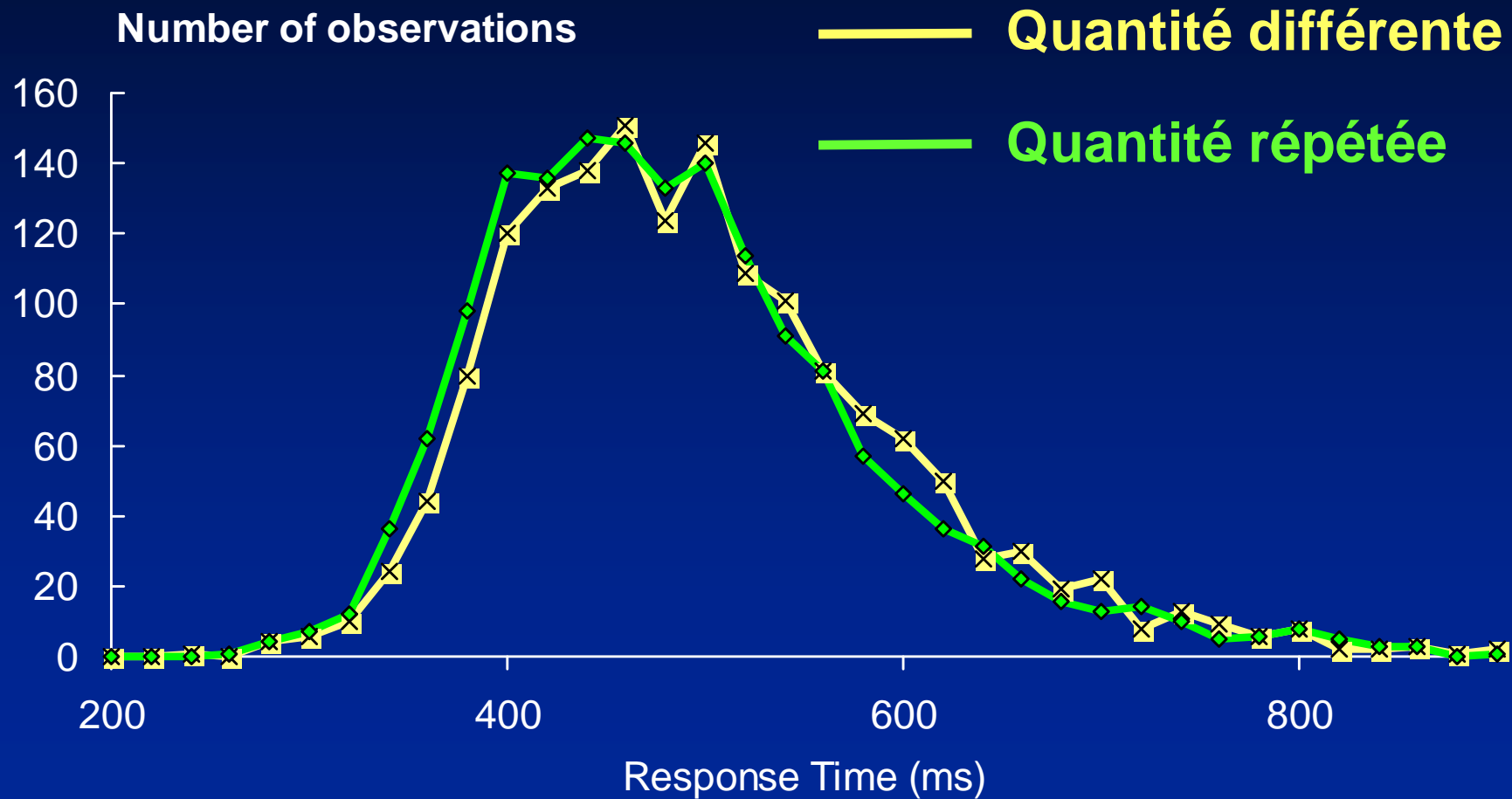


Même réponse
Quantité répétée

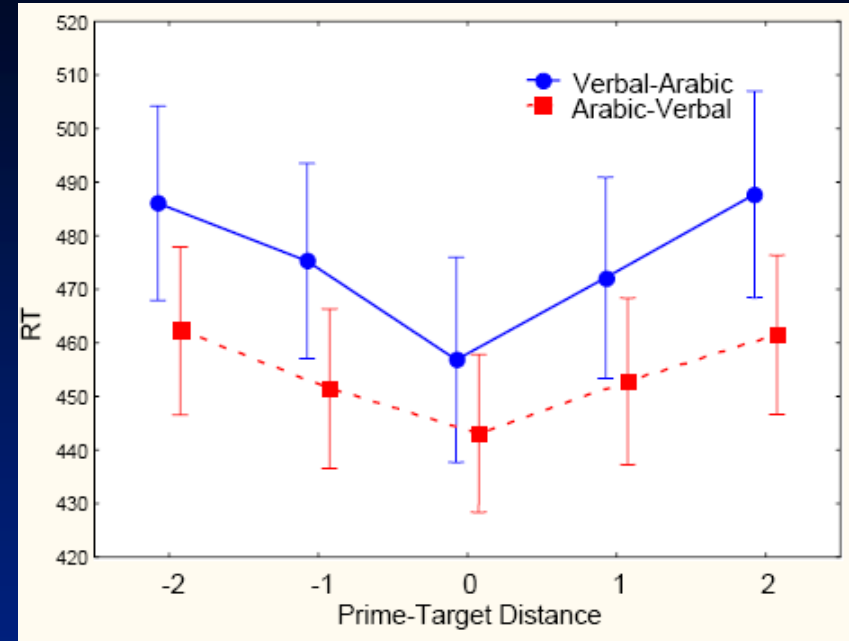
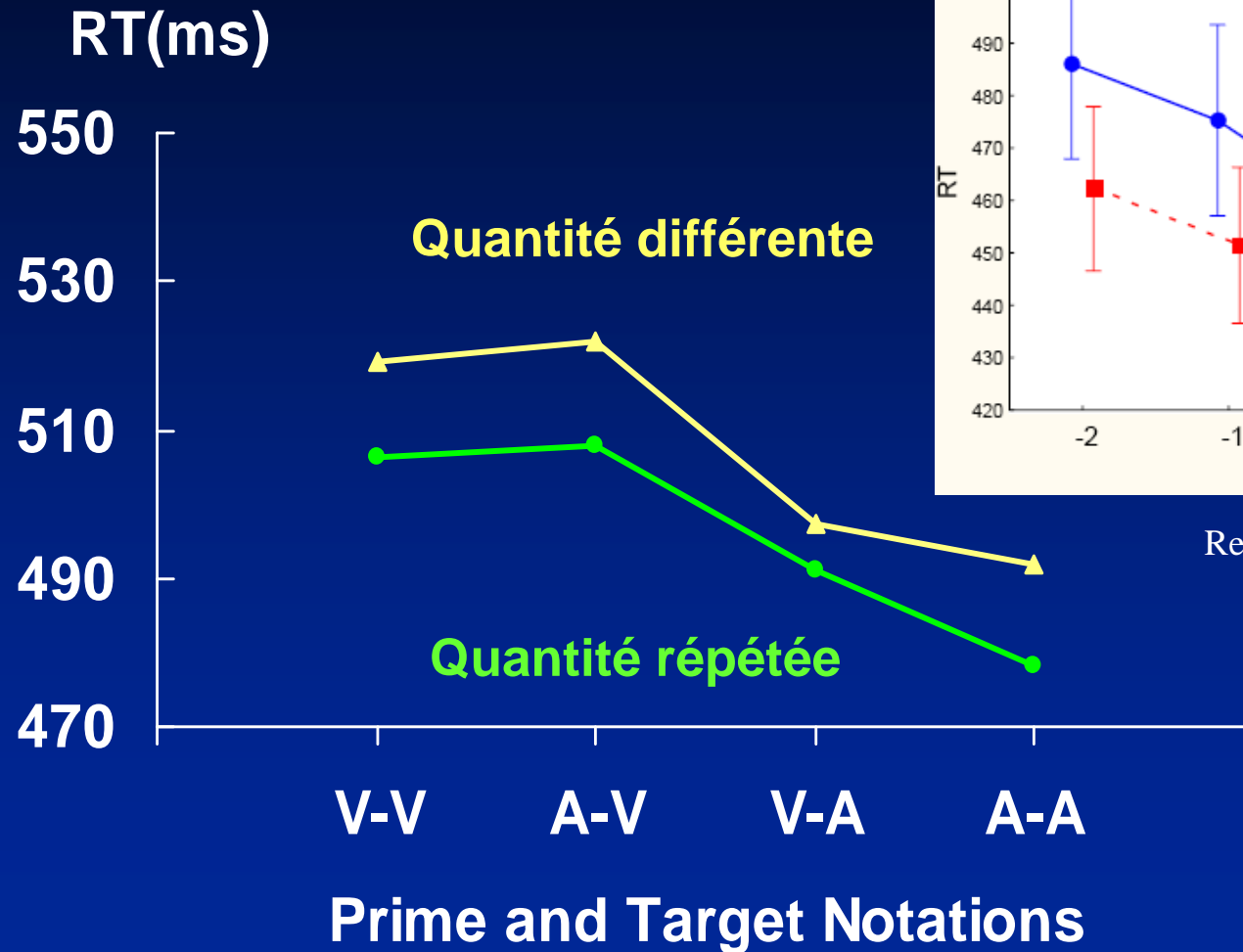


Même réponse
Quantité différente

Amorçage de la quantité: Effet sur la distribution des temps de réponse



Amorçage comportemental indépendant de la notation

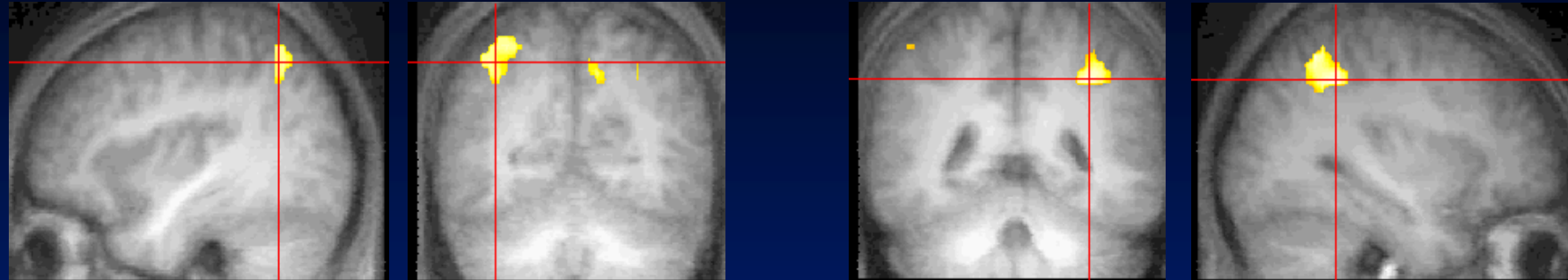


Reynvoet & Brysbaert (2004)

Naccache, L., & Dehaene, S. (2001). The Priming Method: Imaging Unconscious Repetition Priming Reveals an Abstract Representation of Number in the Parietal Lobes. *Cereb Cortex*, 11(10), 966-974.

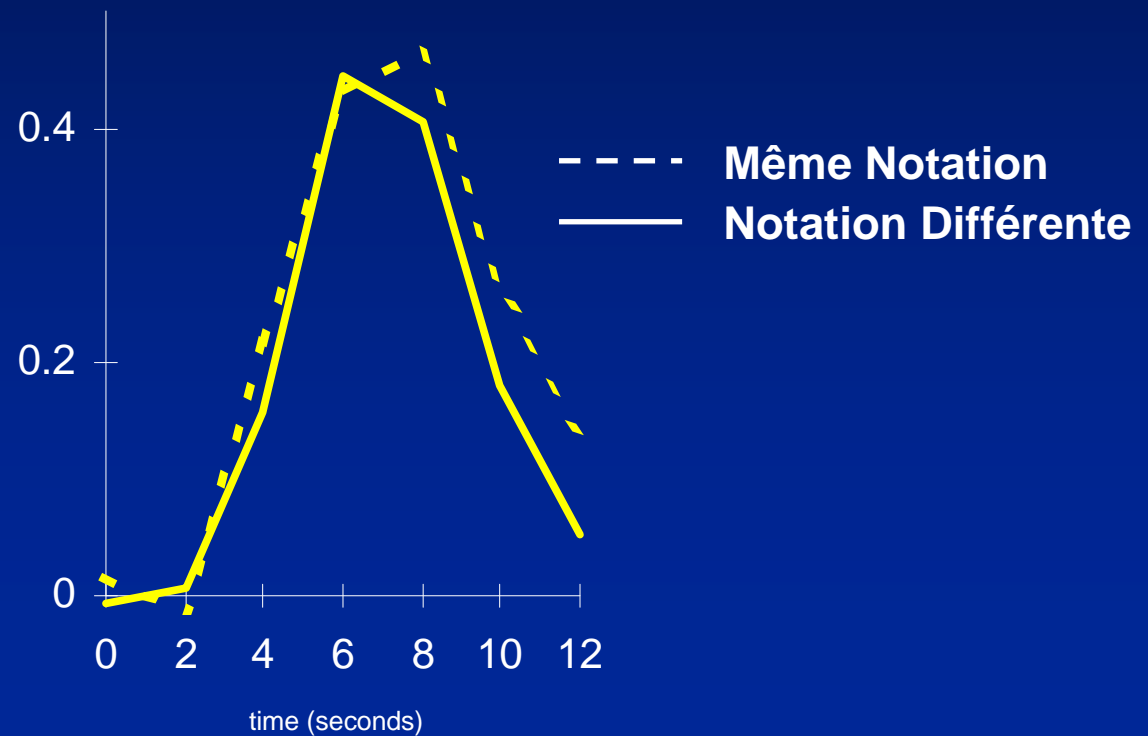
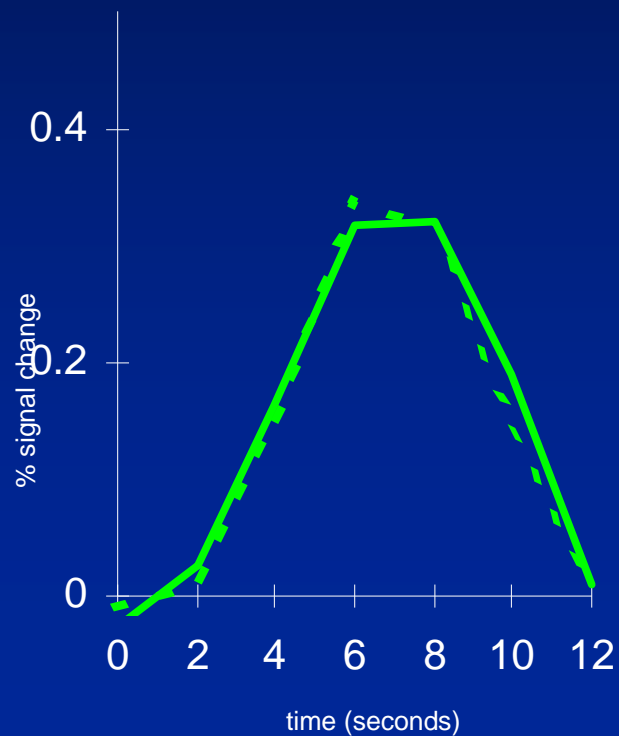
Traitement inconscient de la quantité

La région intrapariétale montre un effet d'amorçage inconscient

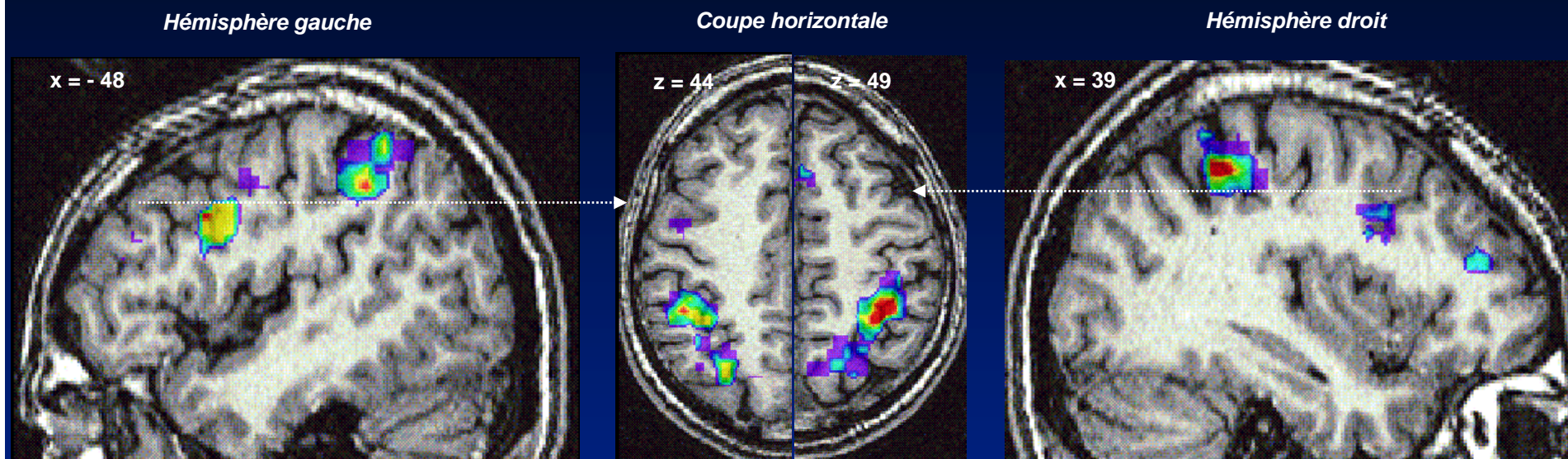


Même quantité

Deux quantités différentes



Le « sens des nombres » et le sillon intrapariétal: rôle du hIPS (*horizontal segment of intraparietal sulcus*)



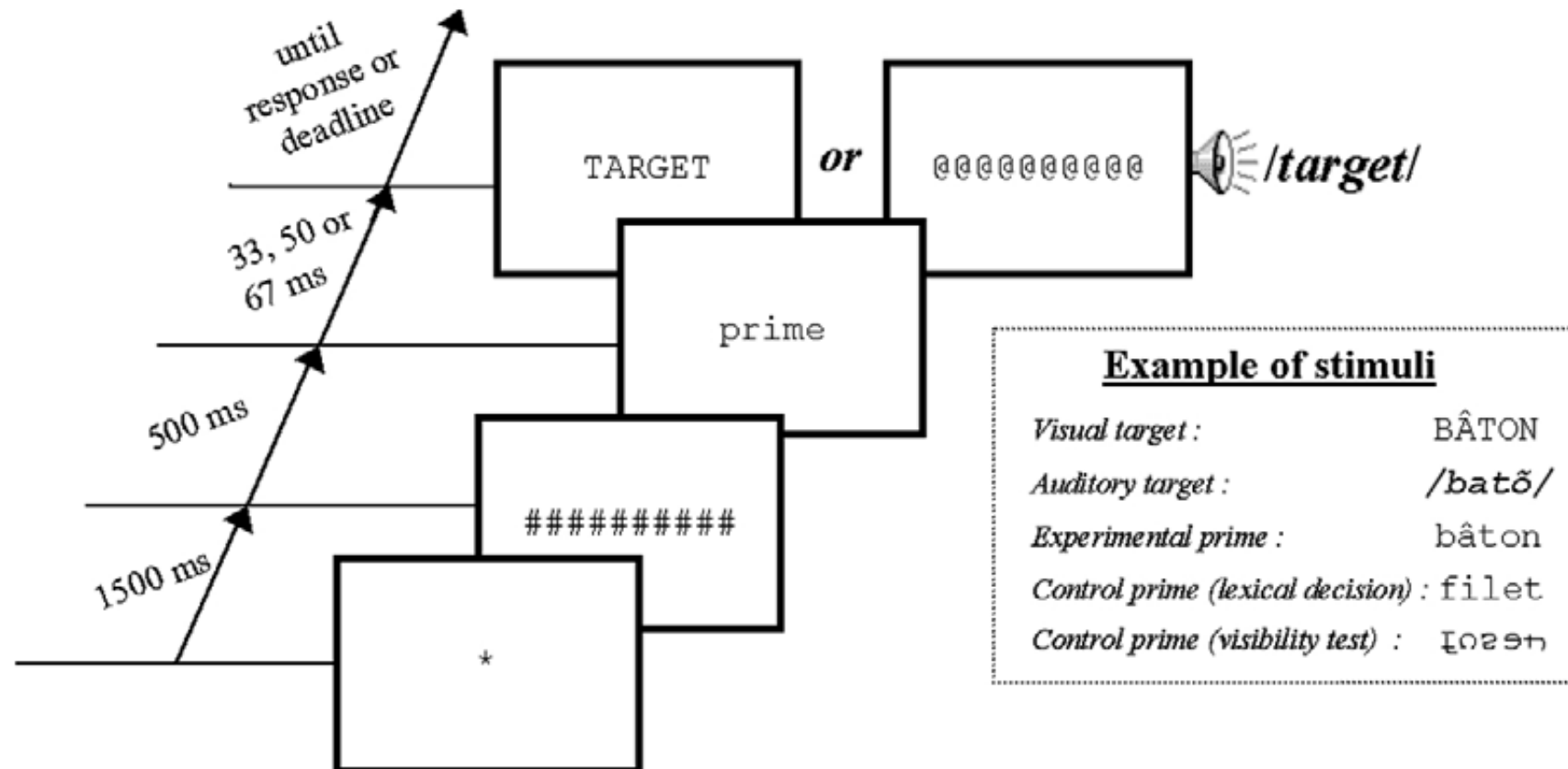
Méta-analyse de Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). *Cognitive Neuropsychology*

- Toutes les tâches numériques activent cette région
(addition, soustraction, comparaison, approximation, détection de chiffres...)
- Cette région remplit deux critères essentiels d'une représentation sémantique
 - Elle répond aux nombres présentés dans de nombreux formats (chiffres arabes, mots écrits ou parlés, numérosité d'ensembles d'objets) plus qu'à d'autres catégories d'objets (animaux, lettres)
 - Son degré d'activation varie selon une métrique sémantique (distance et quantité numérique)

La question de l'amorçage inter-modal

Kouider S, Dupoux E. A functional disconnection between spoken and visual word recognition: evidence from unconscious priming. *Cognition* 2001; 82: B35-49.

Selon Kouider et Dupoux (2001)
pas d'amorçage inter-modal inconscient



La question de l'amorçage inter-modal

Kouider S, Dupoux E. A functional disconnection between spoken and visual word recognition: evidence from unconscious priming. *Cognition* 2001; 82: B35-49.

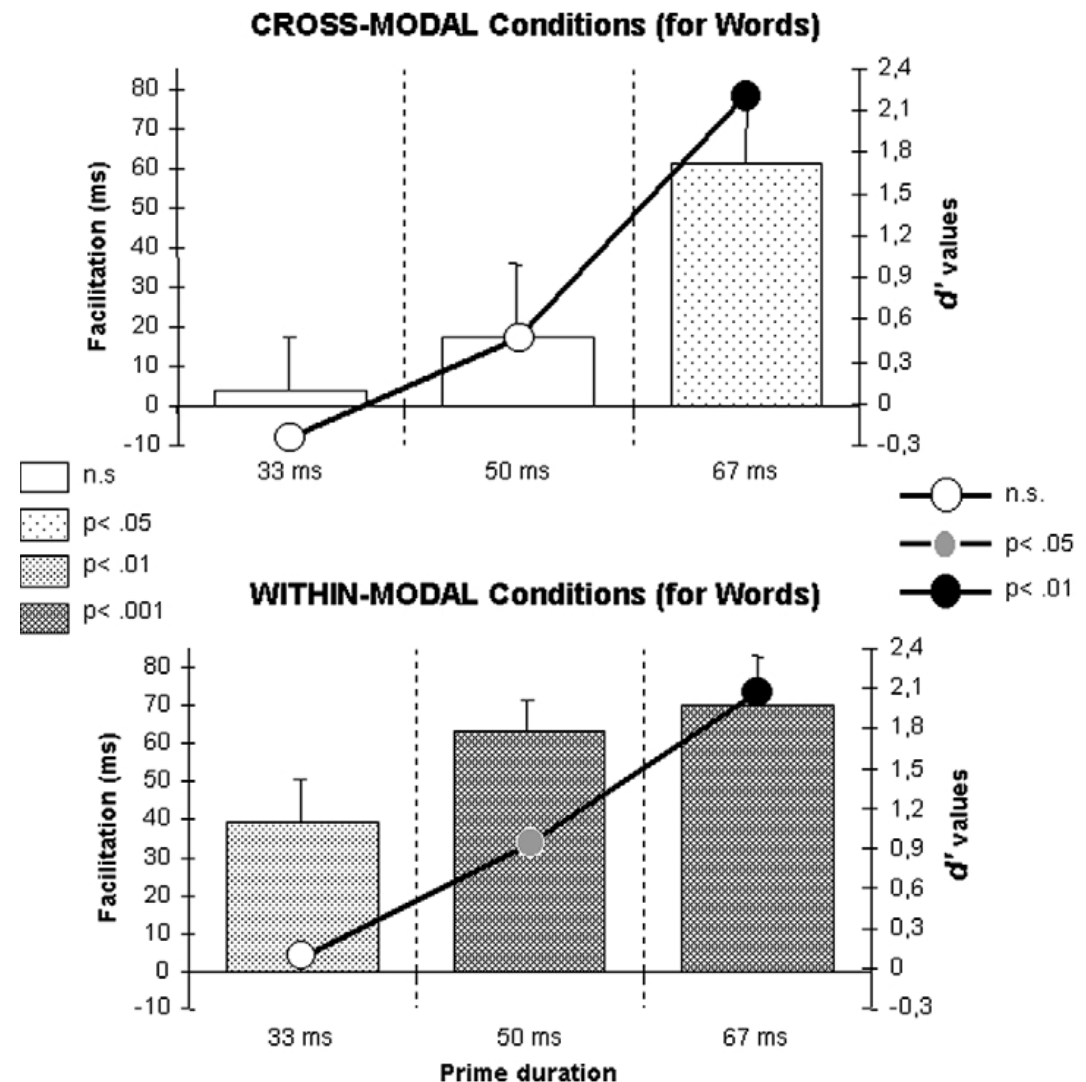
Tâche = décision lexicale

Résultats:

-Effet d'amorçage subliminal (à 33 ms) dans la condition « intra-modale » (amorce visuelle, cible visuelle)

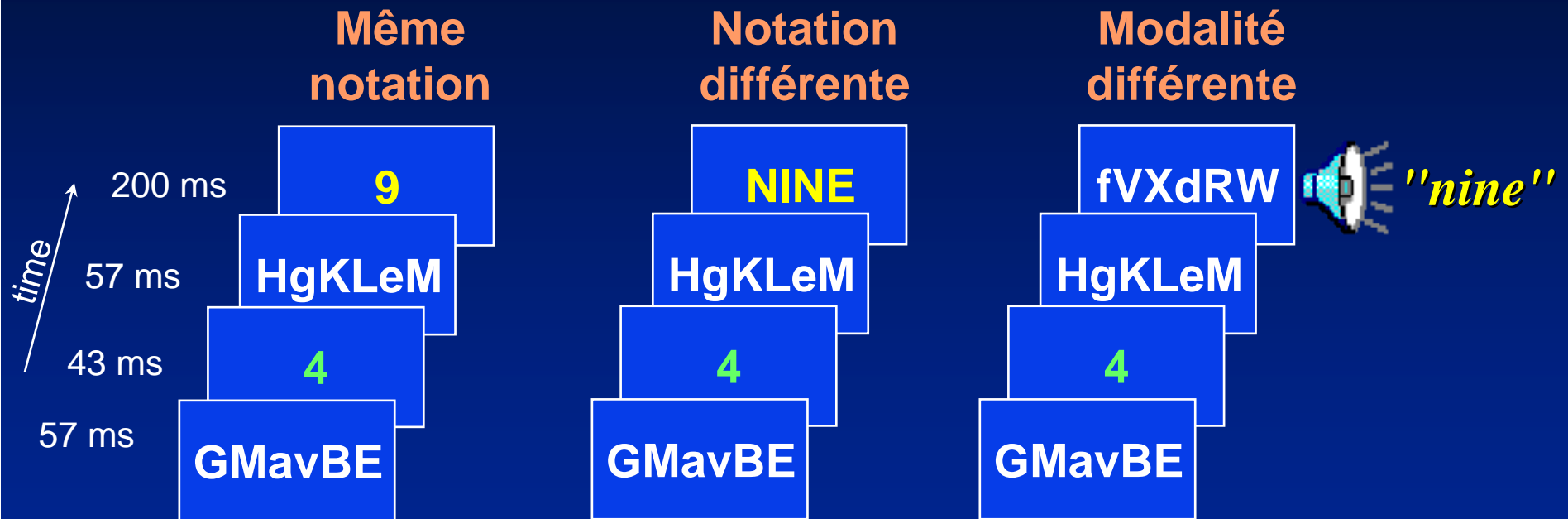
-Pas d'effet d'amorçage subliminal cross-modal (visuel-auditif) sans conscience

-Même à SOA=67 ms, l'effet cross-modal dépend strictement de la conscience des amorces (97 ms chez les 12 sujets conscients; 14 ms, n.s., chez les 12 sujets non-conscients)



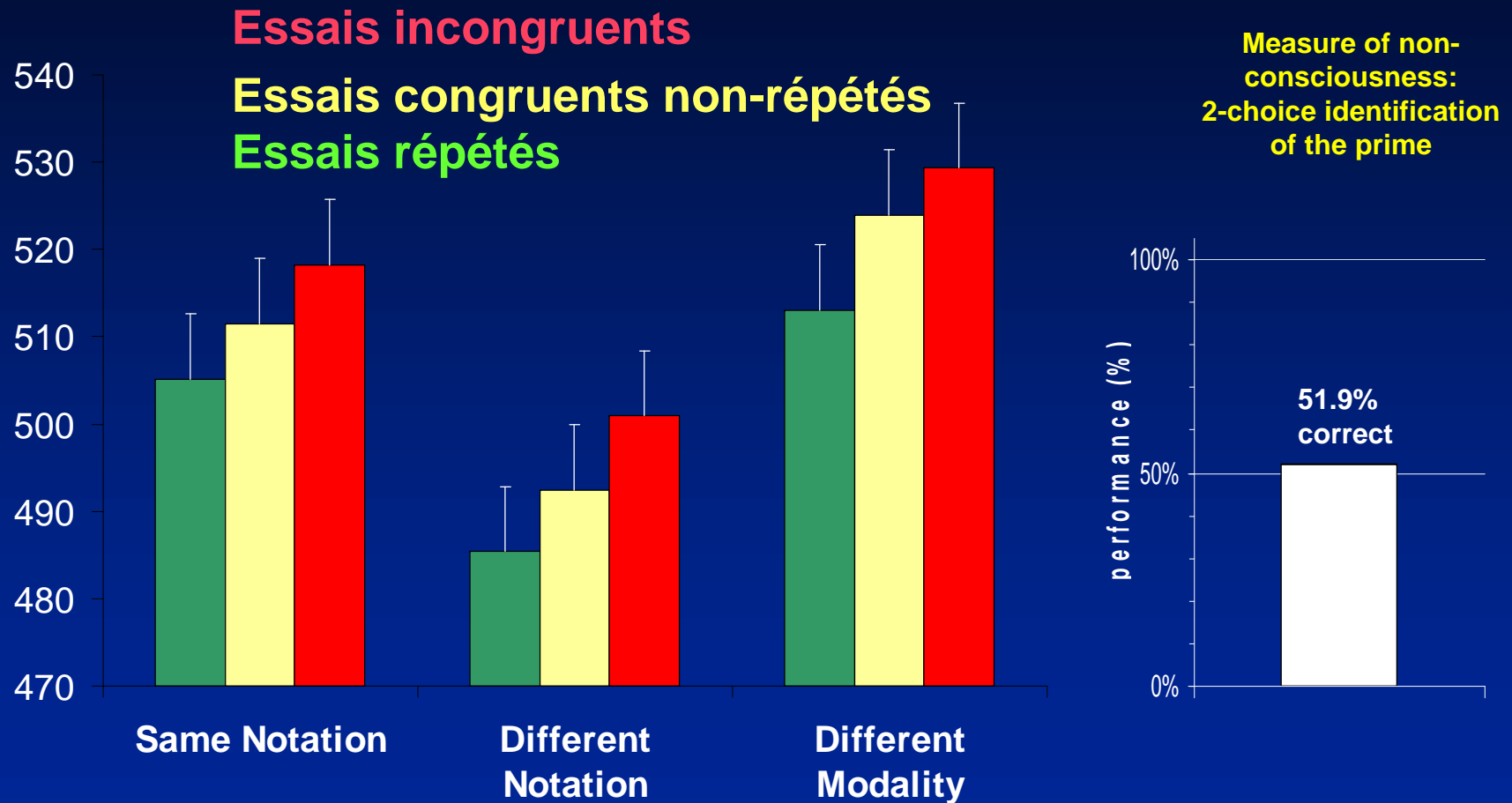
Dans le domaine numérique, on obtient un effet d'amorçage subliminal cross-modal

Kouider & Dehaene (*Experimental Psychology*, sous presse) Subliminal number priming within and across the visual and auditory modalities



Dans le domaine numérique, on obtient un effet d'amorçage subliminal cross-modal

Kouider & Dehaene (*Experimental Psychology*, sous presse) Subliminal number priming within and across the visual and auditory modalities

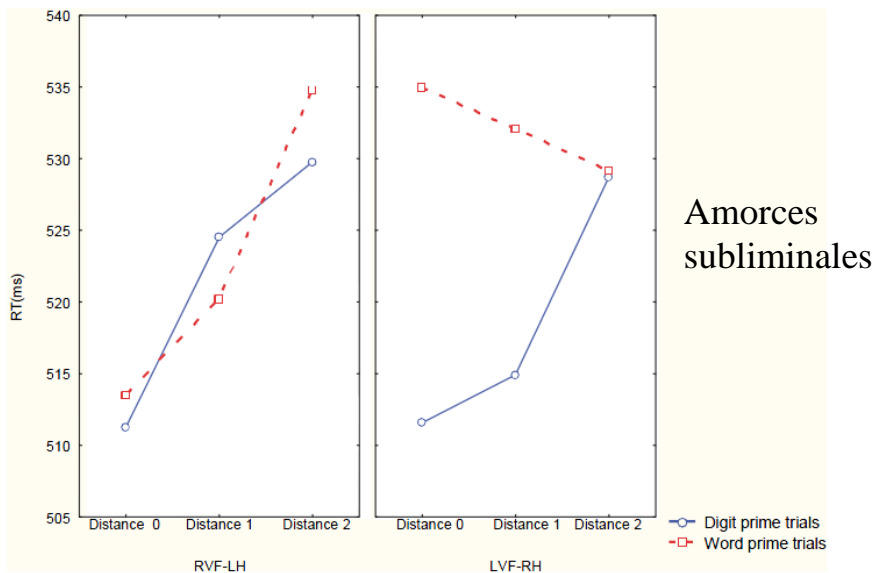
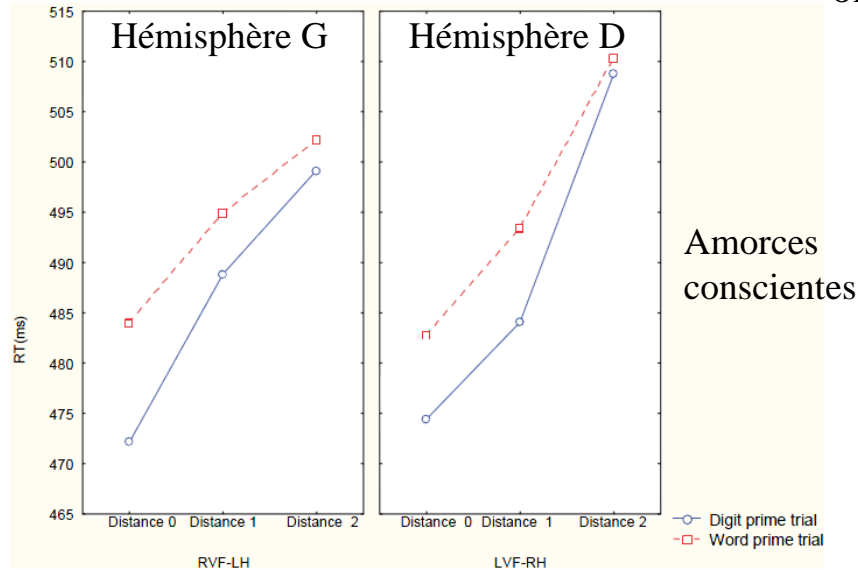


Conclusion: il peut exister un effet d'amorçage cross-modal sans conscience

Une limite à l'amorçage subliminal:

La reconnaissance des nombres dans un hémichamp

Reynvoet, B., & Ratinckx, E. (2004). Hemispheric differences between left and right number representations: effects of conscious and unconscious priming. *Neuropsychologia*, 42(6), 713-726.



- Présentation latérale des amorces et des cibles

- Les amorces conscientes, qu'elles soient arabes ou verbales, donnent lieu à un effet d'amorçage numérique

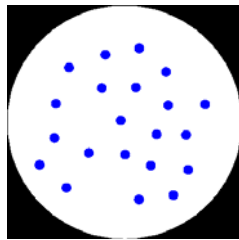
- Les amorces subliminales également – sauf pour les mots présentés à l'hémisphère droit (hémichamp gauche).

- Nécessité apparente d'une lecture consciente et avec effort pour les nombres écrits en toutes lettres et présentés dans l'hémichamp gauche.

Conclusion:

La chaîne complète de décision numérique semble pouvoir être parcourue, inconsciemment, par un stimulus subliminal

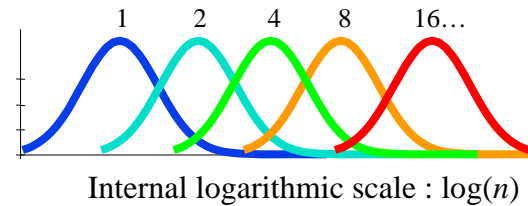
Stimulus de numérosité n



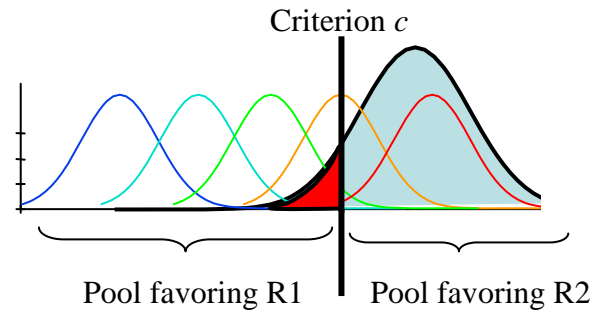
Décision numérique simple

Plus exactement, les « votes » induits par l'amorce et par la cible s'accumulent.

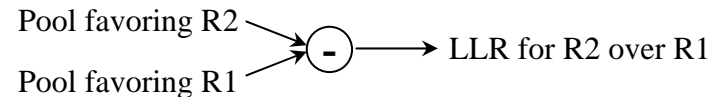
1. Coding by Log-Gaussian numerosity detectors



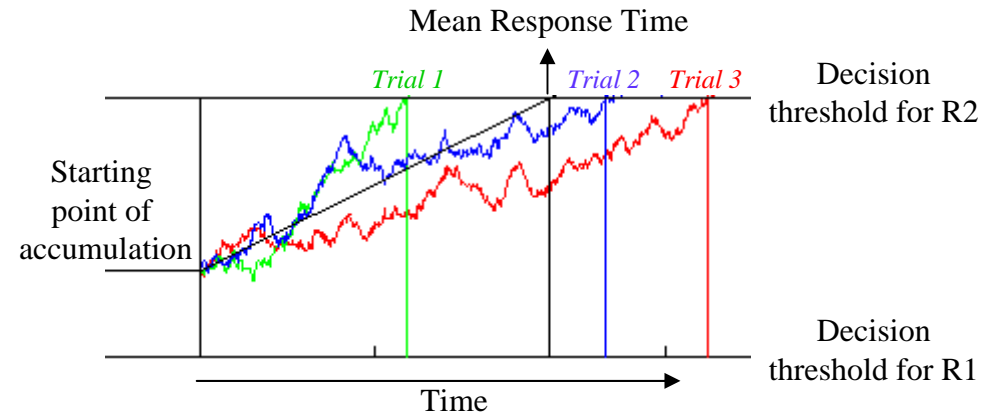
2. Application of a criterion and formation of two pools of units



3. Computation of log-likelihood ratio by differencing

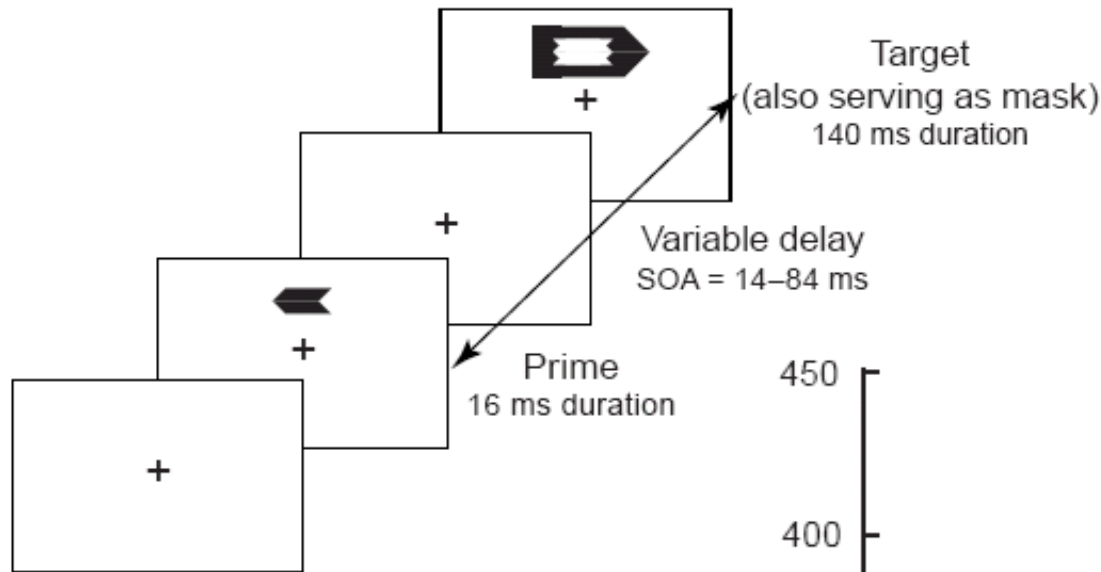


4. Accumulation of LLR, forming a random-walk process

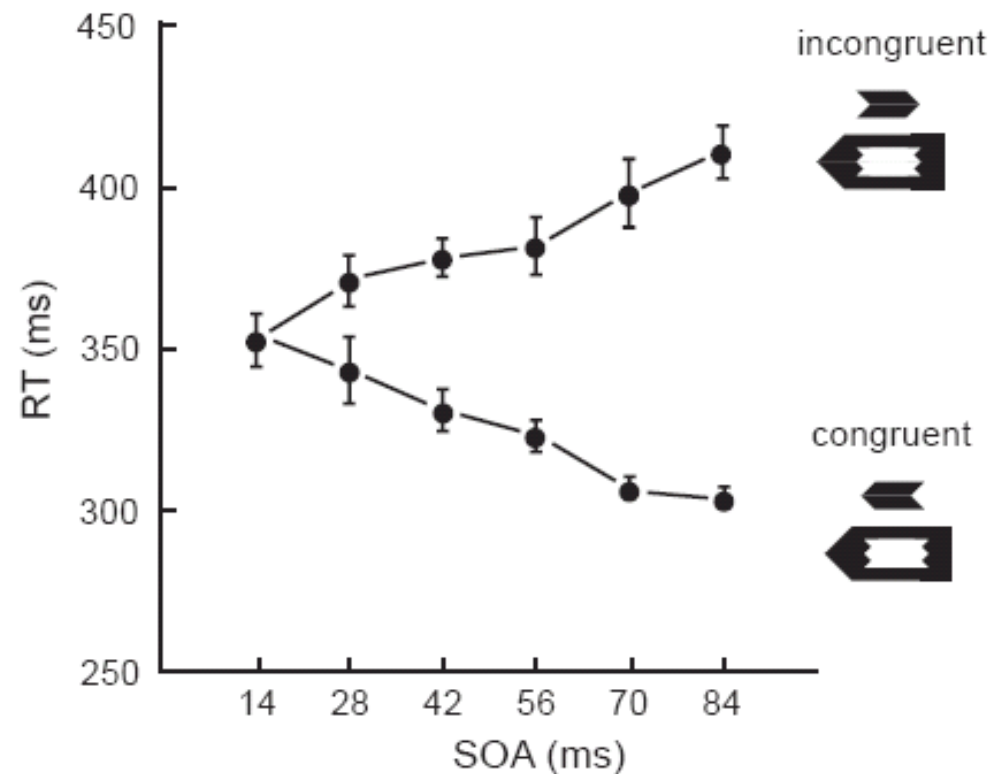


Accumulation linéaire de l'amorçage subliminal

Vorberg D, Mattler U, Heinecke A, Schmidt T, Schwarzbach J. Different time courses for visual perception and action priming. Proc Natl Acad Sci U S A 2003; 100: 6275-80.



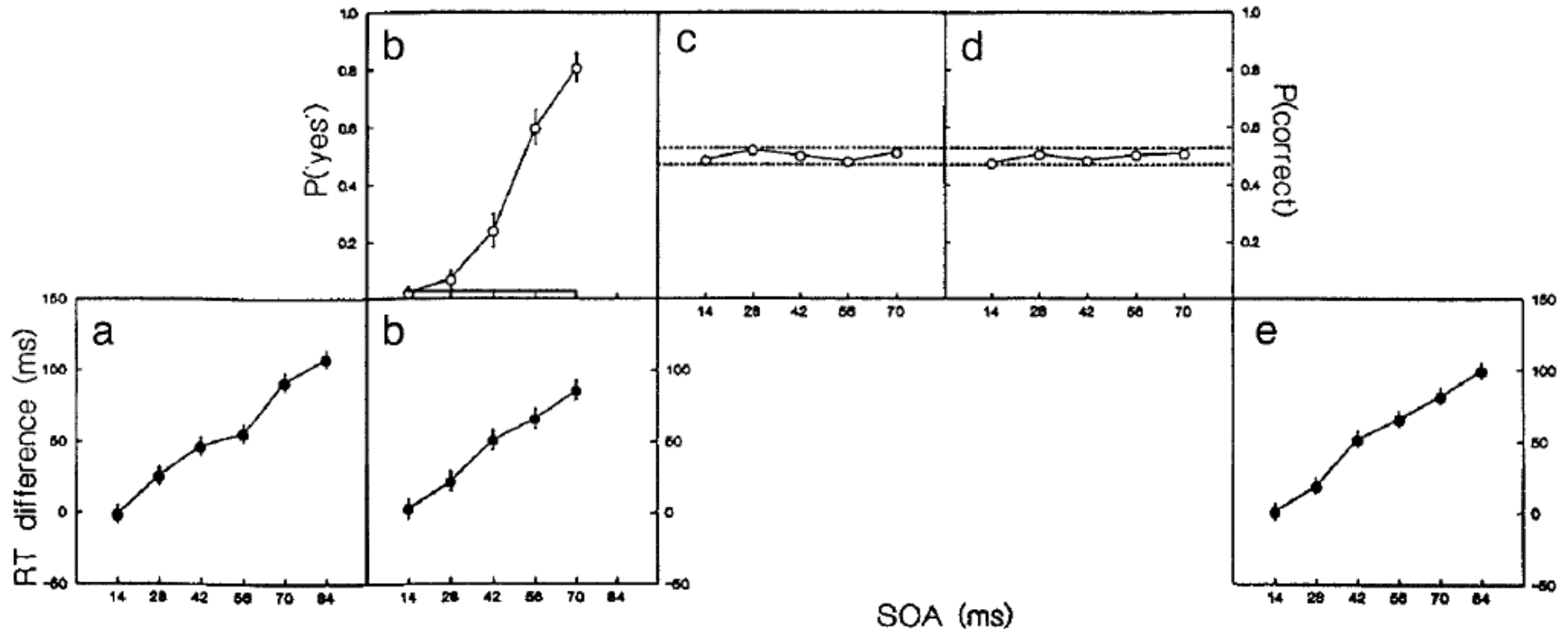
L'effet d'amorçage augmente linéairement avec l'intervalle amorce-cible (SOA)



Indépendance de l'amorçage et de la perception consciente

Vorberg D, Mattler U, Heinecke A, Schmidt T, Schwarzbach J. Different time courses for visual perception and action priming. Proc Natl Acad Sci U S A 2003; 100: 6275-80.

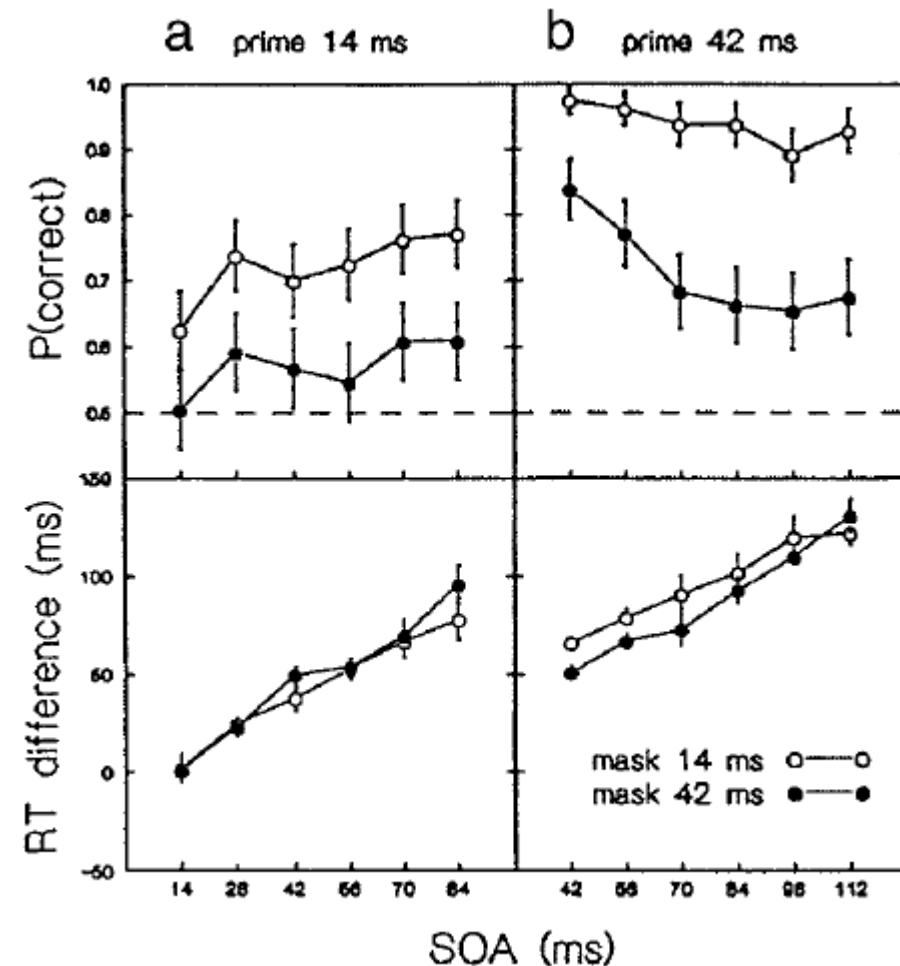
- La capacité de détecter la présence des amorces (graphe b) augmente de façon non-linéaire avec le SOA
- L'identification de l'orientation des amorces reste au niveau du hasard, à tous les SOA (graphes c et d)
- L'effet d'amorçage augmente linéairement dans toutes les conditions



Indépendance de l'amorçage et de la perception consciente

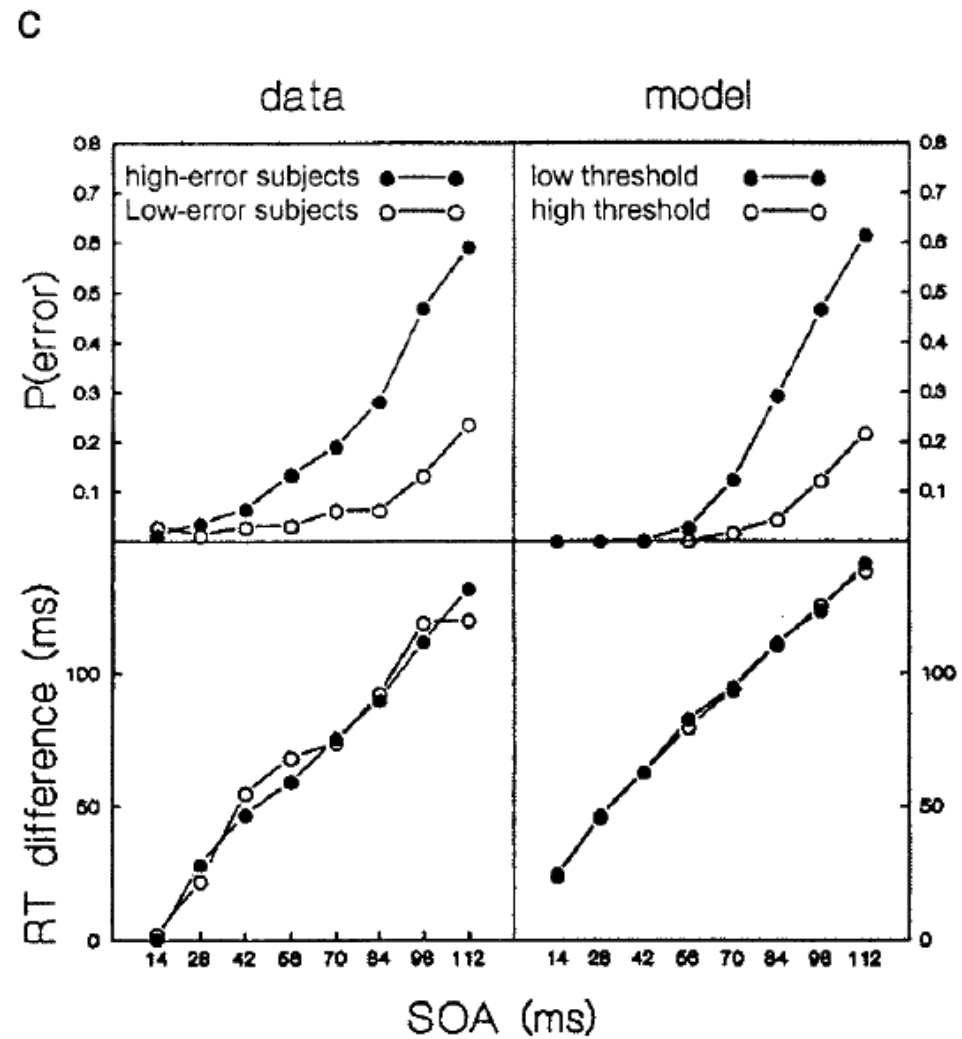
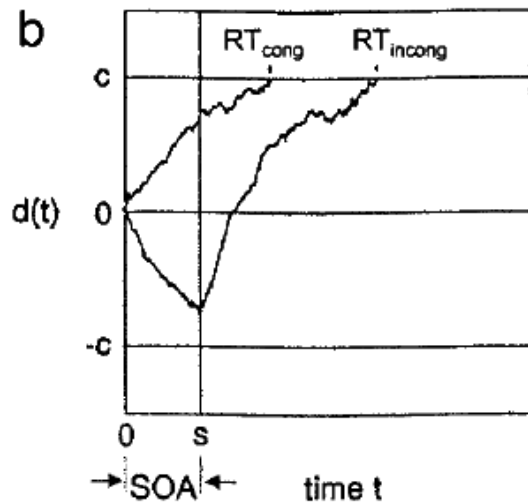
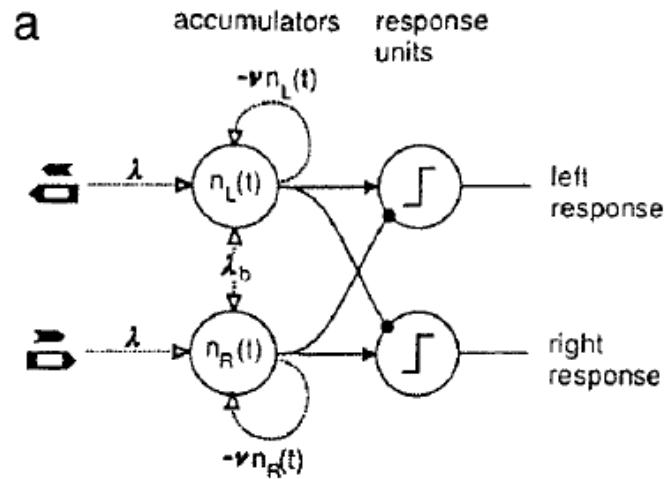
Vorberg D, Mattler U, Heinecke A, Schmidt T, Schwarzbach J. Different time courses for visual perception and action priming. Proc Natl Acad Sci U S A 2003; 100: 6275-80.

- Une dissociation encore plus nette est obtenue en faisant varier indépendamment les durées de l'amorce et de la cible
- L'effet d'amorçage reste constant avec le SOA (graphes du bas)
- L'identification (graphes du haut) varie dramatiquement et peut même *diminuer* avec le SOA (panneau b, masquage de type B)



Un modèle d'accumulateur explique l'amorçage

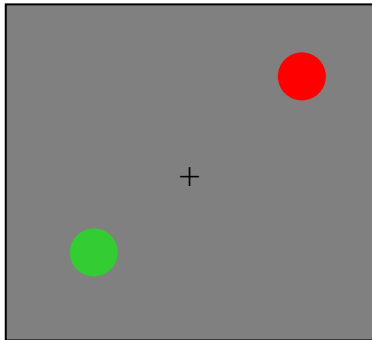
Vorberg D, Mattler U, Heinecke A, Schmidt T, Schwarzbach J. Different time courses for visual perception and action priming. Proc Natl Acad Sci U S A 2003; 100: 6275-80.



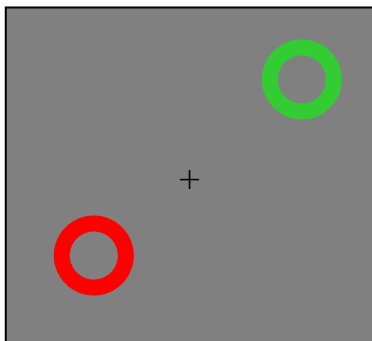
Confirmation de l'accumulation d'information sur les amorces subliminales: le doigt saisi en plein vol

Schmidt, T. (2002). The finger in flight: real-time motor control by visually masked color stimuli. *Psychol Sci*, 13(2), 112-118.

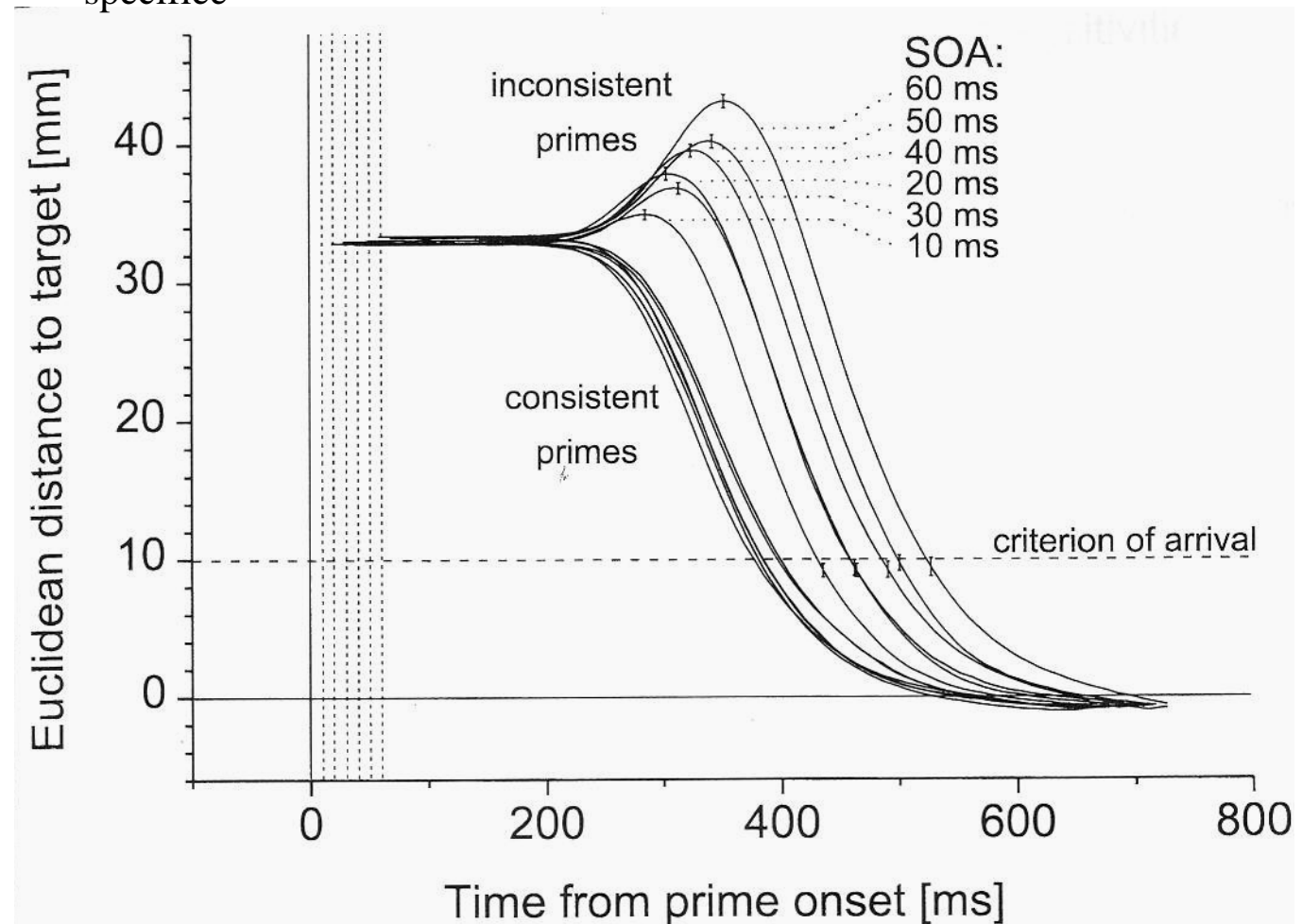
Amorces: 10 ms



Masques = cibles

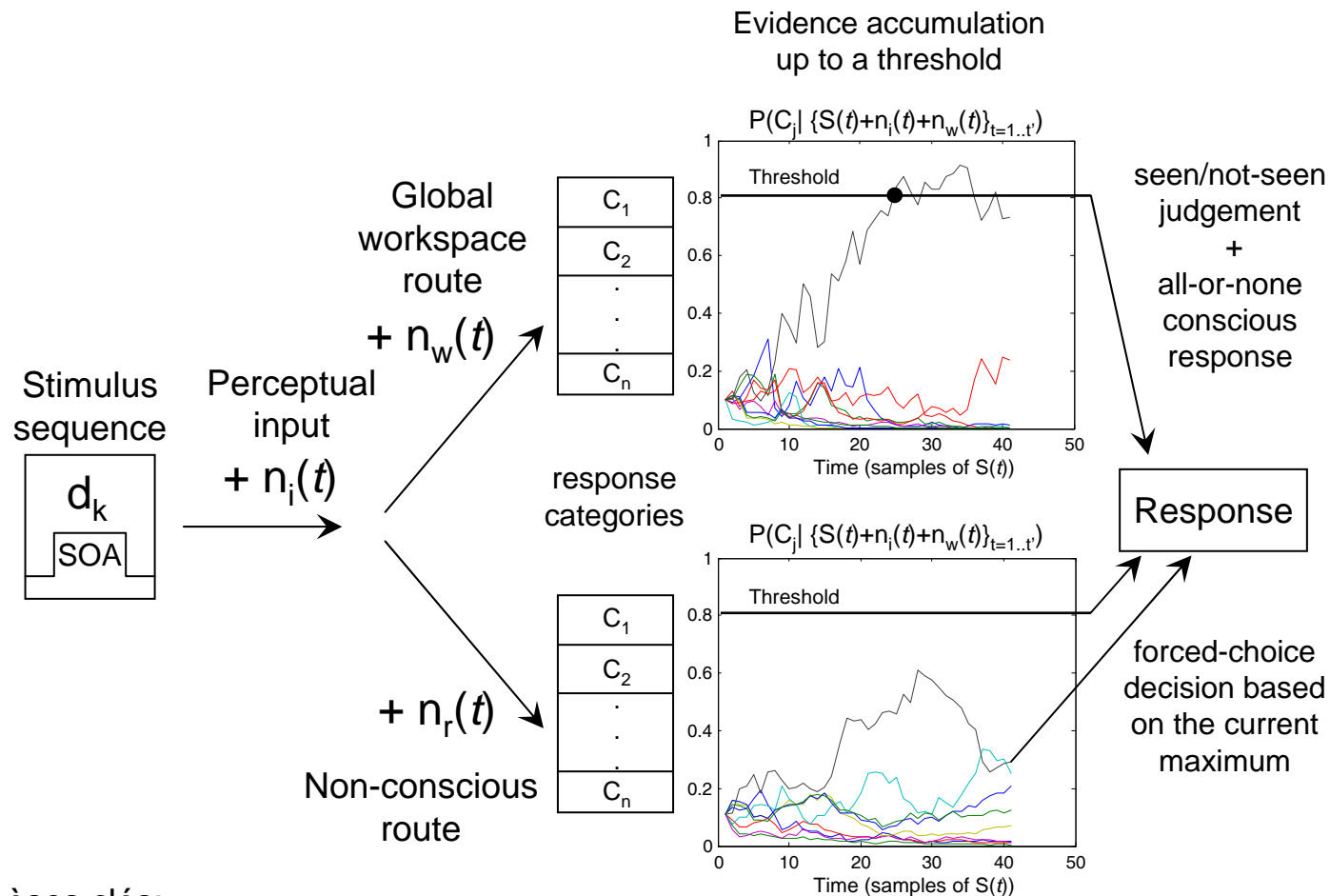


Tâche = déplacer le doigt de la croix centrale vers la cible de la couleur spécifiée



L'avenir: un modèle à plusieurs accumulateurs?

Del Cul, Slachevsky et Dehaene, article soumis



Trois hypothèses clés:

1. **Accumulation d'informations à deux niveaux en parallèle**, chacun recevant les mêmes informations mais avec des sources de bruit partiellement décorrélées. Une réponse peut venir de l'un ou l'autre de ces accumulateurs
2. **Le niveau conscient fonctionne en tout-ou-rien**: Il ne fournit une réponse que si son seuil est atteint
3. **Le niveau inférieur fonctionne en continu**: s'il n'atteint pas son seuil, alors une réponse peut être faite « à choix forcé » en choisissant la réponse la plus probable étant donné les entrées.