

L'inconscient cognitif et la profondeur des opérations subliminales

Stanislas Dehaene
Chaire de Psychologie Cognitive Expérimentale

Cours

**Un stimulus non-conscient peut-il
affecter le contrôle exécutif?**

Qu'appelle-t-on « contrôle exécutif »?

- Les termes « *central executive* » [administrateur central] et « *executive control* » [contrôle « exécutif » ou « directorial »] sont issus des travaux de Broadbent (1950), Posner & Snyder (1975), Shallice (1978) et Baddeley (1986)
- Il s'agit de l'ensemble des processus qui sous-tendent
 - La planification, l'initiation, l'exécution et la supervision des comportement volontaires, dirigés vers un but
 - La flexibilité cognitive dans la conception de stratégies nouvelles, non-routinières
- Parmi les processus qui relèvent du contrôle exécutif figurent
 - Le maintien d'un but
 - La sélection des représentations perceptives et des actions pertinentes
 - L'inhibition des actions inappropriées
 - La détection et la correction des erreurs
- Les aires préfrontales et cingulaires jouent un rôle essentiel dans le contrôle exécutif (Fuster, 1989; Miller & Cohen, 2001).

Le « contrôle exécutif » est-il nécessairement conscient?

L'idée que la conscience est liée au contrôle exécutif est ancienne:

Descartes (*Discours de la méthode*, 1637): Deux moyens très certains pour distinguer les vrais hommes de machines qui leur ressembleraient physiquement:

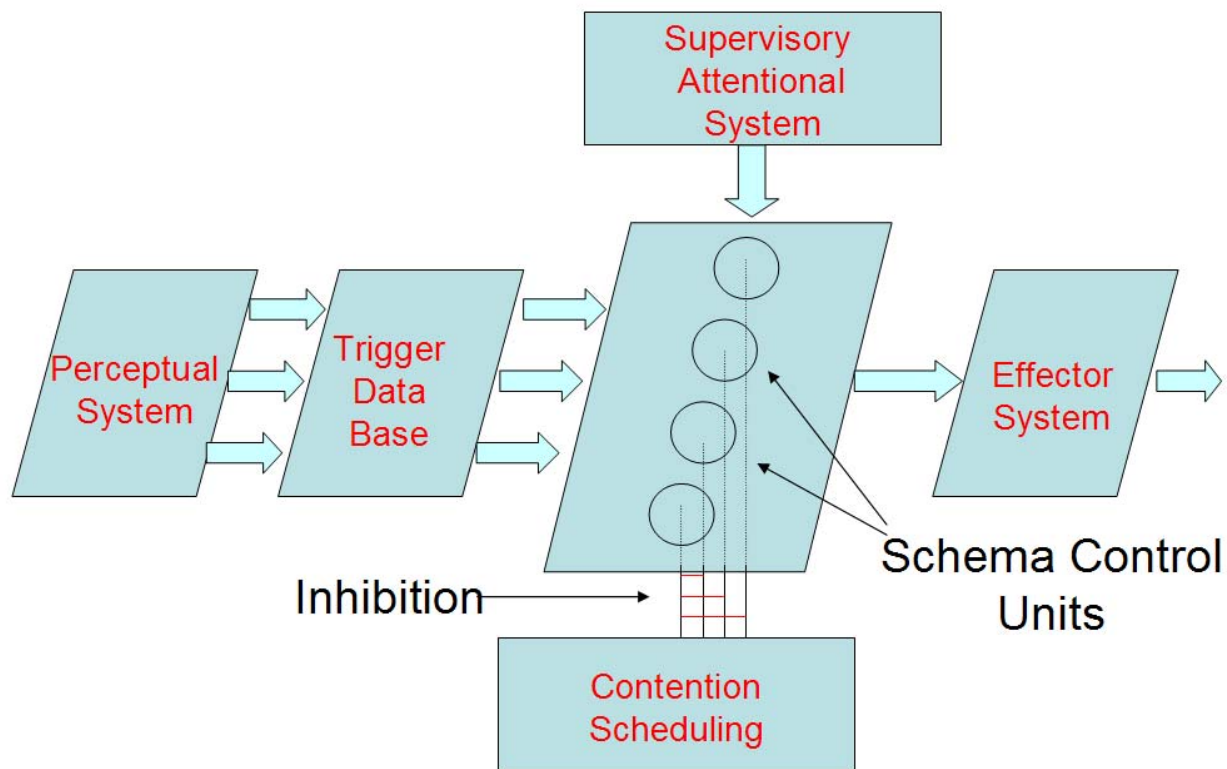
« Le premier est que jamais elles ne pourraient user de paroles ou d'autres signes **en les composant**, comme nous faisons pour déclarer aux autres nos pensées. Car on peut bien concevoir qu'une machine soit tellement faite qu'elle profère des paroles, et même qu'elle en profère quelques-unes à propos des actions corporelles qui causeront quelques changements en ses organes (...) mais non pas qu'elle les **arrange diversement** pour répondre au sens de tout ce qui se dira en sa présence (...).

[Flexibilité dans la formulation des messages verbaux, cf. Levelt (1989)]

Et le second est que, bien qu'elles fissent plusieurs choses aussi bien ou peut-être mieux qu'aucun de nous, elles manqueraient infailliblement en quelques autres, par lesquelles on découvrirait qu'**elles n'agiraient pas par connaissance**, mais seulement par la disposition de leurs organes. Car, au lieu que la raison est un instrument universel qui peut servir en toutes sortes de rencontres, ces organes ont besoin de quelque particulière disposition pour chaque action particulière ; d'où vient qu'il est moralement impossible qu'il y en ait assez de divers en une machine, pour la faire agir en toutes les occurrences de la vie » **[Flexibilité comportementale, cf Shallice (1978)]**

Le « contrôle exécutif » est-il nécessairement conscient?

- William James (*Principles of Psychology*, 1890),
 - « La conscience est, à tout moment, principalement un agent *sélectif* »
 - « L'étude de la distribution de la conscience montre qu'elle est exactement ce qu'on attendrait d'un organe ajouté afin de **diriger un système nerveux** devenu trop complexe pour se réguler lui-même »
 - La conscience n'est intense que lorsque les processus nerveux sont hésitants. Au cours des actions rapides, automatiques, habituelles, elle se réduit à un minimum.
- Posner & Klein (1973), Posner & Snyder (1975) introduisent la distinction entre processus automatiques et contrôlés. Ces derniers ont une capacité limitée, ne permettent pas l'exécution d'opérations en parallèle, ils sont intentionnels et conduisent à une expérience consciente.
- Selon Shallice (1978, Norman & Shallice, 1980), le comportement volontaire conscient résulterait d'un système de supervision, hiérarchiquement supérieur aux processeurs automatiques, et chargé de leur contrôle et de leur inhibition



Si le système de supervision n'est pas un « homunculus », mais un assemblage de modules dont le fonctionnement est mécanique, alors on ne voit pas bien pourquoi l'ensemble de ces fonctions ne pourrait pas se dérouler en l'absence de conscience.

Question simple: les traitements « exécutifs » sont-ils réalisés par des processeurs comme les autres, dont la vitesse d'exécution et les décisions sont susceptibles d'être influencées par des indices non-conscients?



Men in black © Columbia Pictures

Une amorce subliminale peut-elle déclencher la mise en place d'une stratégie?

Perception & Psychophysics
2003, 65 (2), 167-187

Priming of mental operations by masked stimuli

UWE MATTLER

Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Germany

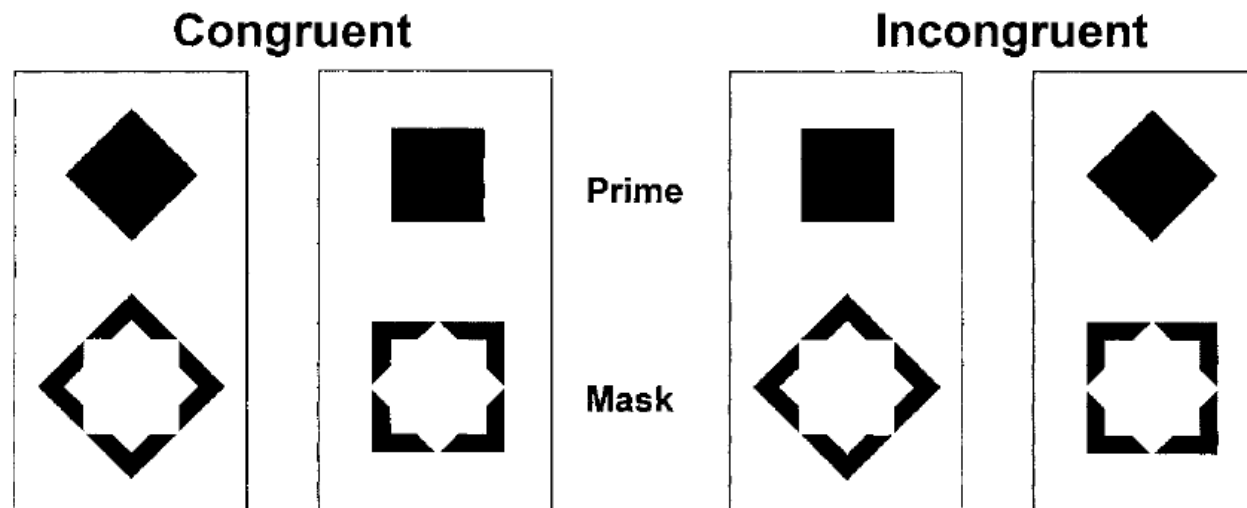


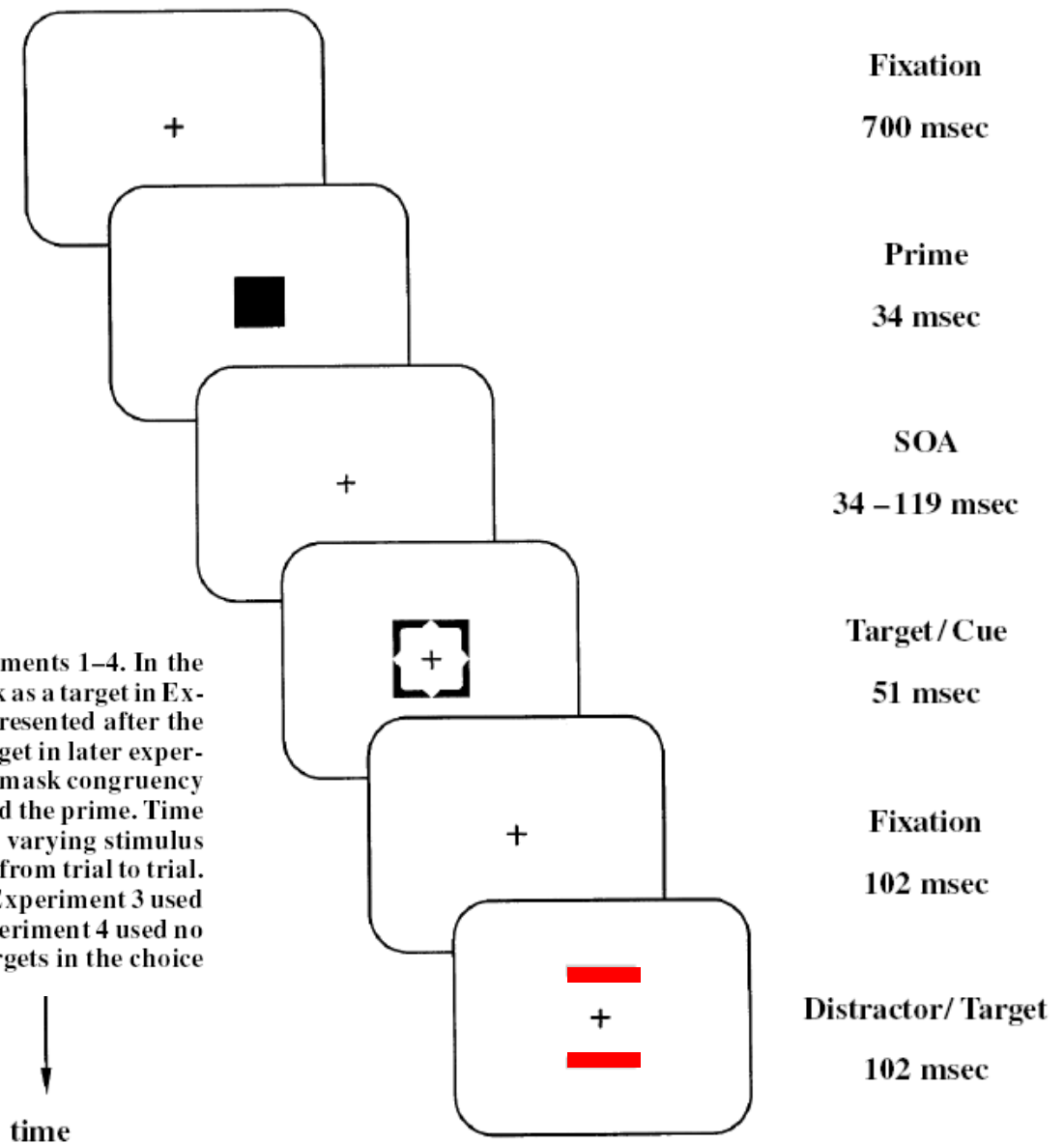
Figure 1. Stimuli used for metacontrast masking in Experiments 1–4. On half the trials, primes were congruent to masks. Note that one prime–mask pair was presented in each trial.

- Stimuli masqués par métacontraste, avec congruence ou incongruence entre l'amorce et le masque
- Nouveauté: utilisation de ces stimuli pour spécifier la **tâche** que le sujet doit réaliser à chaque essai.

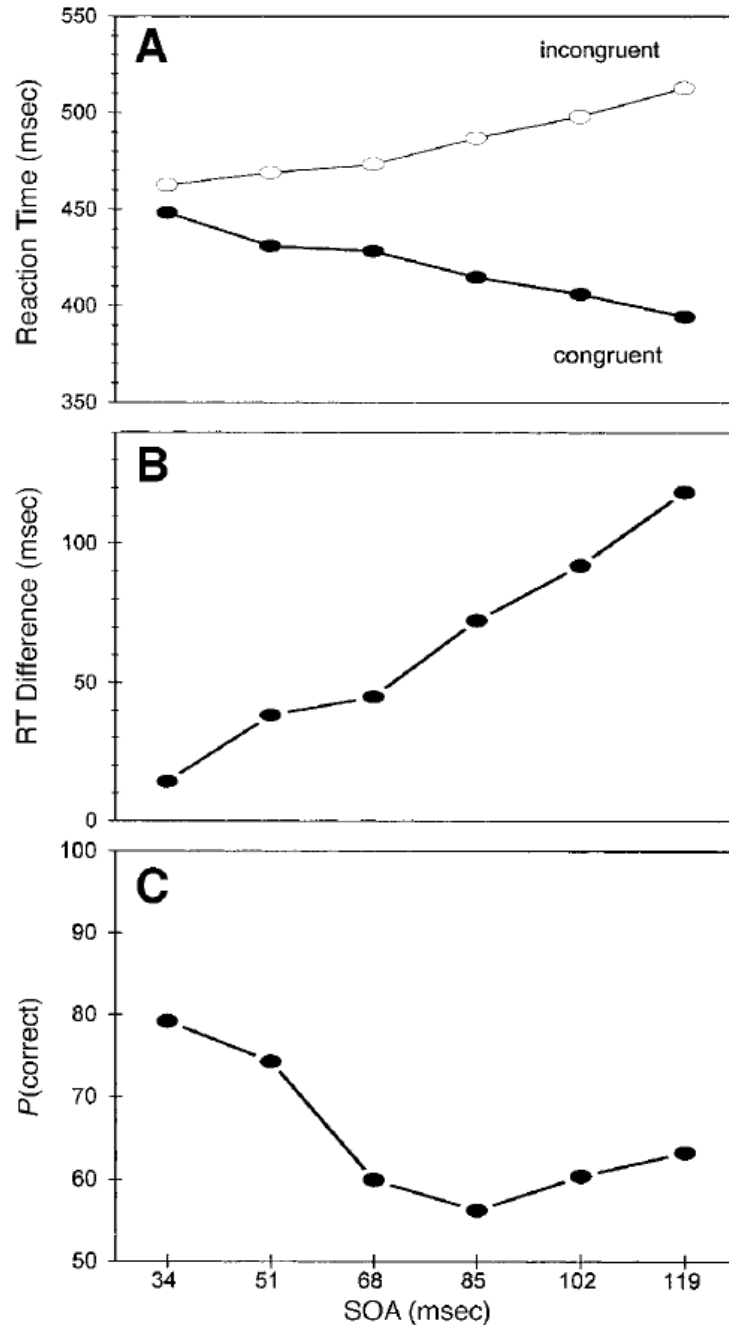
La séquence amorce-masque précède la présentation d'une cible

- visuelle (expériences 1-3)
- ou auditive (expérience 4)

Figure 2. Schematic diagram of stimulus events in Experiments 1–4. In the choice reaction time (RT) task, the participants used the mask as a target in Experiment 1, but as a cue in Experiments 2–4. The stimulus presented after the mask was irrelevant in Experiment 1 but was used as the target in later experiments. Priming effects were assessed by the effects of prime-mask congruency on RT. In the prime recognition task, the participants reported the prime. Time courses of priming and prime recognition were assessed by varying stimulus onset asynchrony (SOA) between prime and mask randomly from trial to trial. Note that the bars in the last frame were either green or red. Experiment 3 used the color bars and tones as targets in the choice RT task. Experiment 4 used no color bars at all but presented sounds via headphones as targets in the choice RT task.



Expérience 1. Le masque indique directement la main de réponse (les cibles colorées ne sont pas pertinentes)



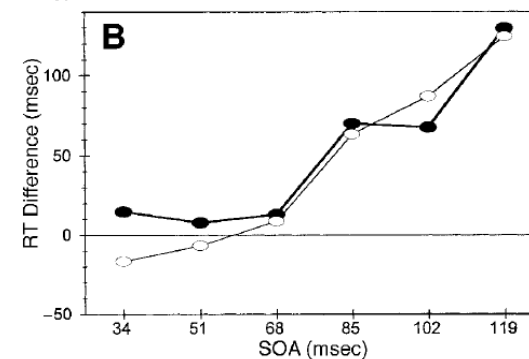
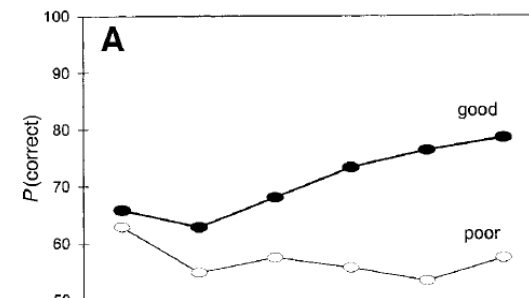
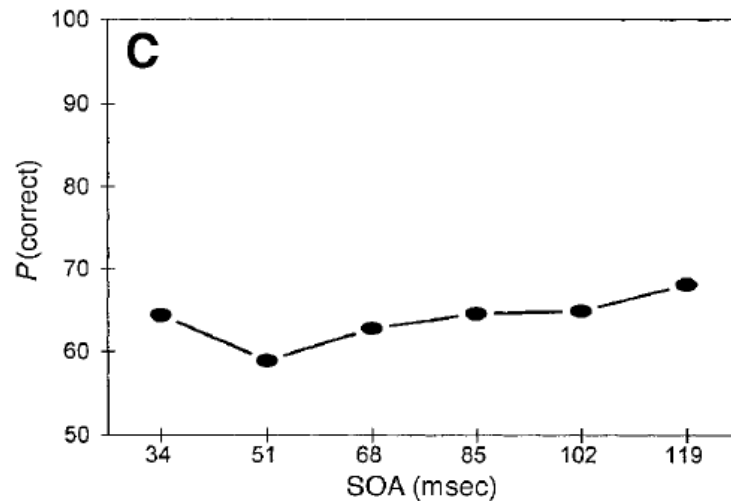
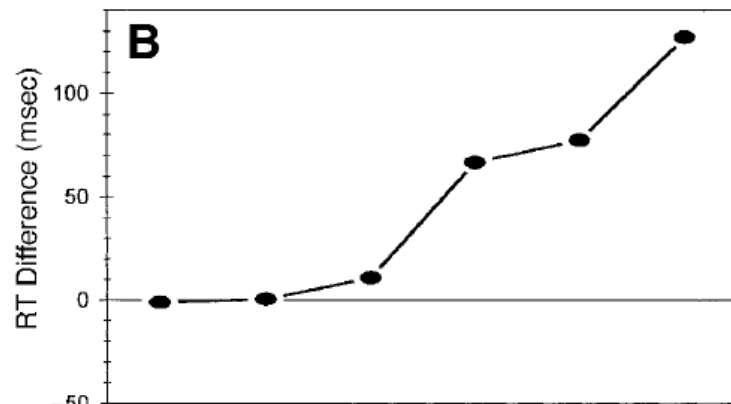
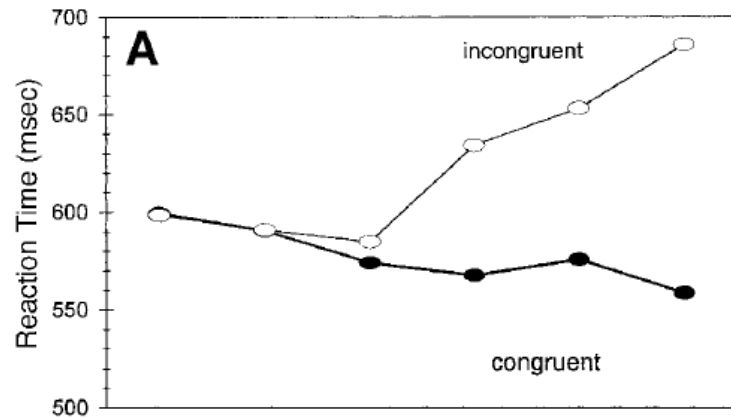
Réplication de Vorberg et al (2003):

- Effet d'amorçage linéaire en fonction du SOA
- La perception des amorces, par contre, est faible et *décroit* avec le SOA (masquage de type B)

Expérience 2. Le masque indique la main, tandis que la couleur de la cible indique le doigt de réponse.

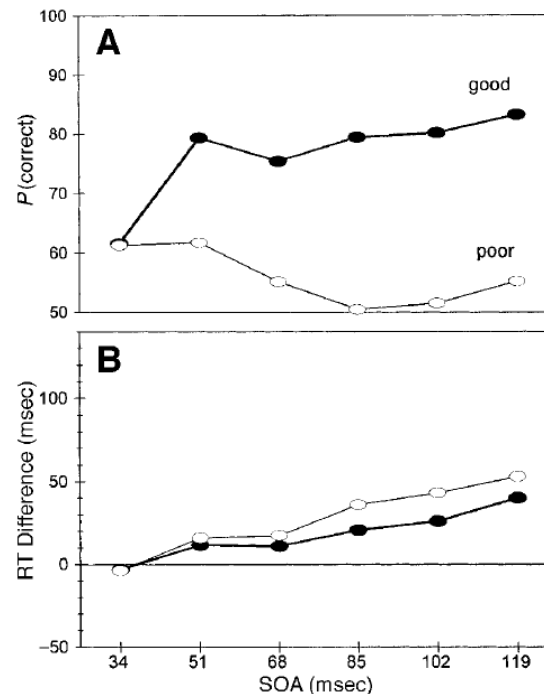
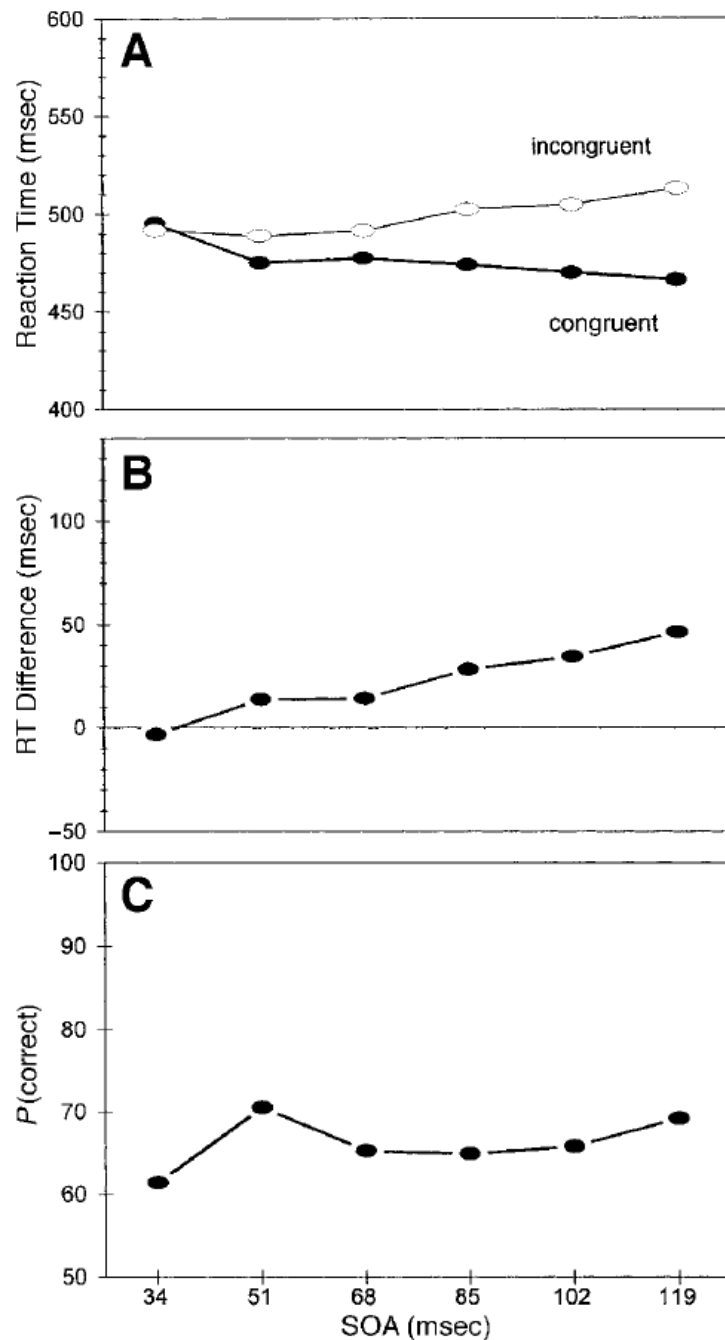
- Effet d'amorçage pour les SOA les plus longs

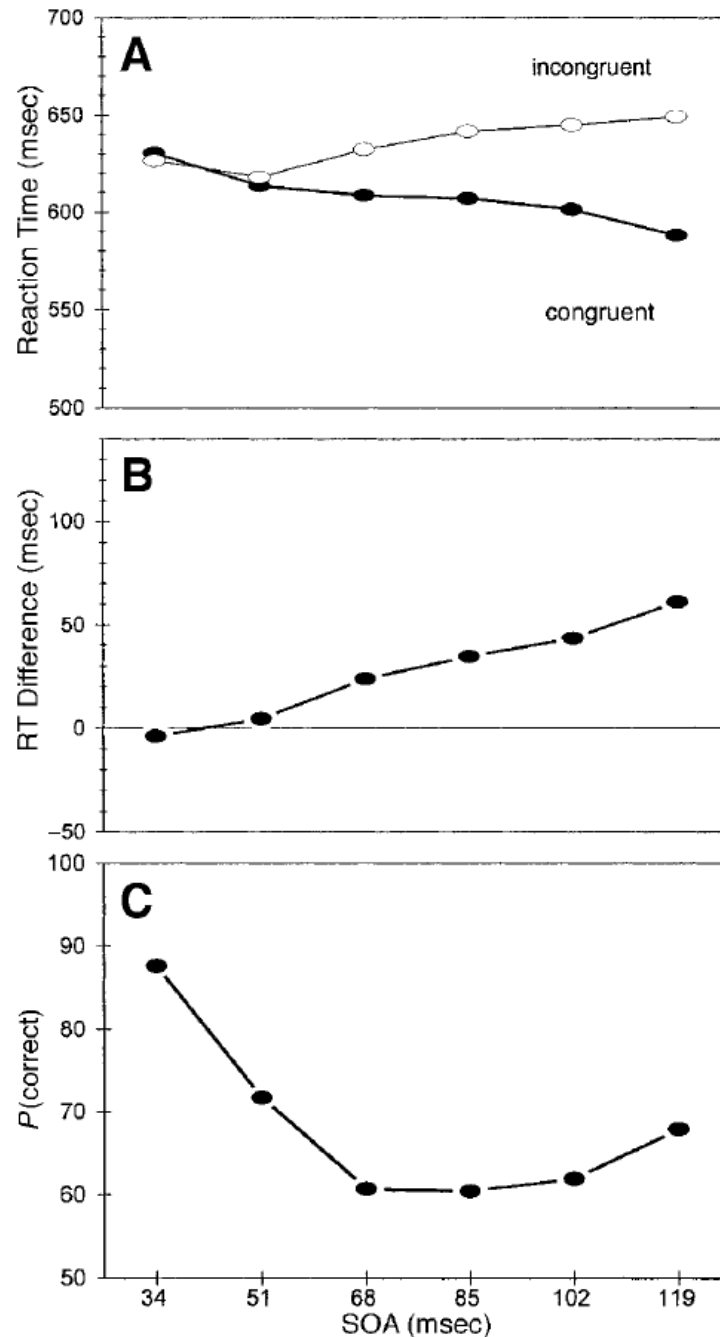
- Pas de différence selon le degré de perception des amorces:



Expérience 3. Le masque indique la modalité de la cible auquel le sujet doit faire attention (jugement de couleur ou de hauteur tonale)

- Là encore, effet d'amorçage, croissant avec le SOA
- Pas de différence selon le degré de perception des amorces:





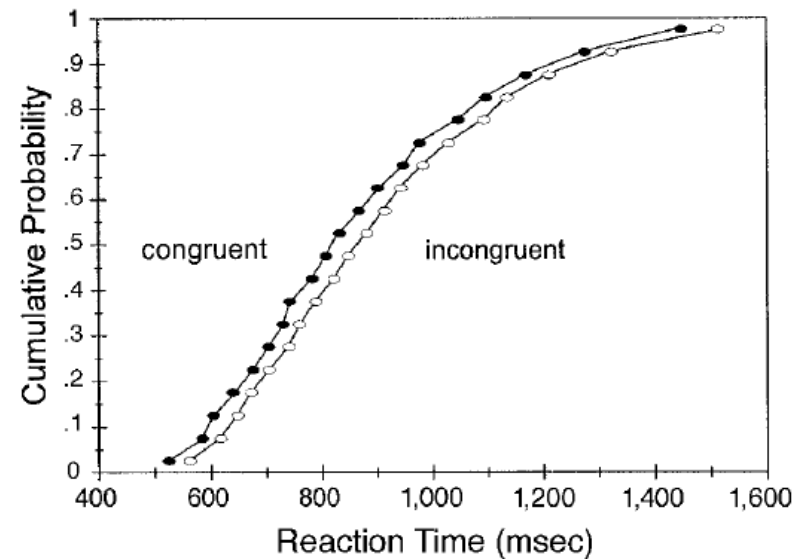
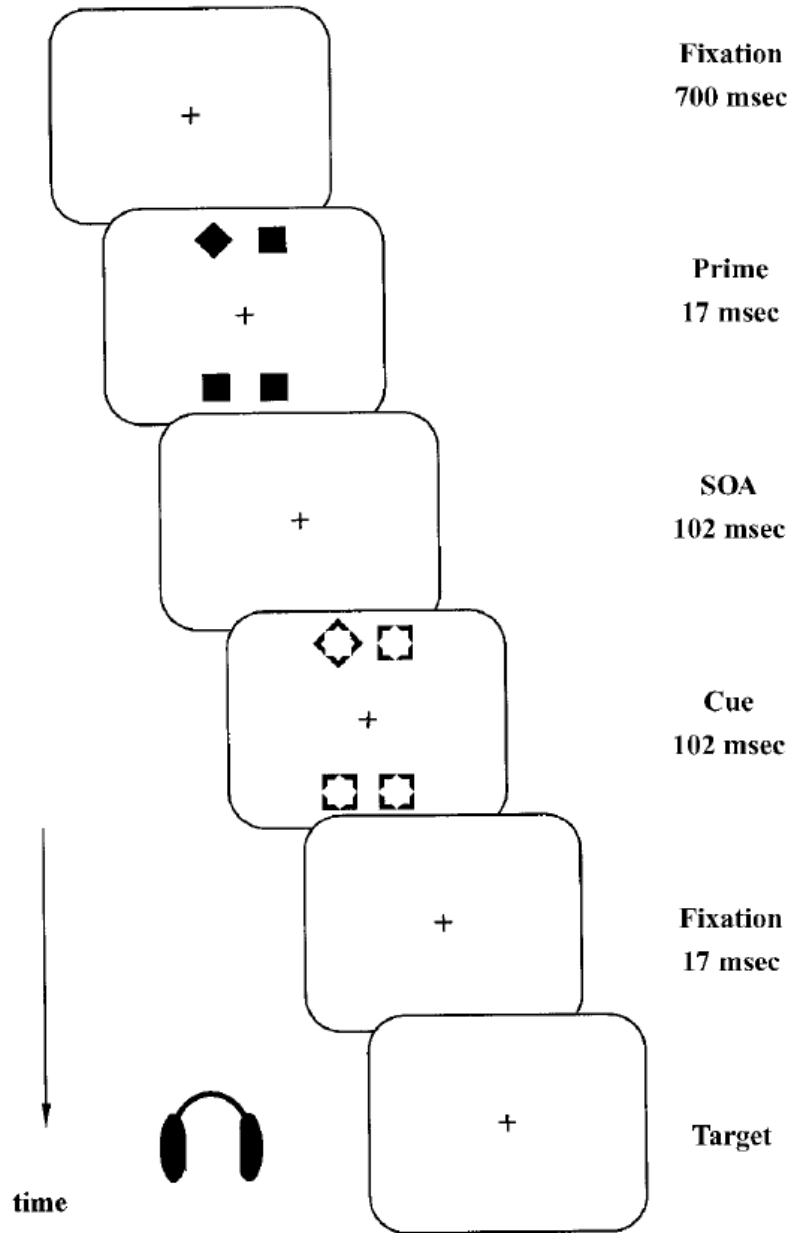
Expérience 4. Le masque indique la tâche auditive que le sujet doit réaliser (jugement de timbre ou de hauteur tonale)

- Là encore, effet d'amorçage, croissant avec le SOA
- Il est cependant troublant de voir que le degré de perception des amorces change selon les expériences, alors que les stimuli sont identiques.

Expérience 5. Réplication mais avec « masquage total »

Le côté du losange indique la tâche auditive que le sujet doit faire réaliser (jugement de timbre ou de hauteur tonale)

- Effet d'amorçage significatif, affectant l'ensemble de la distribution des temps de réponse



Critique des expériences de Mattler (2003)

- Élégante réplique et extension des expériences de Vorberg (2003)
- Cependant, les expériences ne permettent pas de déterminer à quel niveau se situe l'amorçage:
 - Il est tentant de conclure que les amorces ont, en partie, déclenché des processus de contrôle exécutif (choix de la main de réponse, de la modalité attendue, ou même préparation de la tâche à effectuer)
 - Cependant, l'accélération du temps de réaction pourrait être entièrement due à une accélération d'une étape **visuelle** de reconnaissance de l'amorce, qui doit logiquement précéder la préparation puis l'exécution de la tâche.
- Seule l'imagerie cérébrale permet de vérifier si c'est bien à un niveau exécutif que se situe l'amorçage.

L'imagerie cérébrale démontre la modulation subliminale de réseaux préfrontaux en fonction de la tâche à réaliser.

Unconscious Activation of the Cognitive Control System in the Human Prefrontal Cortex

Hakwan C. Lau^{1,2} and Richard E. Passingham^{1,2}

¹Wellcome Department of Imaging Neuroscience, University College London, London WC1N 3BG, United Kingdom, and ²Department of Experimental Psychology, University of Oxford, Oxford OX1 3UD, United Kingdom

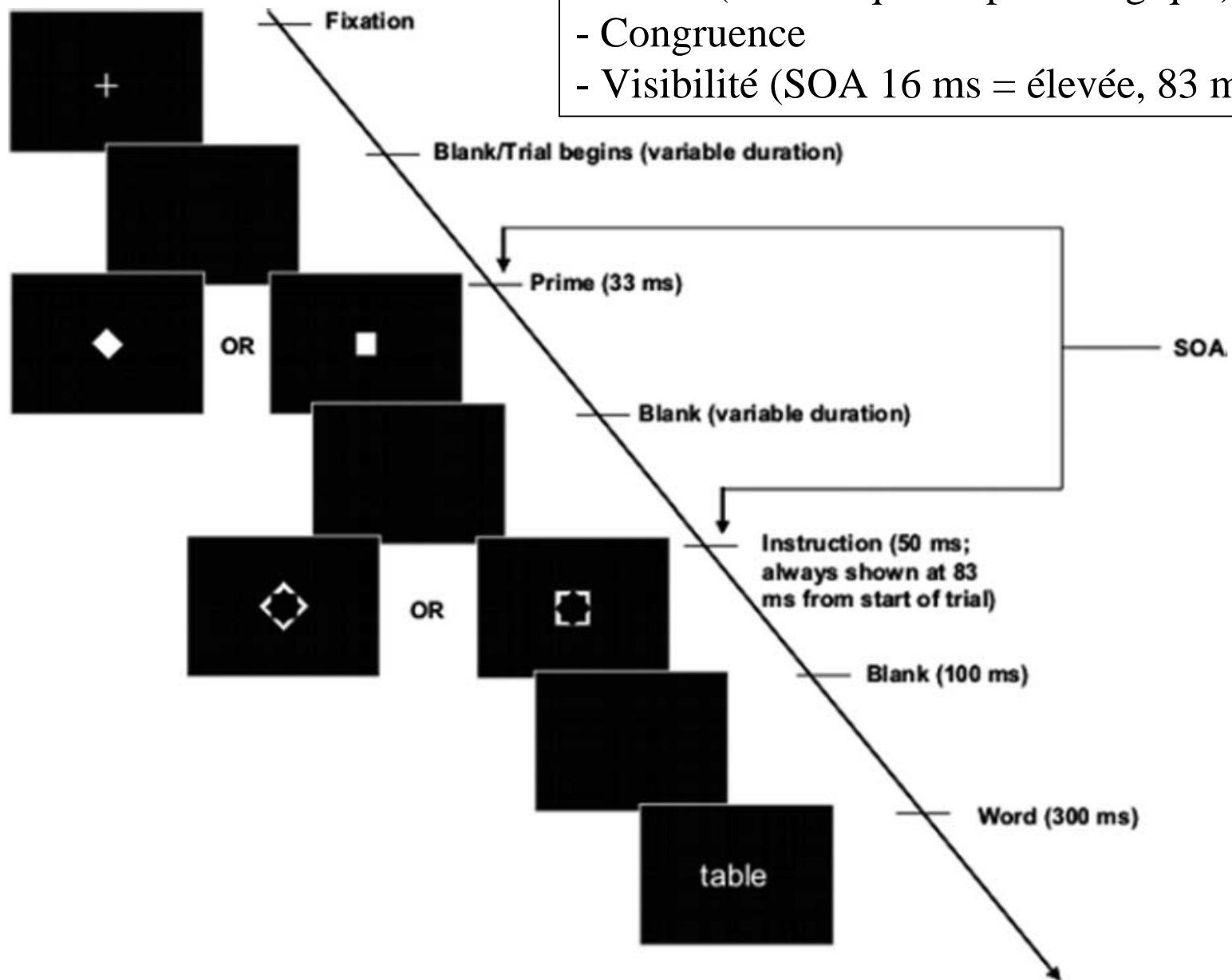
The Journal of Neuroscience, May 23, 2007 • 27(21):5805–5811 • **5805**

Idée très proche de celle de Mattler (2003):

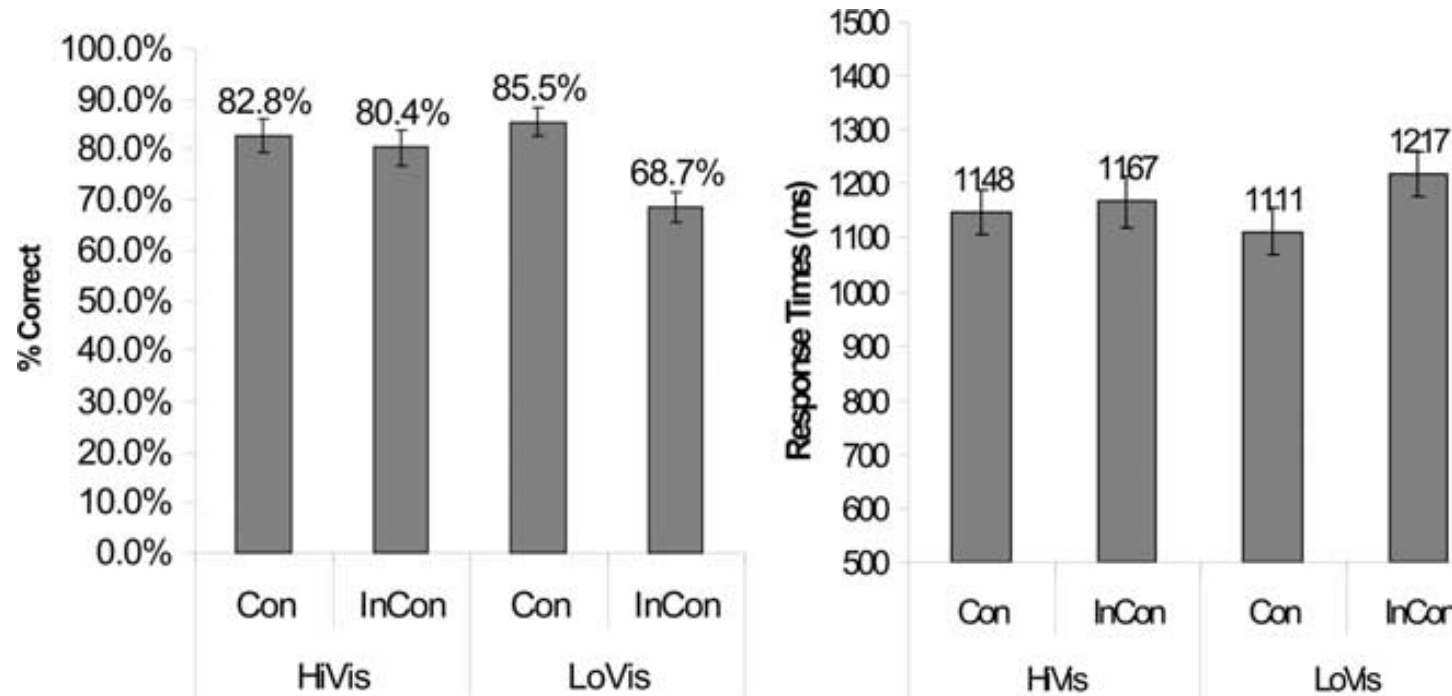
- Le masque spécifie la tâche à réaliser sur un mot qui vient 150 ms plus tard
 - Jugement sémantique (mot concret ou pas)
 - ou jugement phonologique (deux syllabes ou pas)
- Le masque cache une amorce congruente ou pas
- Utilisation de l'IRMf pour visualiser le réseau modulé par cette amorce masquée.

Facteurs expérimentaux

- Tâche (sémantique ou phonologique)
- Congruence
- Visibilité (SOA 16 ms = élevée, 83 ms = faible)



Modulation subliminale du choix de la tâche



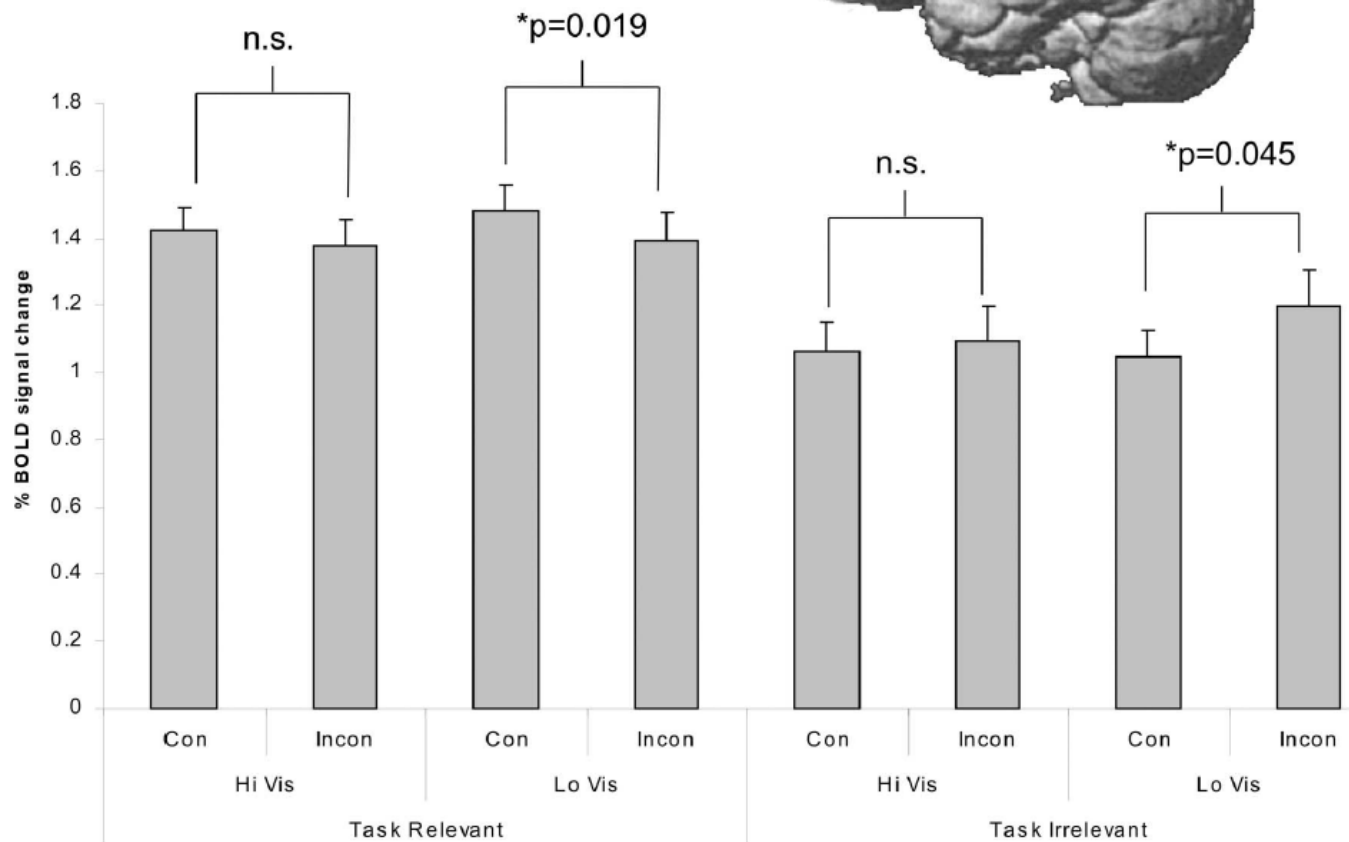
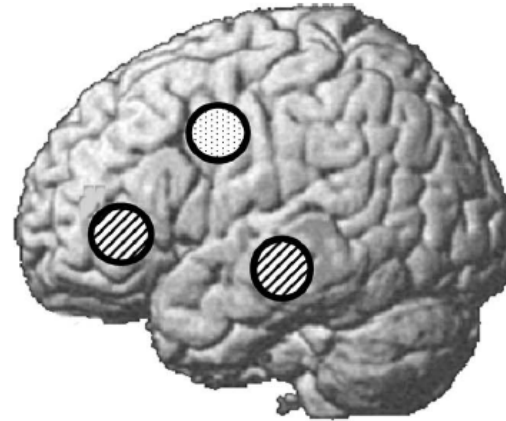
Effet d'amorçage

- aussi bien sur les taux d'erreurs que sur les temps de réaction
- présent seulement au SOA long (à faible visibilité)

Ce résultat est aussi ambigu que ceux de Mattler: l'amorçage pourrait survenir au niveau perceptif.

Modulation subliminale des réseaux cérébraux associés à chaque tâche

- Phonological
- Semantic



Au SOA long, lorsque l'amorce est incongruente

- Le réseau pertinent pour la tâche en cours est légèrement **moins** activé

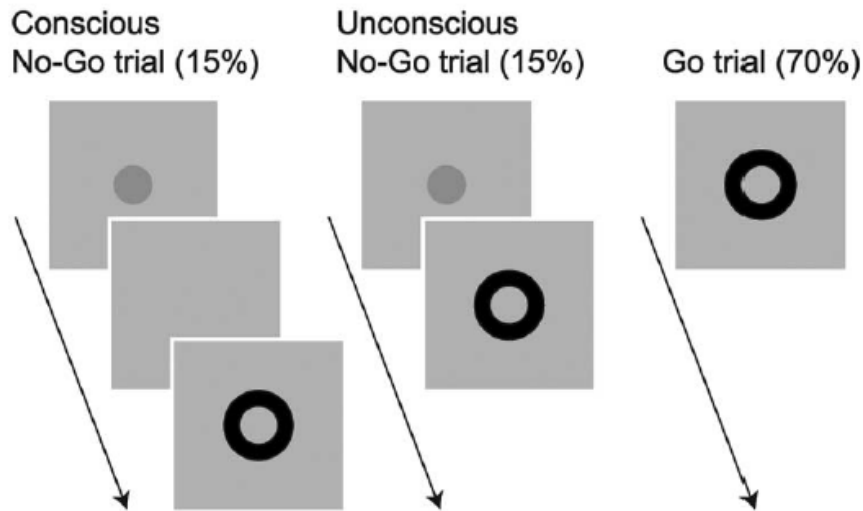
- Le réseau non-pertinent pour la tâche en cours est légèrement **plus** activé

Conclusion: un indice subliminal peut induire une légère altération de la tâche en cours.

Le contrôle inhibiteur fait-il partie des tâches qui peuvent être modulées non-consciemment?

van Gaal, S., Ridderinkhof, K. R., Fahrenfort, J. J., Scholte, H. S., & Lamme, V. A. (2008). Frontal cortex mediates unconsciously triggered inhibitory control. *J Neurosci*, 28(32), 8053-8062.

a) Masked Go/No-Go task

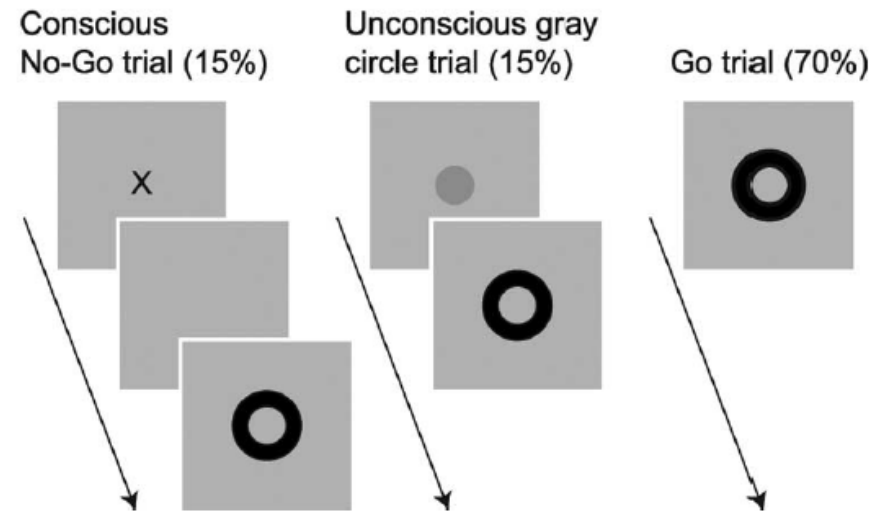


Le cercle noir implique une réponse motrice.

Le disque gris demande d'inhiber cette réponse prépondérante.

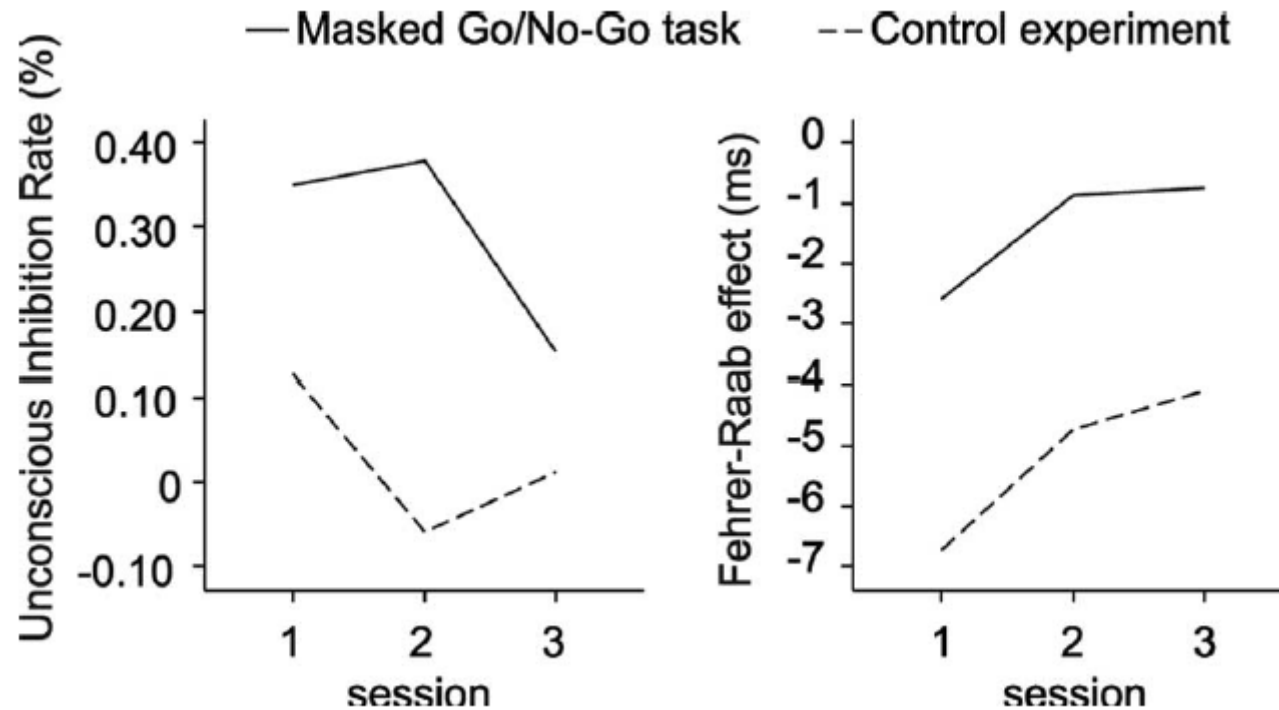
L'inhibition est-elle présente lorsque le disque gris est subliminal?

b) Control experiment



Un contrôle est nécessaire pour contre-carrer l'effet Fehrer-Raab (1962): les temps de réponse s'accélèrent lorsqu'une cible est précédée d'un indice, même subliminal.

Résultats comportementaux



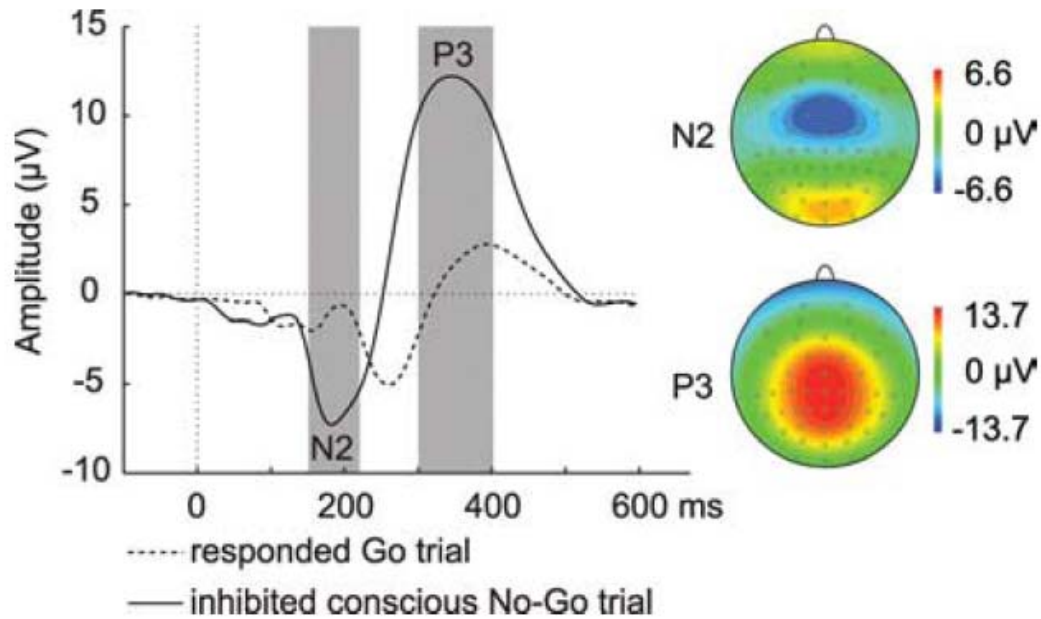
Dans une toute petite fraction des essais (0.4% !), le sujet n'appuie pas alors que l'indice était présent mais subliminal (par rapport au cas où l'indice est absent).

→ Léger effet d'inhibition par un indice subliminal.

Le temps de réaction est accéléré par un indice subliminal dans la tâche contrôle, mais un peu moins dans la tâche principale.

→ Cela peut être interprété comme un tout petit effet d'inhibition (4 ms!!)

Résultats de potentiels évoqués



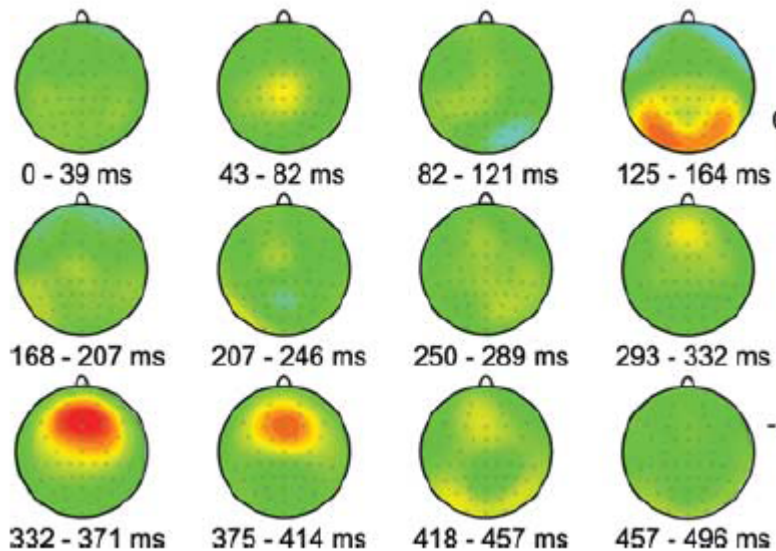
L'inhibition consciente est associée à une série d'ondes N2/P3.

Le stimulus non-conscient génère:

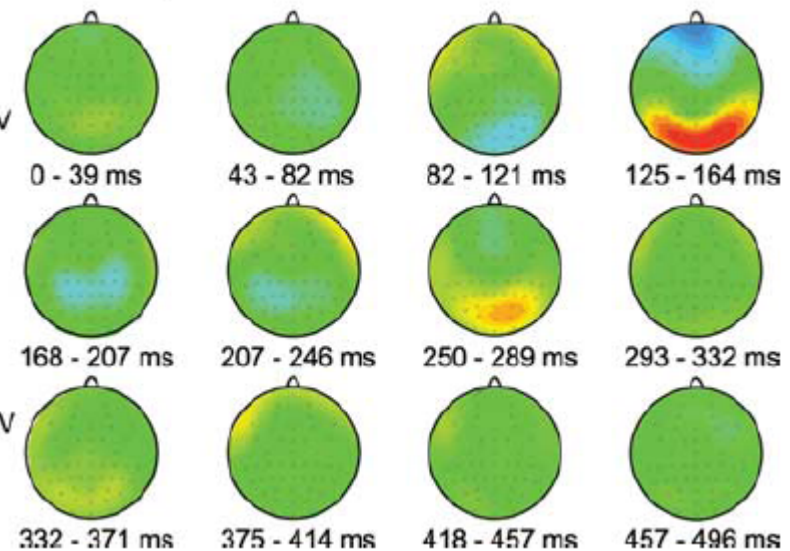
- Une onde occipitale commune aux deux expériences
- Une onde frontale spécifique de la condition d'inhibition

Conclusion : les processus exécutifs d'inhibition frontale peuvent se déclencher non-consciemment.

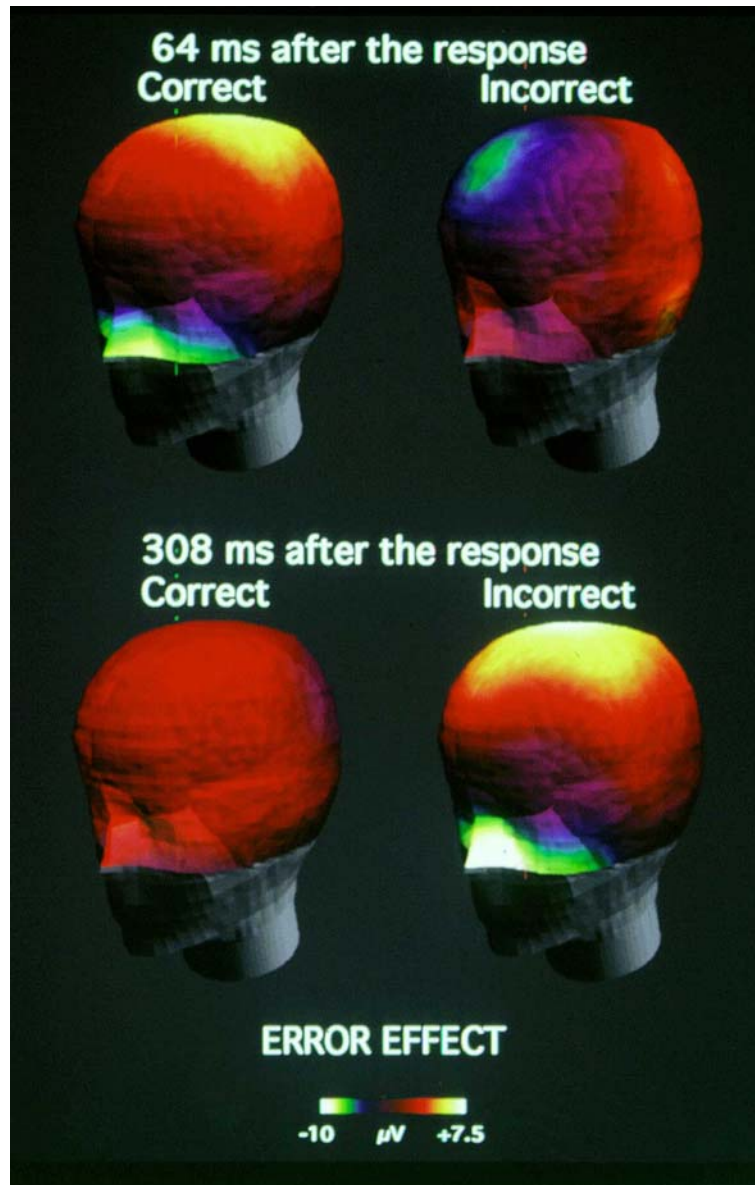
Masked Go/No-Go task



Control experiment



Avons-nous besoin d'être conscients pour détecter et corriger nos erreurs?



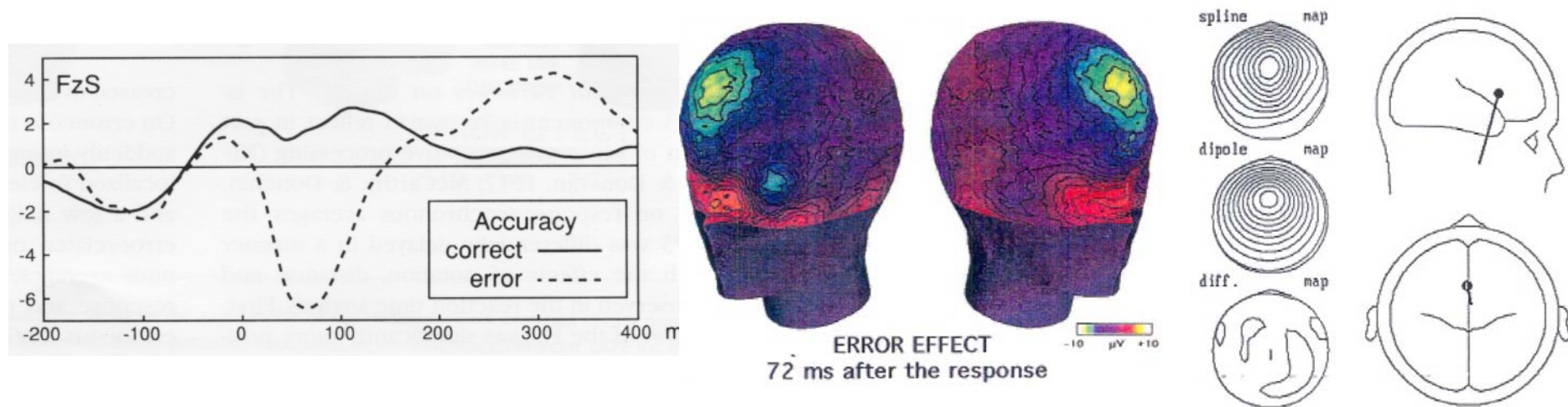
Immédiatement après une erreur facile à déceler, des ondes cérébrales très caractéristiques sont évoquées:

- *Error-Related Negativity* (ERN)
- suivie d'une positivité centrale (PE)

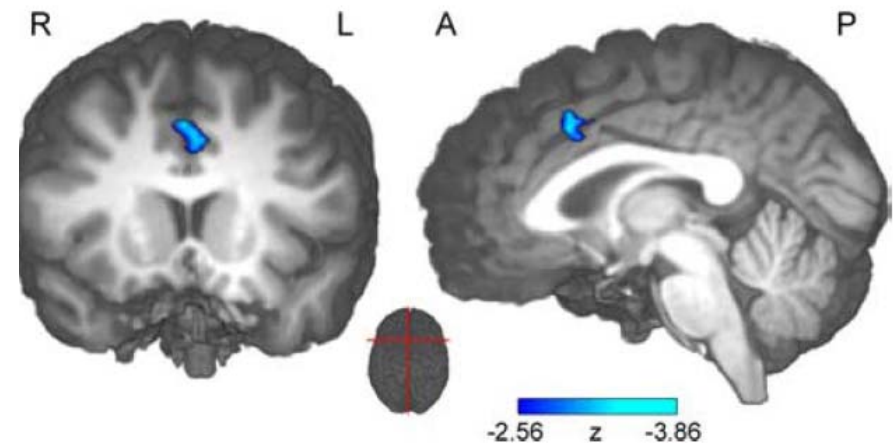
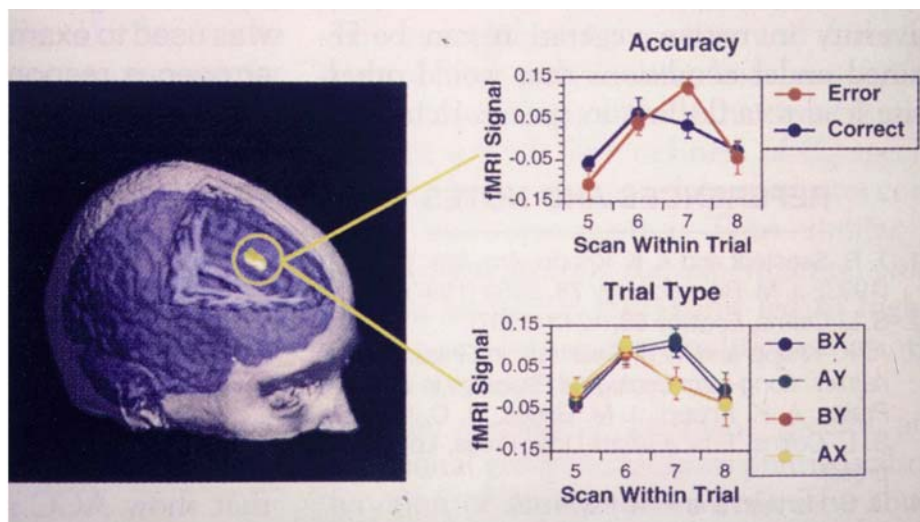
Ces ondes semblent liées, respectivement, à la détection de l'erreur et à sa correction, ou au minimum son intégration dans le comportement.

La détection et la correction d'erreurs peuvent-elles survenir sans conscience?

La source plausible de l'ERN: le cortex cingulaire antérieur

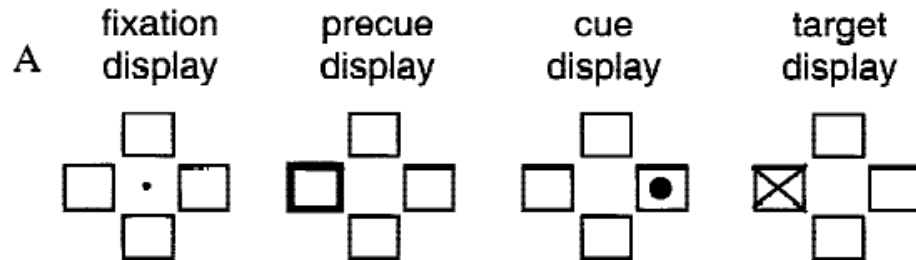


- Gehring, 1993: L'ERN semble maximale sur l'électrode frontale Fz
- Dehaene, Posner & Tucker, 1994: localisation d'un dipôle dans le cortex cingulaire
- Carter, 1998 : localisation d'un effet d'erreur par IRM fonctionnelle
- Debener, 2005: localisation par corrélation IRM / potentiels évoqués



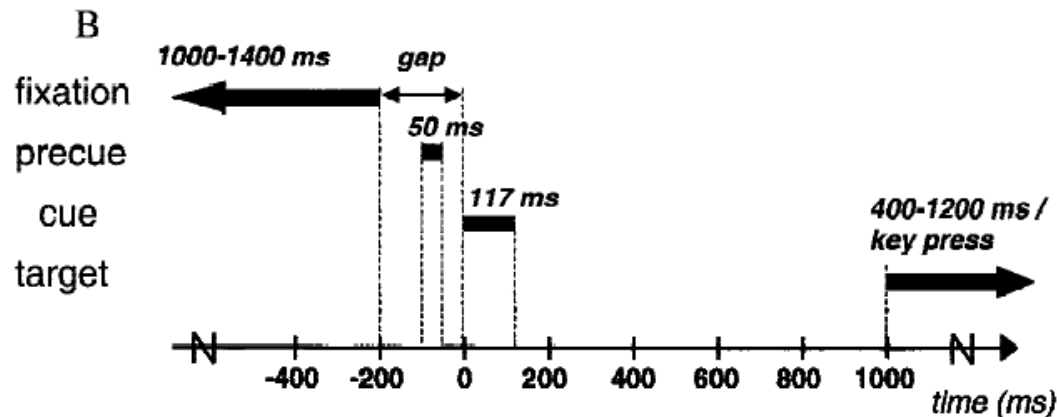
Le paradigme d'anti-saccade

Nieuwenhuis, S., Ridderinkhof, K. R., Blom, J., Band, G. P., & Kok, A. (2001). Error-related brain potentials are differentially related to awareness of response errors: evidence from an antisaccade task. *Psychophysiology*, 38(5), 752-760.



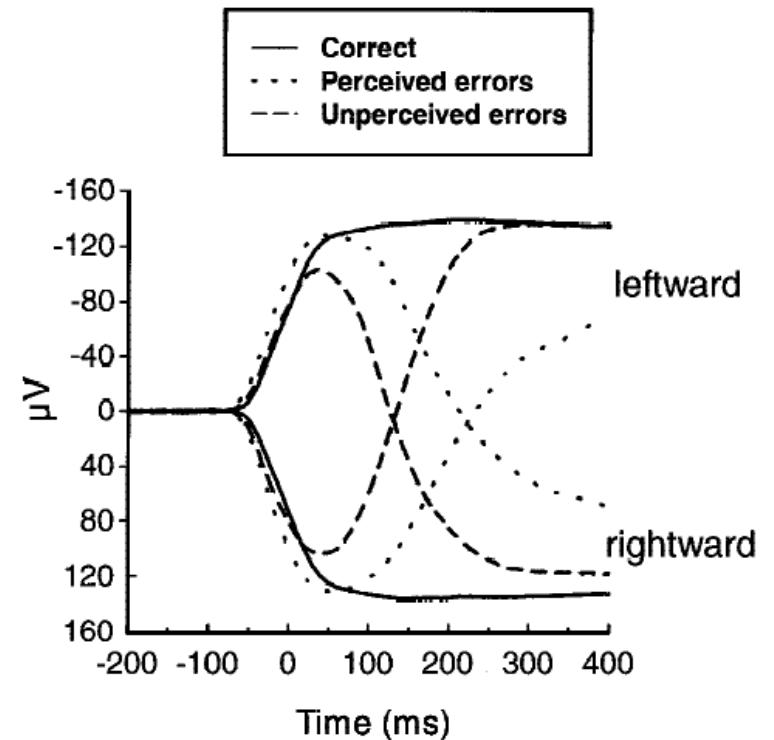
Les sujets doivent déplacer les yeux dans le sens opposé à l'indice (disque noir).

Ensuite, ils indiquent s'ils ont fait une erreur (saccade en direction de l'indice) en appuyant sur la barre d'espace.



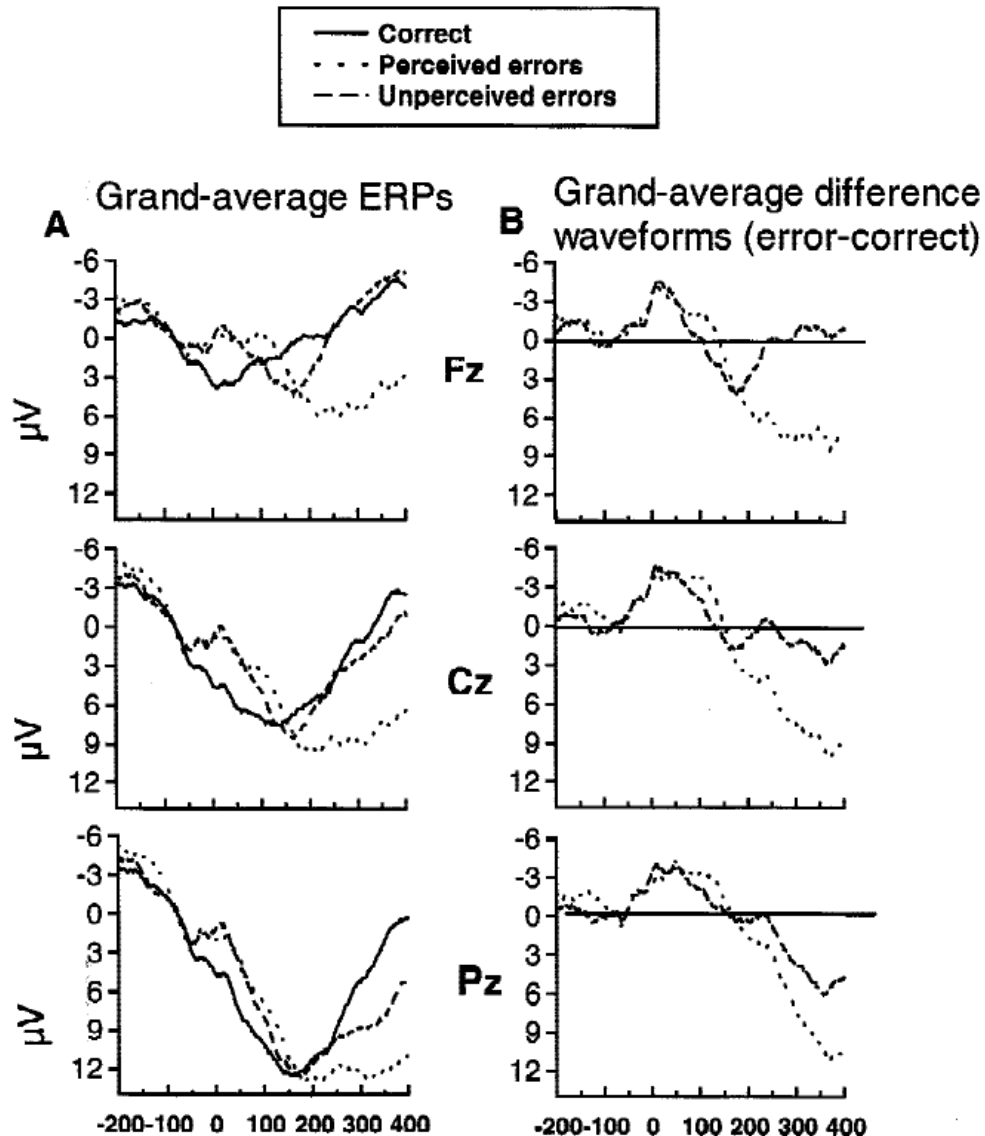
Cette procédure permet de séparer:

- Les essais corrects
- Les erreurs perçues
- Les erreurs non-perçues



Le paradigme d'anti-saccade

Nieuwenhuis, S., Ridderinkhof, K. R., Blom, J., Band, G. P., & Kok, A. (2001). Error-related brain potentials are differentially related to awareness of response errors: evidence from an antisaccade task. *Psychophysiology*, 38(5), 752-760.



Les résultats montrent deux phases bien séparées:

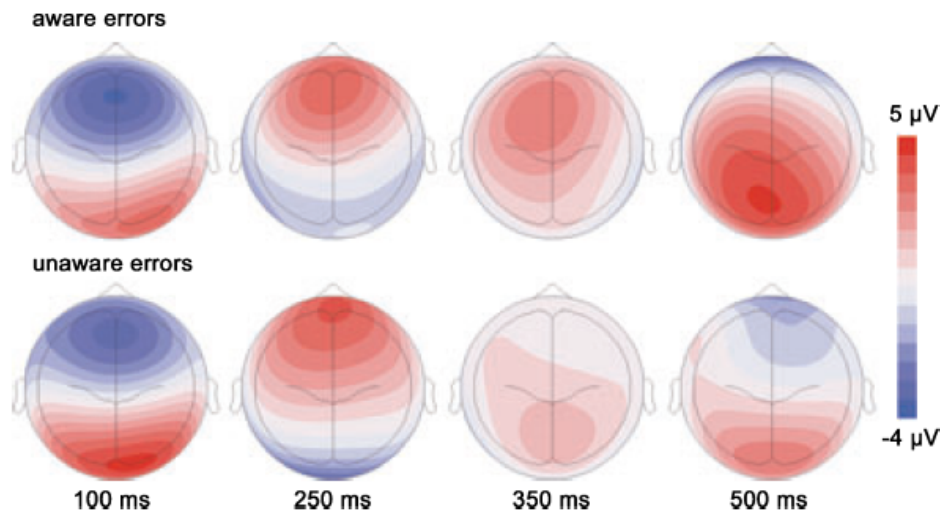
-Dans la première phase, on observe une négativité (ERN) identique, que le sujet soit ou non conscient de son erreur

-Dans la seconde phase, on n'observe une positivité (Pe) que si le sujet détecte son erreur.

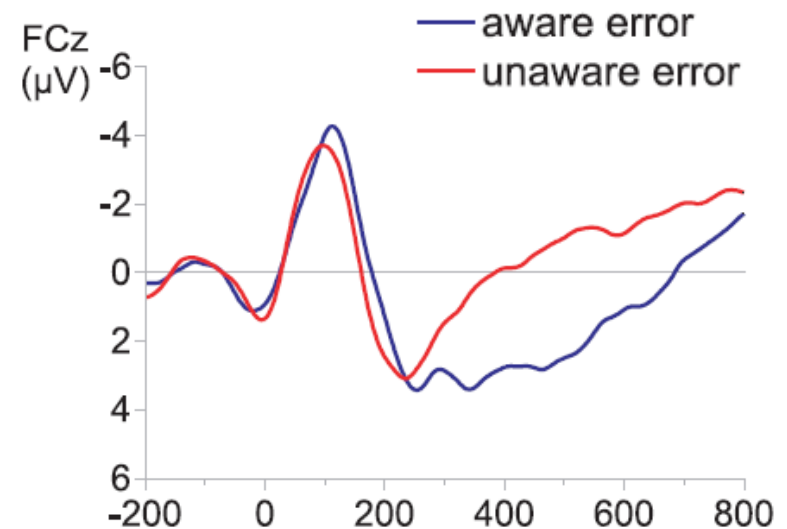
Conclusions: L'ERN indexerait un processus strictement automatique et non-conscient de détection d'erreur, tandis que les ajustements ultérieurs du comportement nécessiteraient la conscience.

Détection non-consciente de l'erreur

Réplication par Endrass, Reuter and Kathmann, *European Journal of Neuroscience* 2007
(voir également O'Connell et al., *European Journal of Neuroscience* 2007, moins convaincant)



. Difference waveforms (error minus correct)



Réplication presque parfaite du paradigme de Nieuwenhuis et al. (Tâche d'anti-saccade) : détection d'erreurs sans conscience d'avoir fait une erreur.

Mais nuance intéressante (également observé par Nieuwenhuis et al.):

- Ralentissement à l'essai qui suit une erreur consciente

- Mais non après une erreur non-consciente (ici, une *accélération* significative est même observée)

Contrôle exécutif sur les processus non-conscients?

Kunde, W., Kiesel, A., & Hoffmann, J. (2003). Conscious control over the content of unconscious cognition. *Cognition*, 88(2), 223-242.

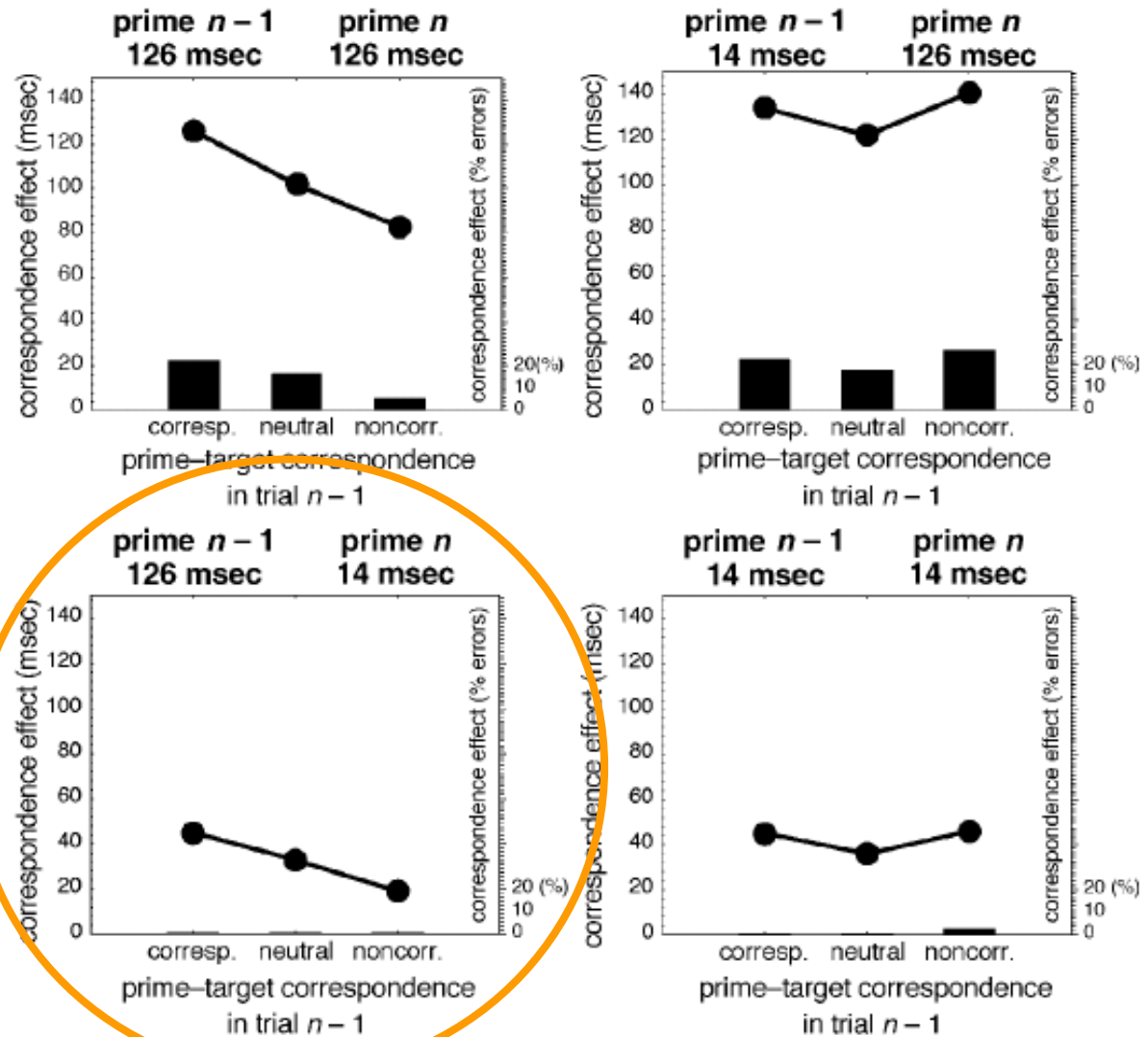
Expérience d'interférence de type « Stroop », avec un mélange d'essais conscients et non-conscient.

Examen de la **reprise de contrôle après un essai incongruent**

Séparation entre la **source** et la **cible** de l'effet:

-La source de la reprise de contrôle doit être consciente

-Mais la cible peut ne pas être consciente: après un essai incongruent conscient, on observe une modulation de l'effet de congruence sur une cible non-consciente.



Conclusions générales

- Certains processus qui relèvent du « contrôle exécutif » peuvent être *en partie* déclenchés par des stimuli subliminaux:
 - Le choix d'une stratégie
 - L'inhibition d'une action
 - La détection d'une erreur
- Les rares expériences disponibles font apparaître une hétérogénéité importante:
 - La détection d'erreur est rapide, automatique, son activation non-consciente est massive
 - Par contre, les influences non-conscientes sur le choix d'une stratégie et surtout l'inhibition de l'action sont des effets minuscules. Il semble que l'effet de l'amorce s'atténue lorsqu'on atteint ces niveaux de traitement hiérarchiquement très élevés.
- En aucun cas on n'observe de contrôle exécutif **durable**, par exemple qui s'étende à l'essai suivant
- Dans le dernier cours, nous verrons que certaines décisions (stratégiques, réfléchies, inhibitrices et/ou étendues dans le temps) semblent n'être associées qu'à un traitement conscient.