

L'inconscient cognitif et la profondeur des opérations subliminales

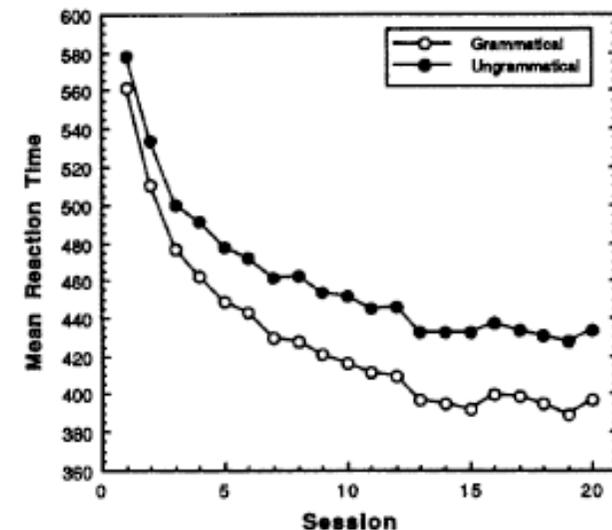
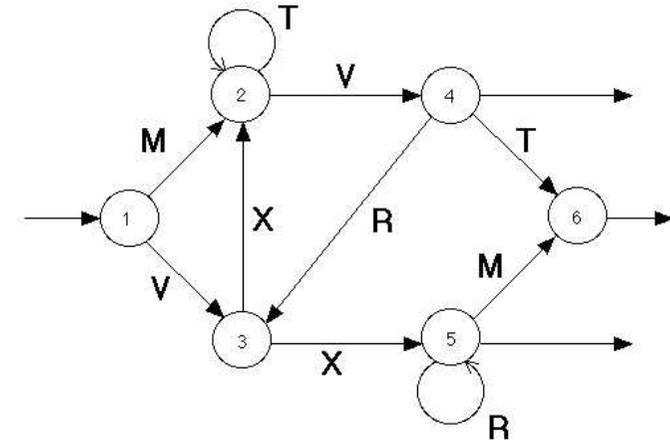
Stanislas Dehaene
Chaire de Psychologie Cognitive Expérimentale

Cours

Peut-on apprendre sans conscience?

L'apprentissage implicite

- Apprentissage de grammaires artificielles (Reber, 1967)
 - MTVRXVM est-il une séquence grammaticale?
- Apprentissage de séquences (Cleeremans & McClelland, 1991)
- Critiques:
 - les stimuli eux-mêmes sont parfaitement conscients et reçoivent toute l'attention du sujet; ce qui n'est pas conscient, c'est le fait même d'apprendre une séquence.
 - L'absence totale de conscience de ces apprentissages est difficile à évaluer et reste très débattue



Aujourd'hui nous aborderons une question plus restreinte: peut-il y avoir apprentissage, non seulement alors que le sujet n'a pas conscience d'avoir appris quoi que ce soit, mais également sans qu'il ait même conscience de la présence des stimuli?

L'influence d'un stimulus subliminal est généralement extrêmement courte

Exemple: L'article de Dupoux, E., de Gardelle, V., & Kouider, S. (2008). Subliminal speech perception and auditory streaming. *Cognition*, 109(2), 267-273.

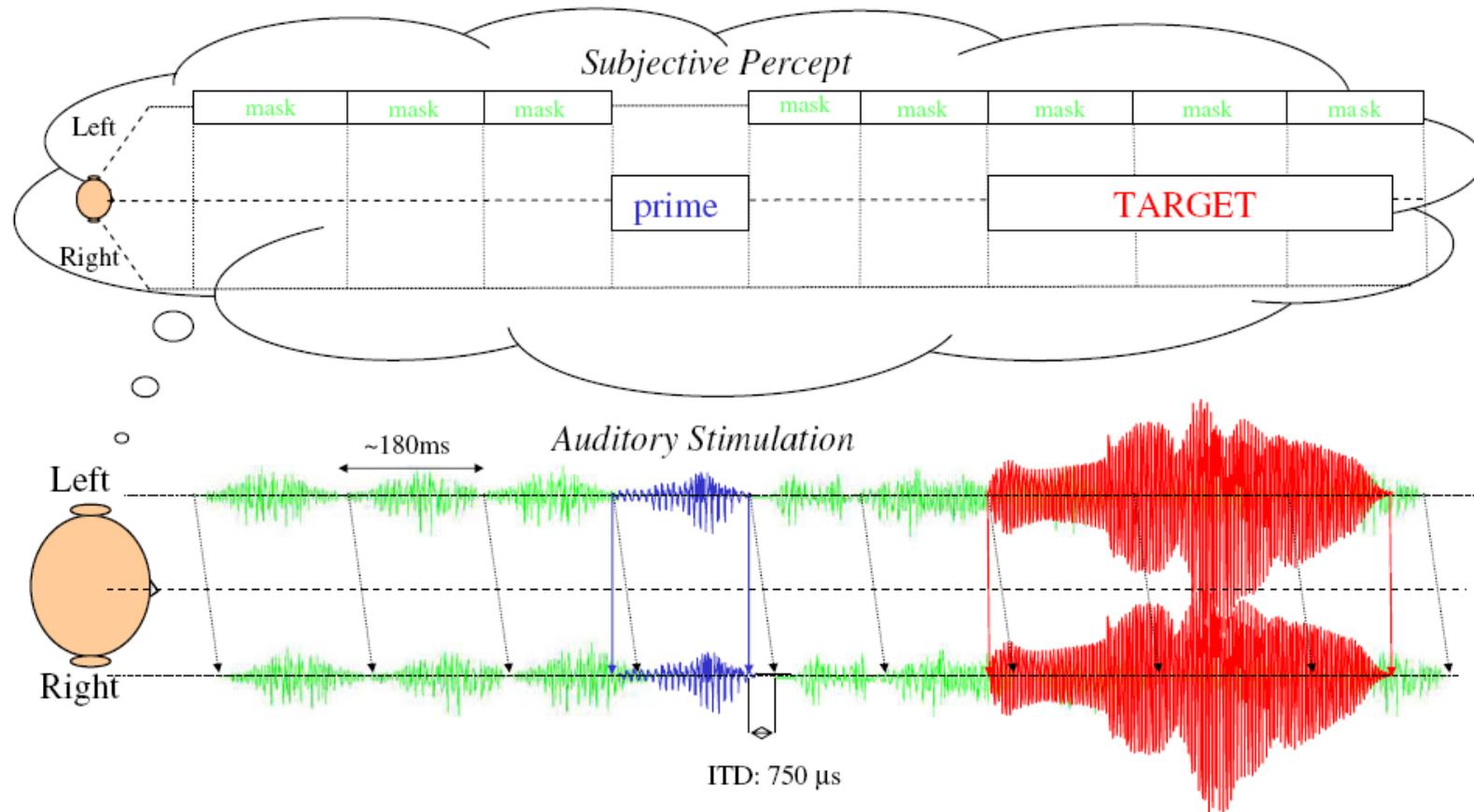


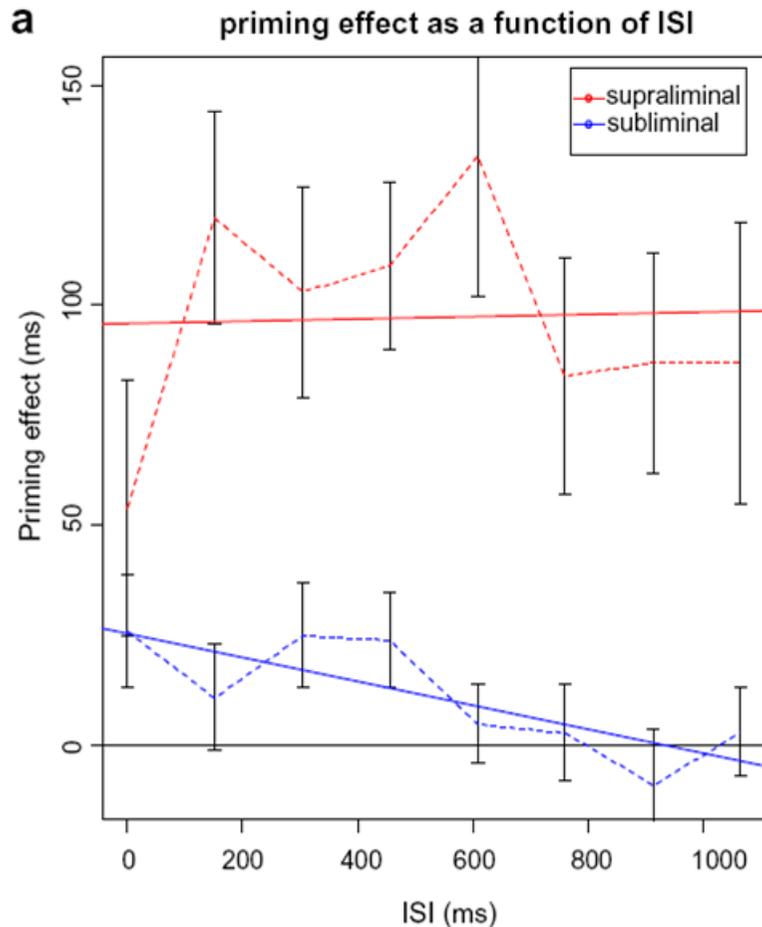
Fig. 1. Diagram of the stimulus presentation in the supraliminal experiment. The prime and masks are time compressed (35% of original duration) and attenuated ($-15\ \text{dB}$). The masks are time-reversed primes, and played in a stream starting before and playing during the targets. The primes are inserted in place of one mask. The stream of masks is time shifted by an ITD of $750\ \mu\text{s}$ in one of the channel, resulting in the subjective percept of a central prime and target and lateral masks. In the subliminal experiment, the stimuli are the same, but the ITD is set to zero.

L'influence d'un stimulus subliminal est généralement extrêmement courte

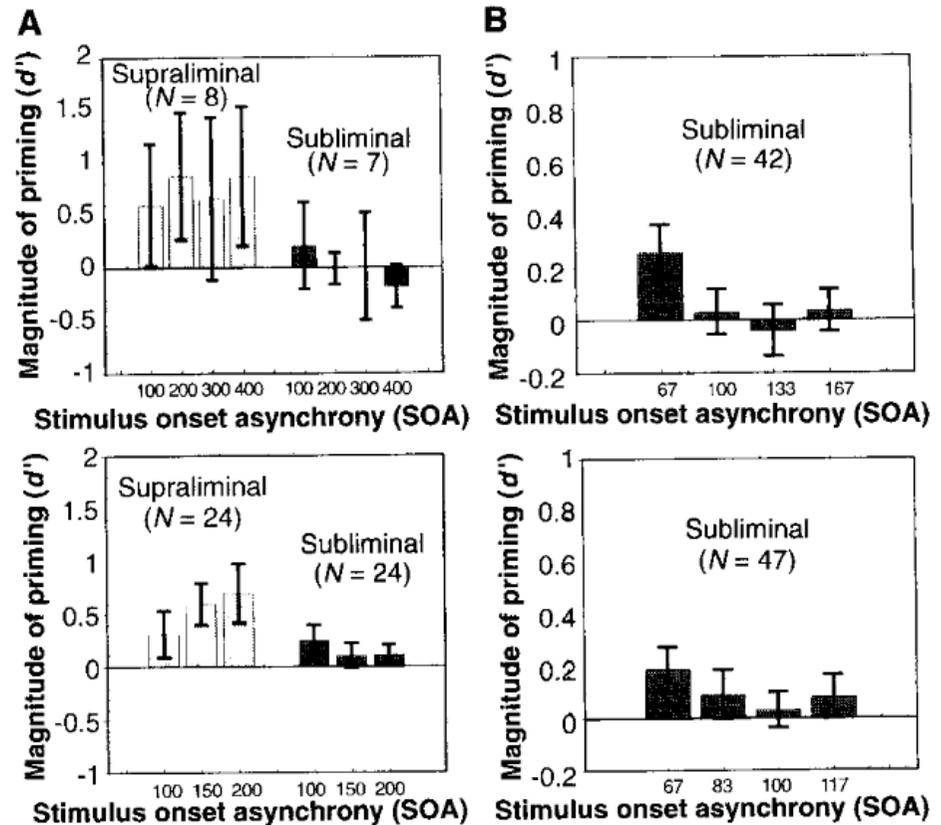
Dupoux, E., de Gardelle, V., & Kouider, S. (2008). Subliminal speech perception and auditory streaming. *Cognition*, 109(2), 267-273.

Tâche de décision lexicale avec amorces répétées ou non, conscientes ou non.

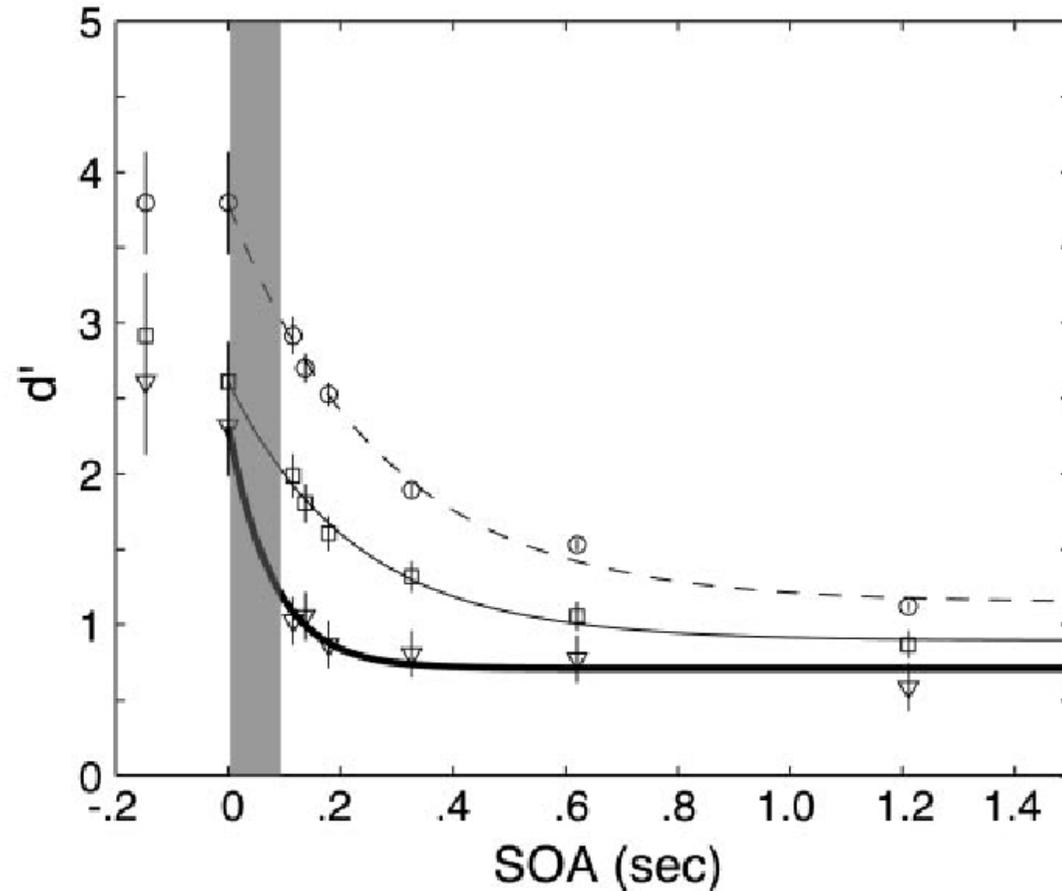
L'effet d'amorçage décroît très vite avec l'intervalle amorce-cible.



Résultats similaires de Greenwald et al. (*Science*, 1996):



« L'inconscient est structuré comme une exponentielle décroissante »
(Lionel Naccache, *Le nouvel inconscient*)



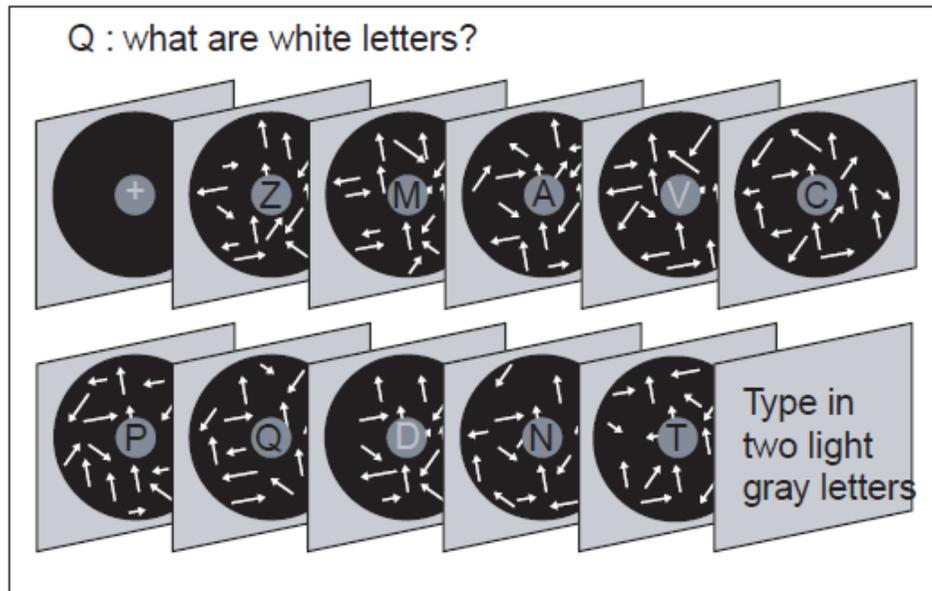
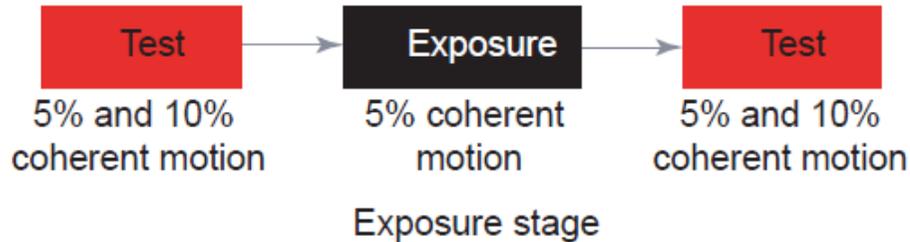
Tâche de Sperling, répliquée par
Lu, Neuse, Madigan & Doshier
(*PNAS*, 2005)

Conclusion forte et souvent vérifiée empiriquement, mais cependant à nuancer:

- Un stimulus non-conscient ne reste pas en mémoire de travail
- Cela ne signifie pas qu'il ne puisse pas conduire à des modifications durables des poids synaptiques (effet d'apprentissage non-conscient)

Les expériences de Takeo Watanabe et al.

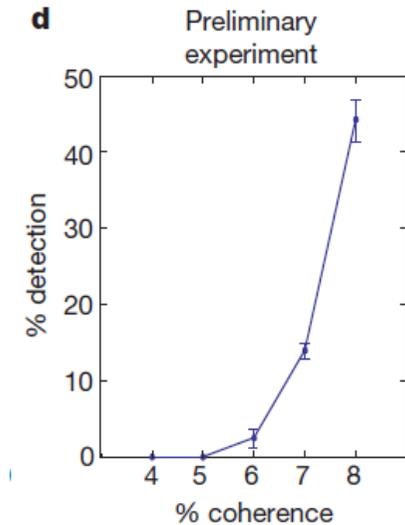
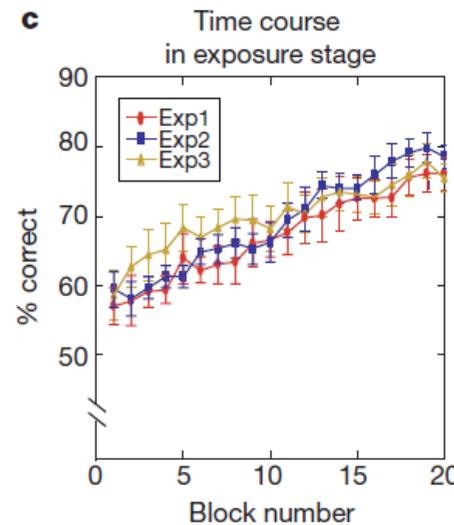
Watanabe, T., Nanez, J. E., & Sasaki, Y. (2001). Perceptual learning without perception. *Nature*, 413(6858), 844-848.



Présentation d'un stimulus

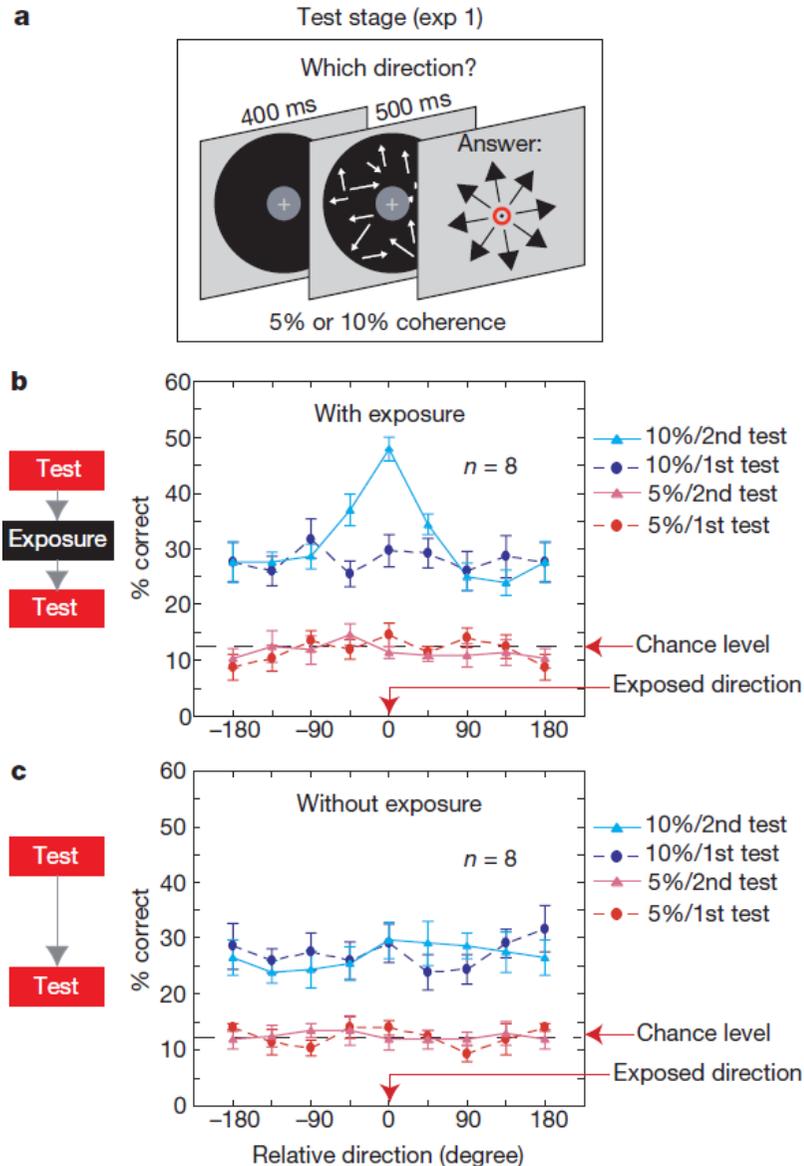
- non-pertinent pour la tâche en cours
- hors du champ de l'attention (la tâche de lettres est particulièrement difficile)
- invisible (5% de mouvement cohérent)

Apprentissage massif: 20 blocs de 960 essais chacun!



Les expériences de Takeo Watanabe et al.

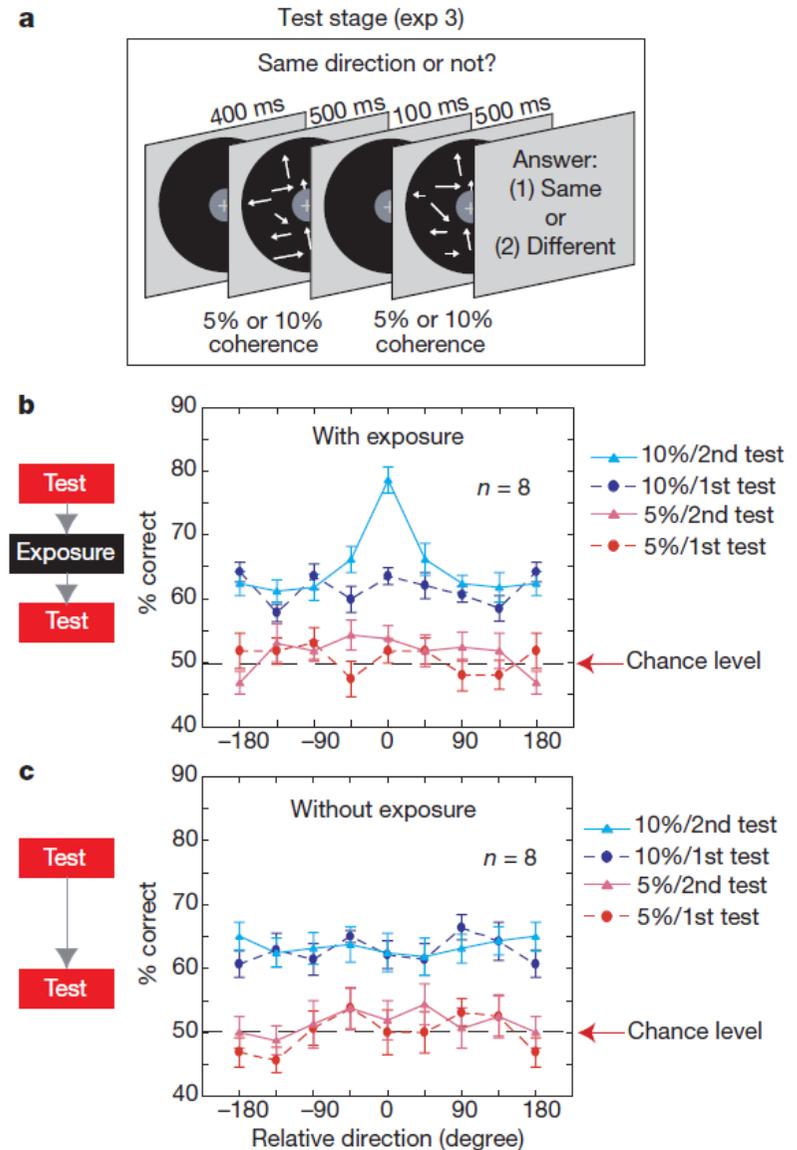
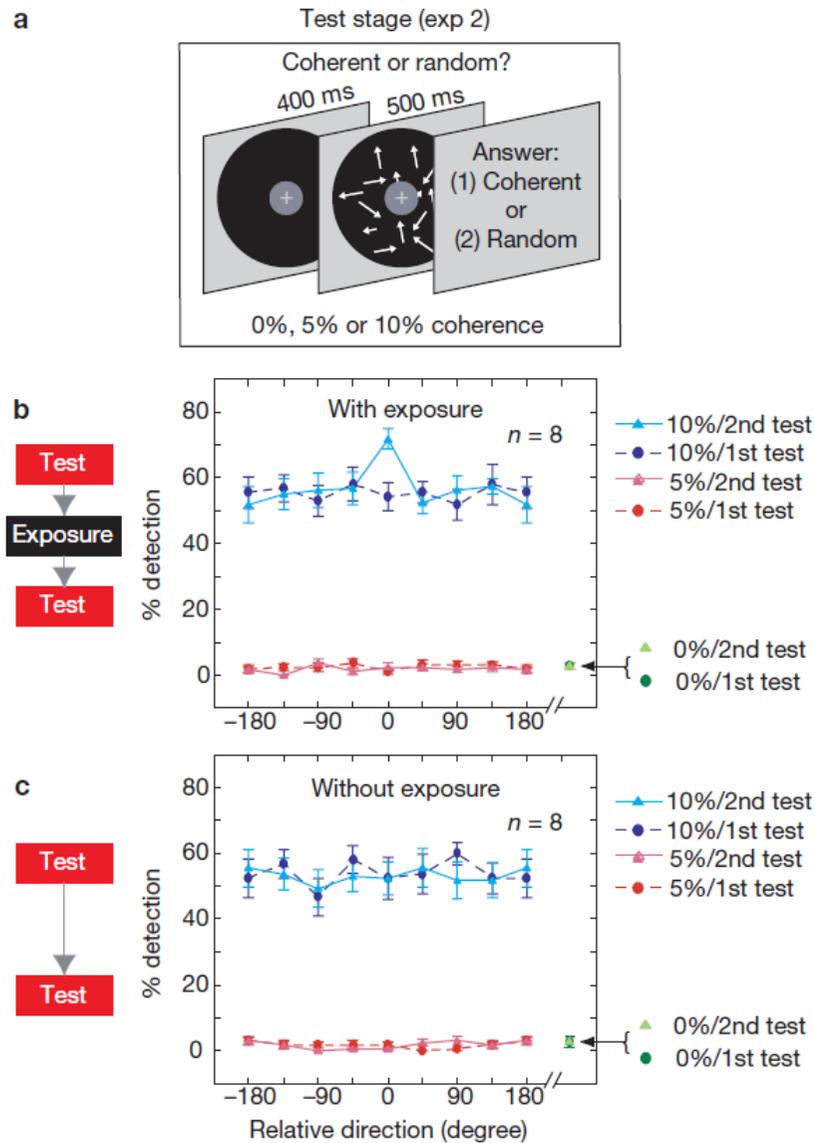
Watanabe, T., Nanez, J. E., & Sasaki, Y. (2001). Perceptual learning without perception. *Nature*, 413(6858), 844-848.



Dans une tâche ultérieure de détection de la direction du mouvement, les performances s'améliorent dans la direction exposée de façon subliminale – mais seulement pour un stimulus au dessus du seuil (10% de cohérence)

Les performances à 5% de cohérence ne s'améliorent pas, ce qui indique que le stimulus est resté « subliminal » tout au long de l'apprentissage.

Les résultats sont répliqués dans différentes tâches: simple détection de la présence de mouvement cohérent (à gauche) ou jugement pareil/différent (à droite)



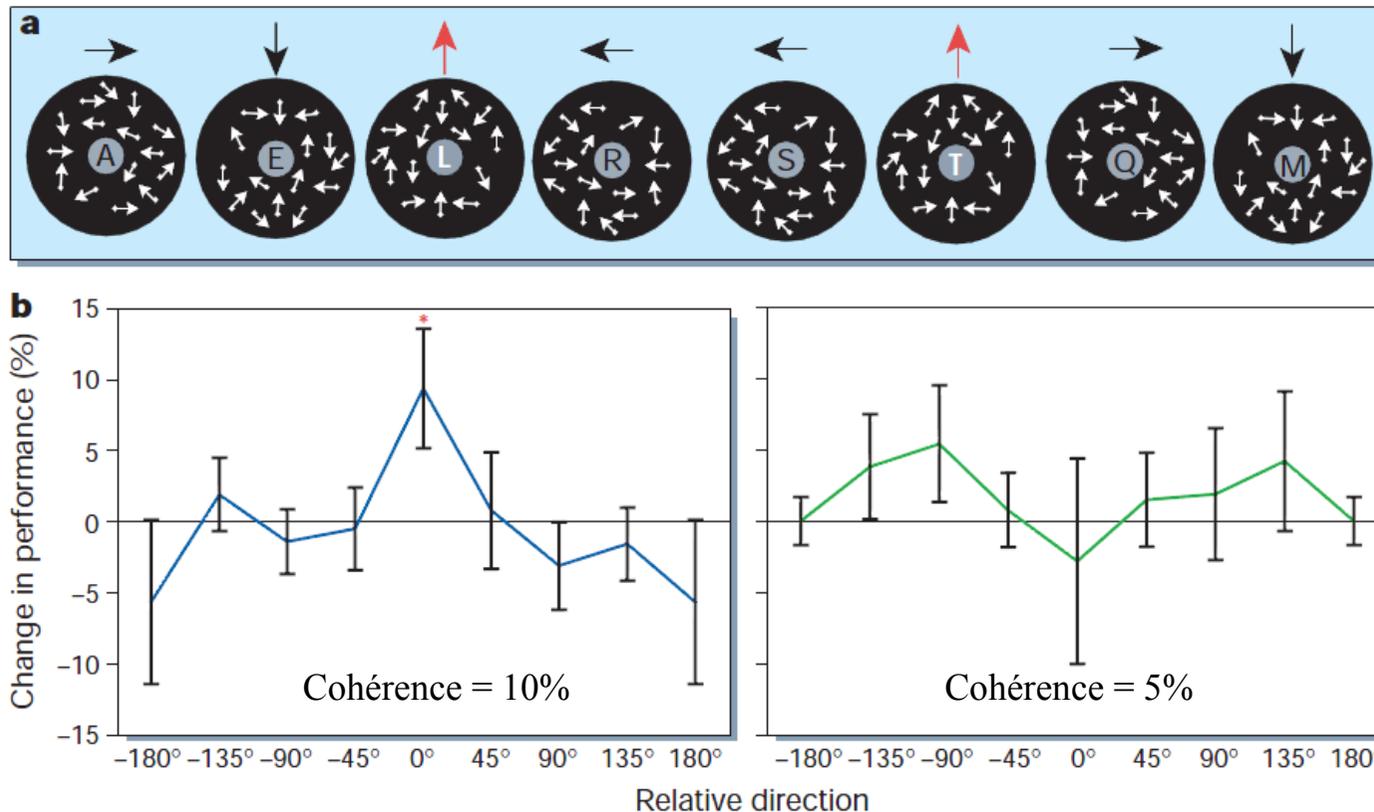
L'apprentissage subliminal n'est pas passif – il dépend de l'obtention d'un signal de renforcement

Seitz, A. R., & Watanabe, T. (2003).

Psychophysics: Is subliminal learning really passive? *Nature*, 422(6927), 36.

Dans cette nouvelle expérience, une direction de mouvement est appariée aux cibles (lettres blanches), les autres directions apparaissent aléatoirement avec la même fréquence.

Seule la direction ainsi renforcée de façon « accidentelle » est apprise:

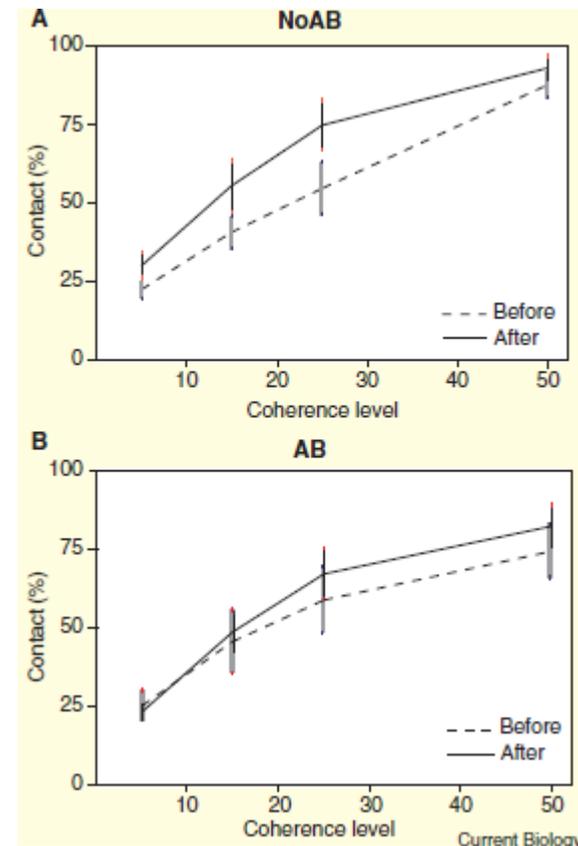
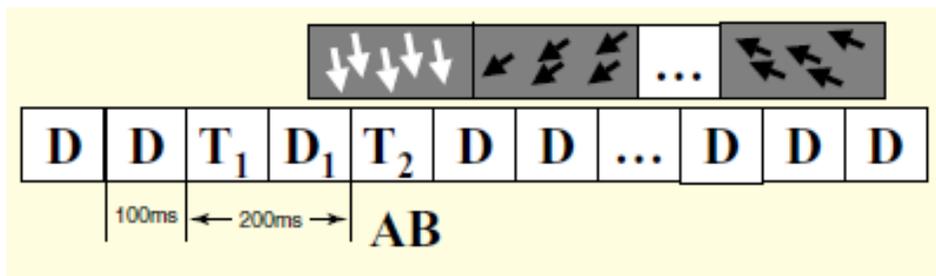
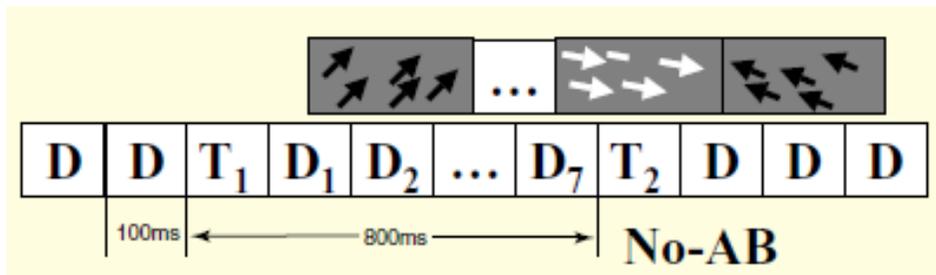


Extension de ce résultat au clignement attentionnel

Seitz, A., Lefebvre, C., Watanabe, T., & Jolicoeur, P. (2005). Requirement for high-level processing in subliminal learning. *Curr Biol*, 15(18), R753-755.

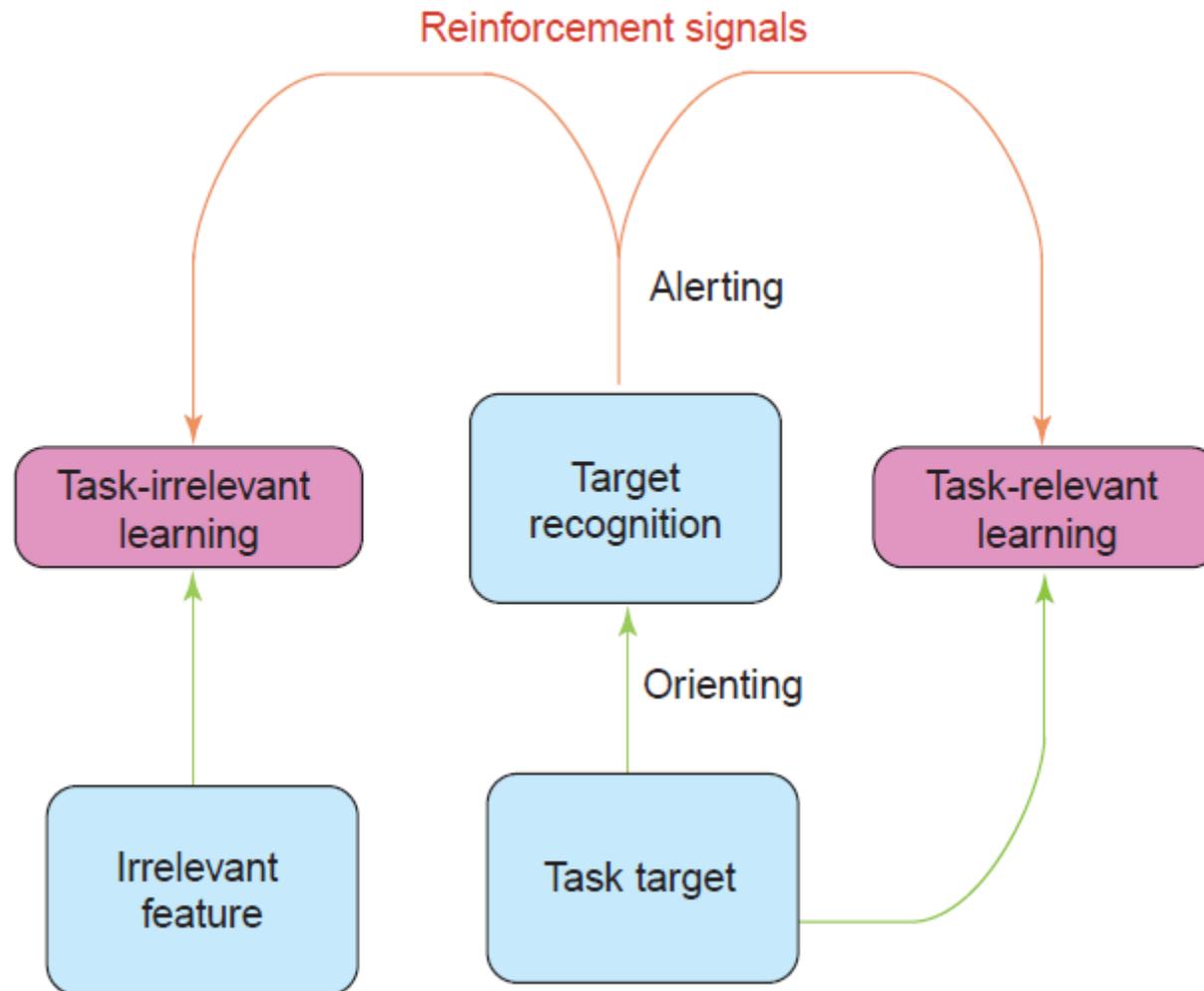
Dans cette nouvelle expérience, une direction de mouvement est appariée à un cible T2 présentée pendant le clignement attentionnel, et une autre direction à une cible T2 présentée en dehors du clignement attentionnel.

Seule la seconde direction entraîne un apprentissage perceptif significatif



Modèle proposé: le stimulus non-pertinent bénéficie du signal de renforcement évoqué par les cibles conscientes

Seitz, A., & Watanabe, T. (2005). A unified model for perceptual learning. *Trends Cogn Sci*, 9(7), 329-334.



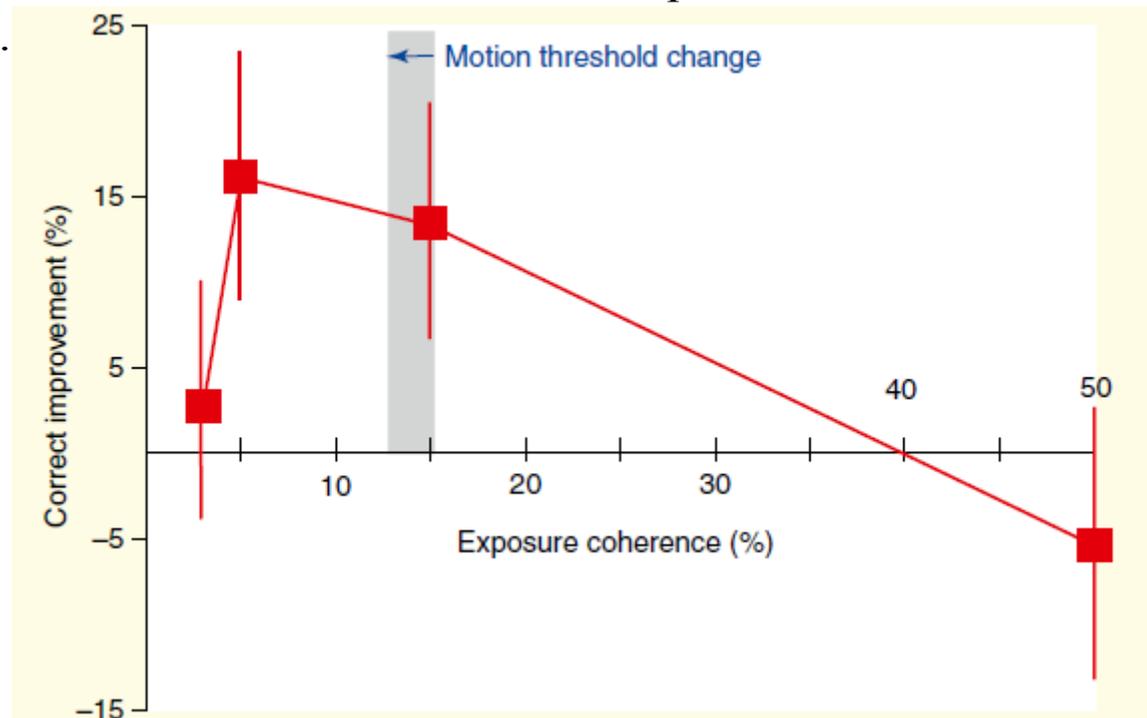
L'apprentissage est *meilleur* lorsque les distracteurs ne sont pas conscients!

Tsushima, Y., Seitz, A. R., & Watanabe, T. (2008).

Task-irrelevant learning occurs only when the irrelevant feature is weak. *Curr Biol*, 18(12), R516-517.

Mêmes conditions que Watanabe et al (*Nature* 2001), mais avec une manipulation du pourcentage de mouvement cohérent

- L'apprentissage n'existe que pour des pourcentages modestes (5 ou 15%), juste en deçà du seuil de détection du mouvement.
- Hypothèse: quand les distracteurs accèdent à la conscience, il est possible de les inhiber et donc d'éviter tout apprentissage.

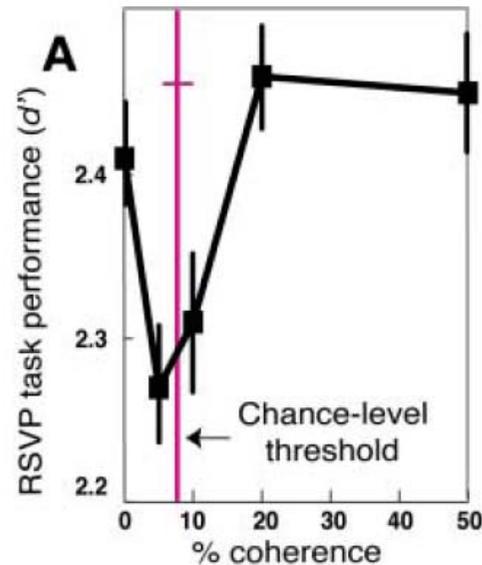
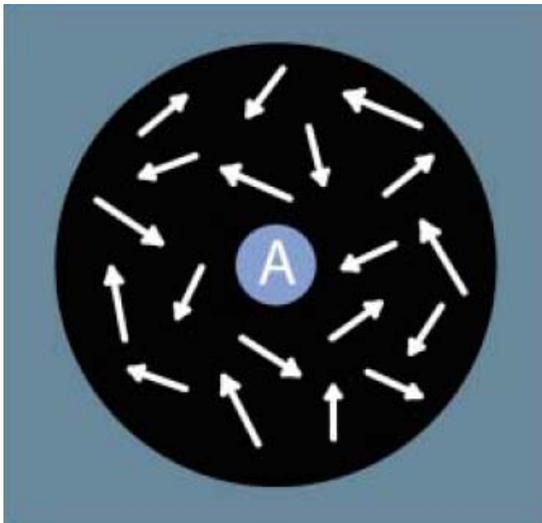


Un stimulus subliminal perturbe *plus* qu'un stimulus conscient!

Tsushima, Y., Sasaki, Y., & Watanabe, T. (2006). Greater disruption due to failure of inhibitory control on an ambiguous distractor. *Science*, 314(5806), 1786-1788.

Tâche = rapporter deux chiffres parmi une séquence de lettres.

La performance sur cette tâche principale chute lorsqu'un mouvement cohérent mais quasi-invisible est présenté en fond d'écran.

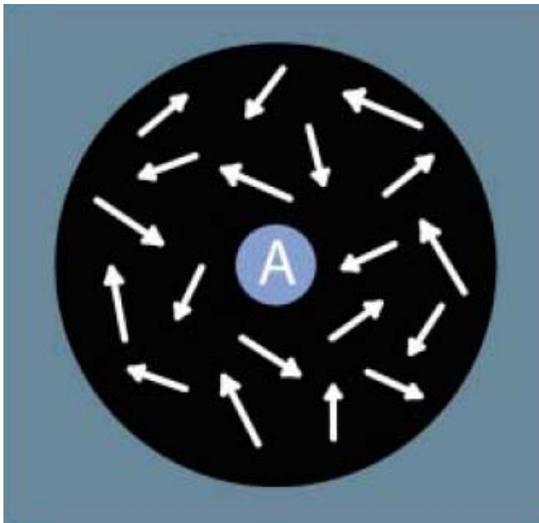


Un stimulus subliminal perturbe *plus* qu'un stimulus conscient!

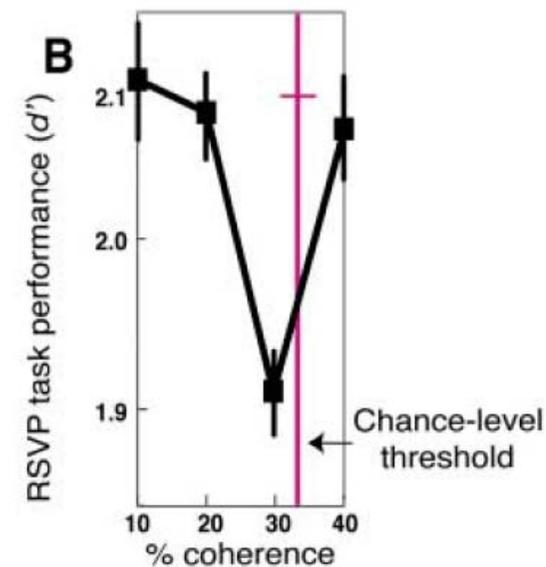
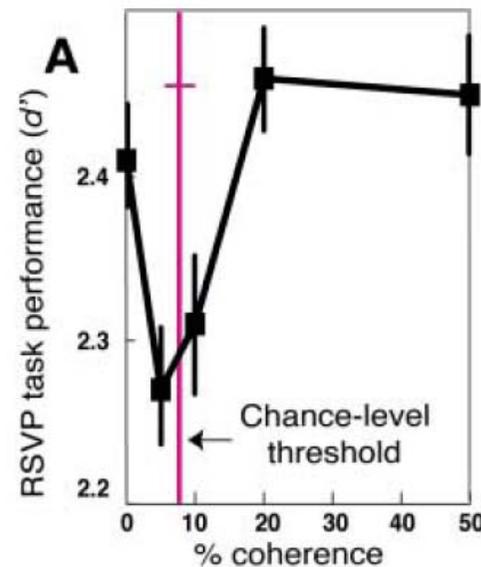
Tsushima, Y., Sasaki, Y., & Watanabe, T. (2006). Greater disruption due to failure of inhibitory control on an ambiguous distractor. *Science*, 314(5806), 1786-1788.

Tâche = rapporter deux chiffres parmi une séquence de lettres.

La performance sur cette tâche principale chute lorsqu'un mouvement cohérent mais quasi-invisible est présenté en fond d'écran.



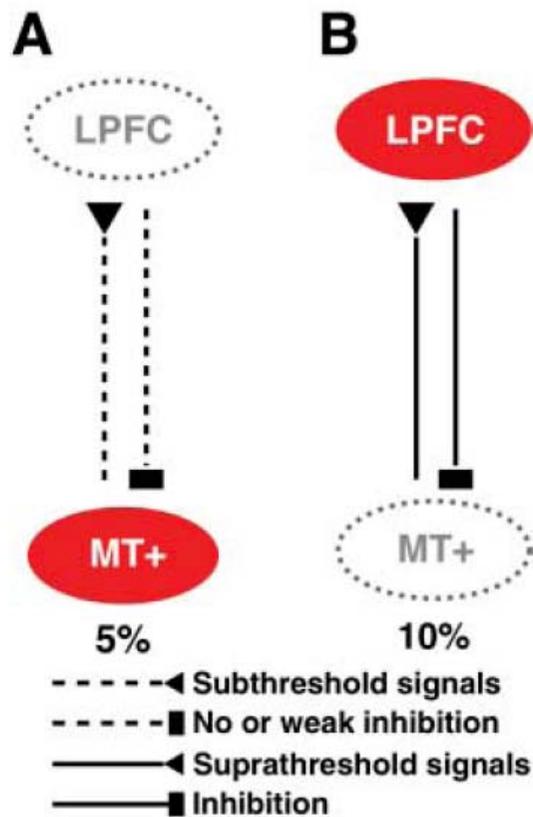
Expérience 2: luminance plus faible



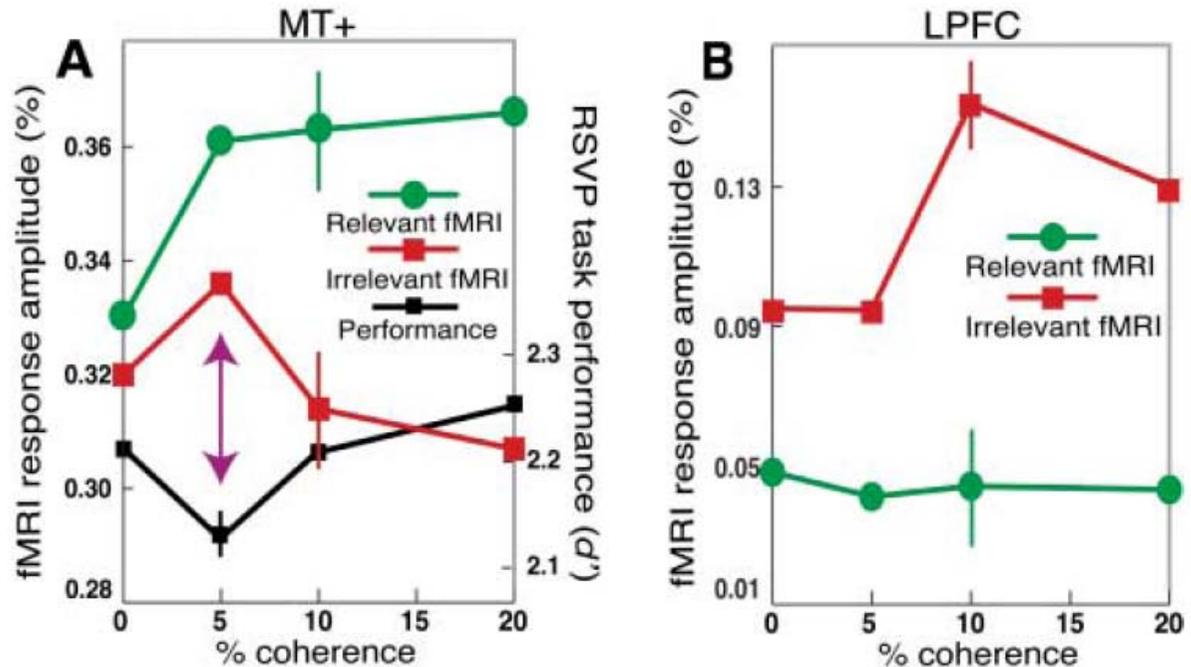
Un stimulus subliminal perturbe *plus* qu'un stimulus conscient!

Tsushima, Y., Sasaki, Y., & Watanabe, T. (2006). Greater disruption due to failure of inhibitory control on an ambiguous distractor. *Science*, 314(5806), 1786-1788.

Modèle proposé: seul un stimulus supraliminal parvient à déclencher les processus d'inhibition de la distraction dans le cortex préfrontal.



Test par IRM fonctionnelle: (1) La région MT montre une activité maximale pour les mouvements les plus « distrayants »
 (2) Le cortex préfrontal se déclenche lorsque le mouvement excède ce seuil



Conclusions des expériences de Seitz, Watanabe et al.

- L'apprentissage subliminal existe dans des conditions où
 - Les stimuli non-conscients sont présentés juste en dessous du seuil de détectabilité
 - Le sujet effectue une tâche qui demande de l'attention, et est récompensé par des signaux de renforcement appariés avec les stimuli subliminaux
- Autrement dit, un stimulus subliminal bénéficie d'un apprentissage conscient concomitant.

Questions ouvertes:

- L'apprentissage serait-il encore plus rapide et efficace si l'attention était orientée vers le stimulus ?
 - Pas de comparaison de l'apprentissage conscient / non-conscient
- Le stimulus non-attendu n'est pas pour autant invisible (seule la cohérence de son mouvement n'est pas détectable)
 - L'apprentissage serait-il possible si la présence même du stimulus était indétectable?
- Le signal de renforcement lui-même pourrait-il être non-conscient?
- Certaines expériences récentes de Mathias Pessiglione répondent à quelques-unes de ces questions

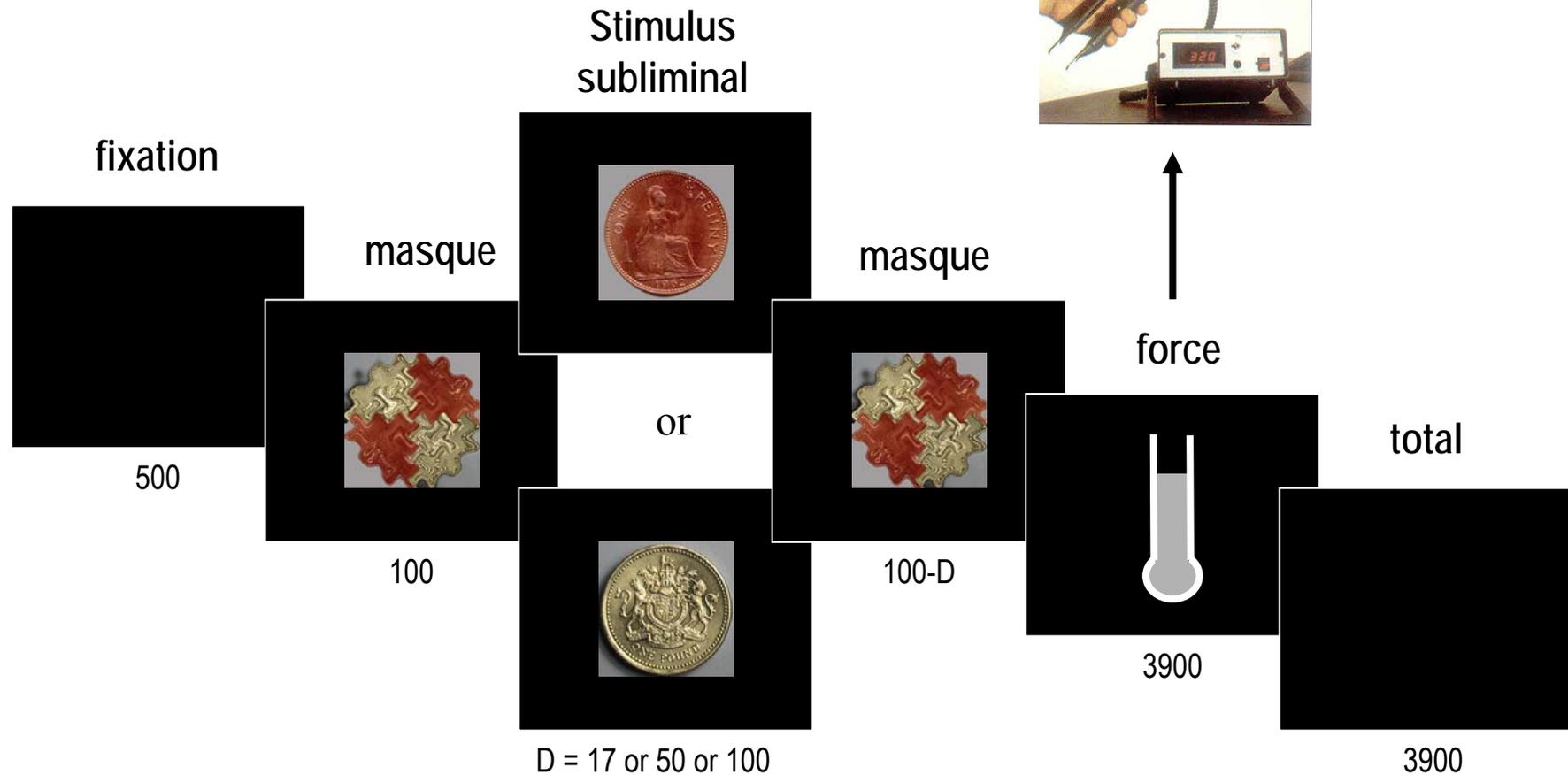
Motivation subliminale:

Modulation de la force exercée selon le renforcement attendu

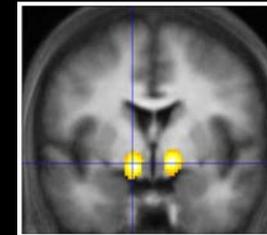
Pessiglione, M., Schmidt, L., Draganski, B., Kalisch, R., Lau, H., Dolan, R. J., et al. (2007). How the brain translates money into force: a neuroimaging study of subliminal motivation. *Science*, 316(5826), 904-906.

Tâche = exercer une force plus ou moins importante

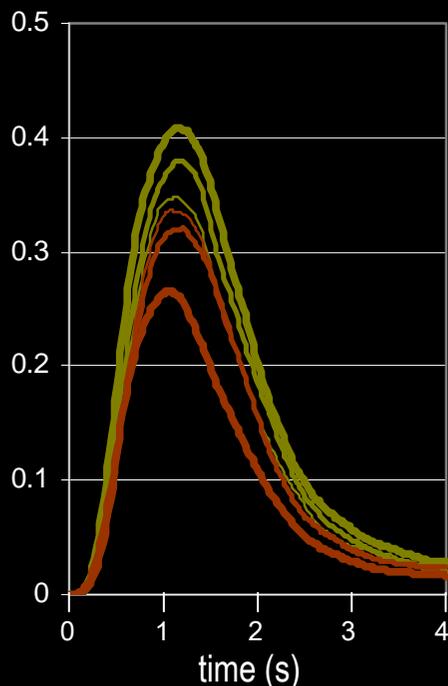
Renforcement monétaire calculé en combinant la force exercée et le niveau de renforcement proposé avant chaque essai.



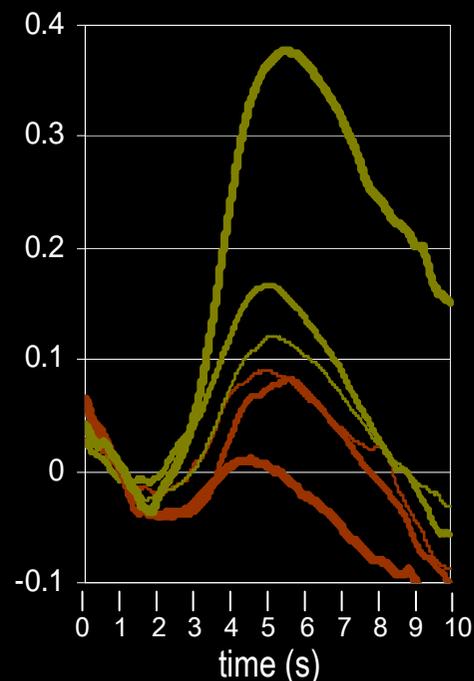
Le renforcement anticipé exerce des effets mesurables, tant sur le comportement que sur l'activité cérébrale



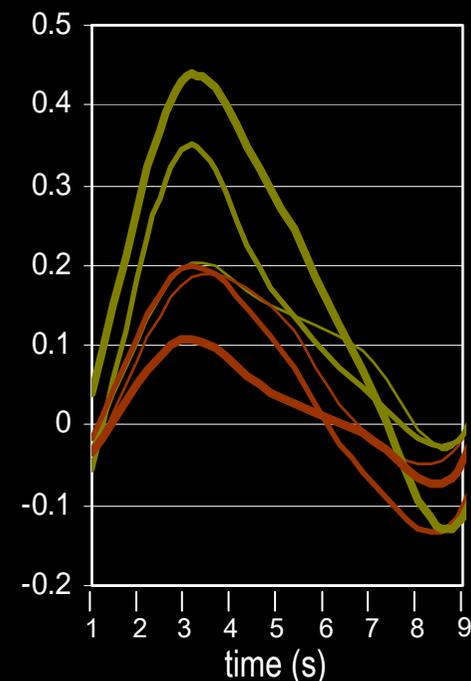
Force



Conductance cutanée



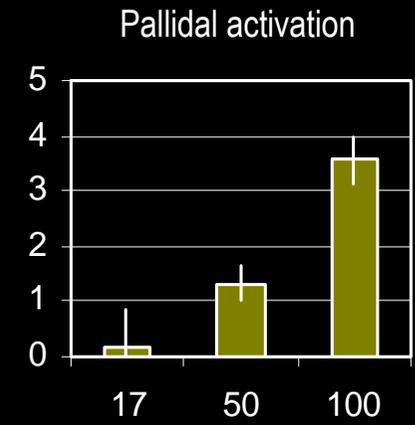
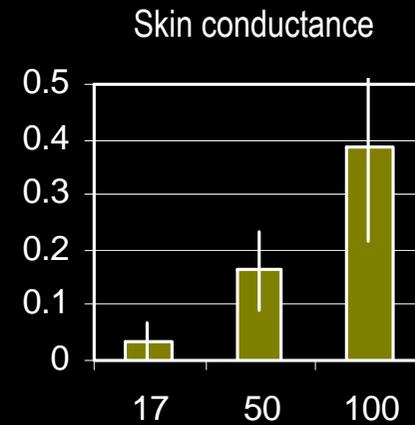
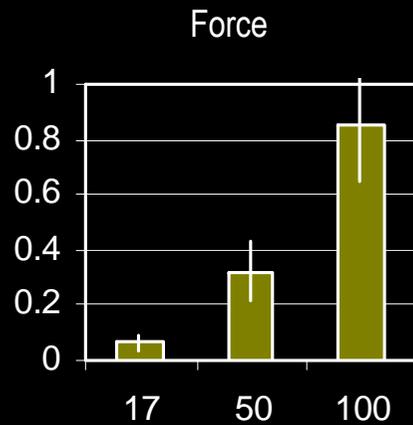
Activation pallidale



- ξ / 100 ms
- ξ / 50 ms
- ξ / 17 ms
- p / 17 ms
- p / 50 ms
- p / 100 ms

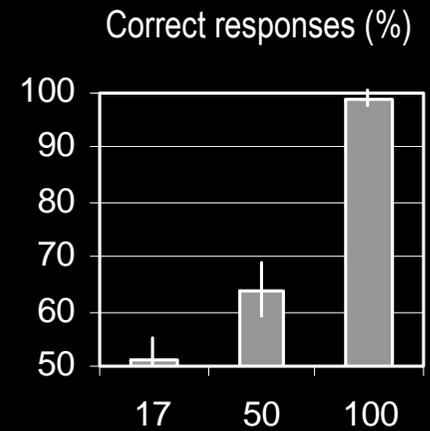
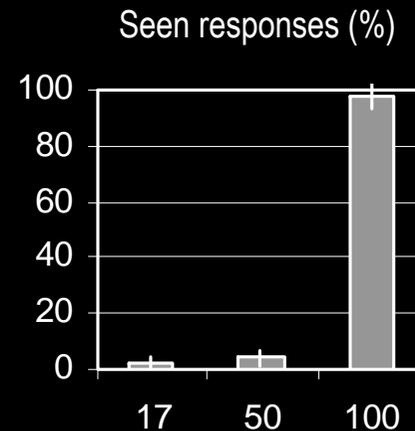
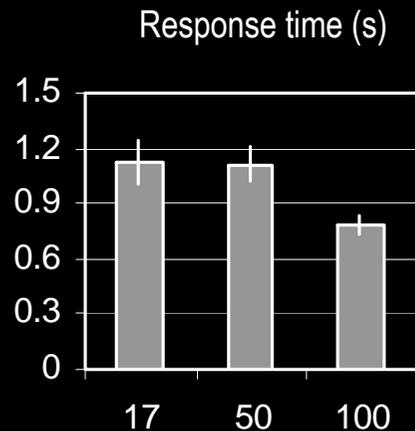
A 50 millisecondes, le renforcement proposé est essentiellement subliminal, et exerce pourtant un effet significatif.

Tâche indirecte: Exercer une certaine force



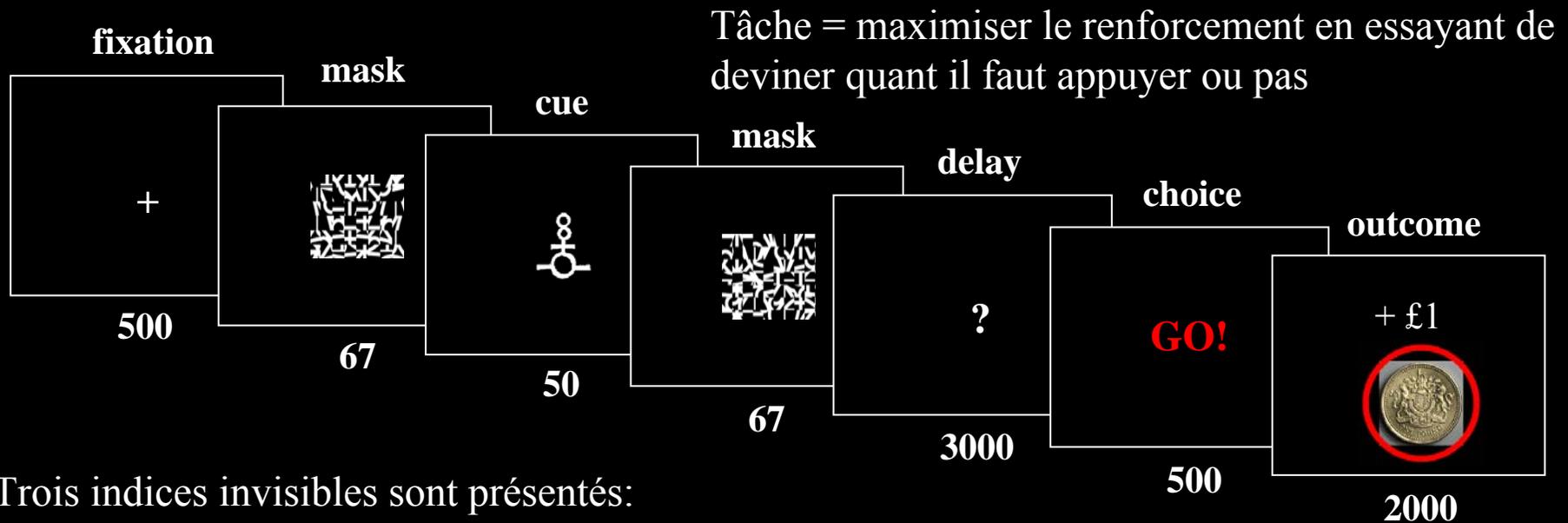
Tâche directe: Perception de l'amorce masquée

Seen £1
Seen 1p
Guess £1
Guess 1p

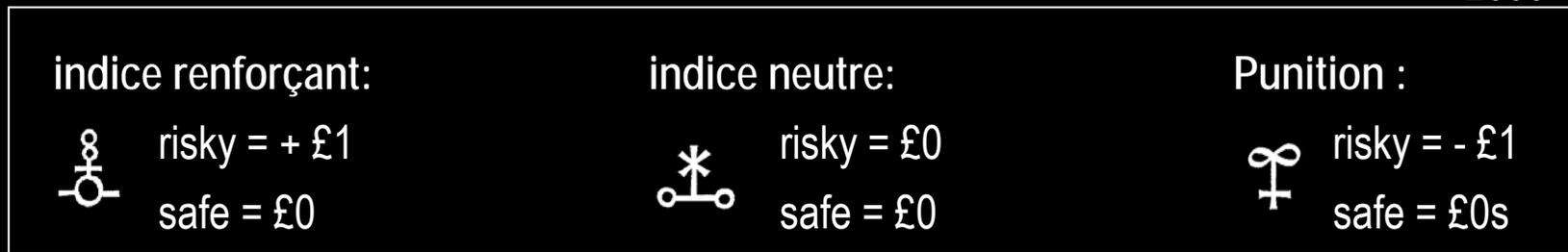


Conditionnement opérant à des stimuli invisibles

Pessiglione, M., Petrovic, P., Daunizeau, J., Palminteri, S., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2008). Subliminal instrumental conditioning demonstrated in the human brain. *Neuron*, 59(4), 561-567.



Trois indices invisibles sont présentés:



L'apprentissage est modélisé par une architecture « acteur/critique »

Choice likelihood

$$P_{\text{risk}}(t) = 1/(1+\exp(-V_{\text{risk}}(t)/\beta))$$

Hidden values

$$V_{\text{risk}}(t)$$

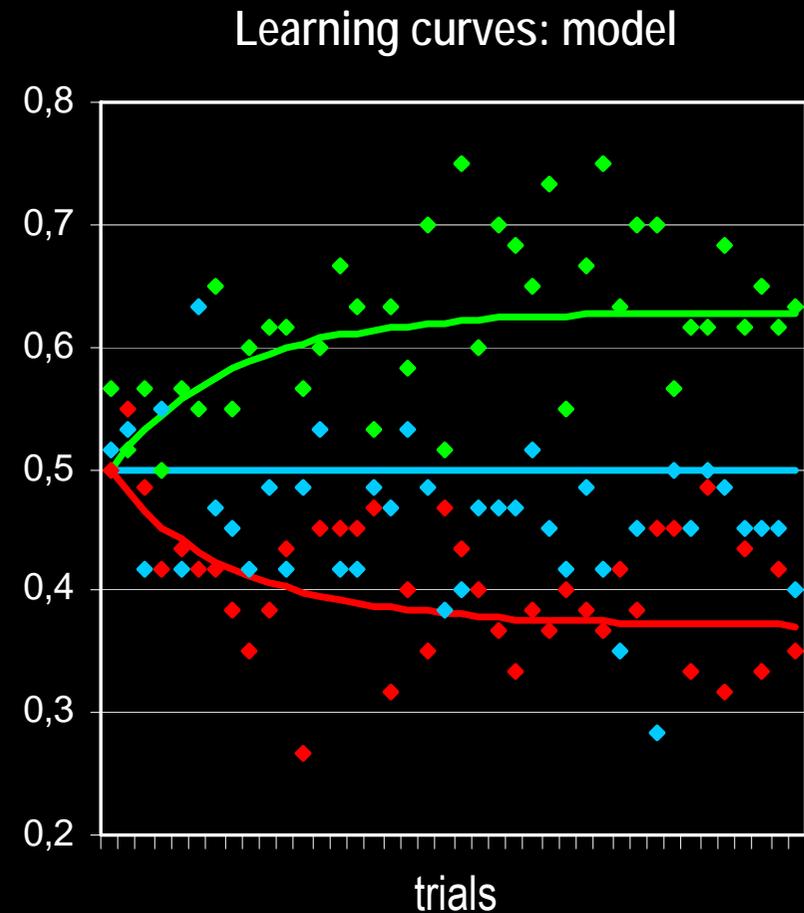
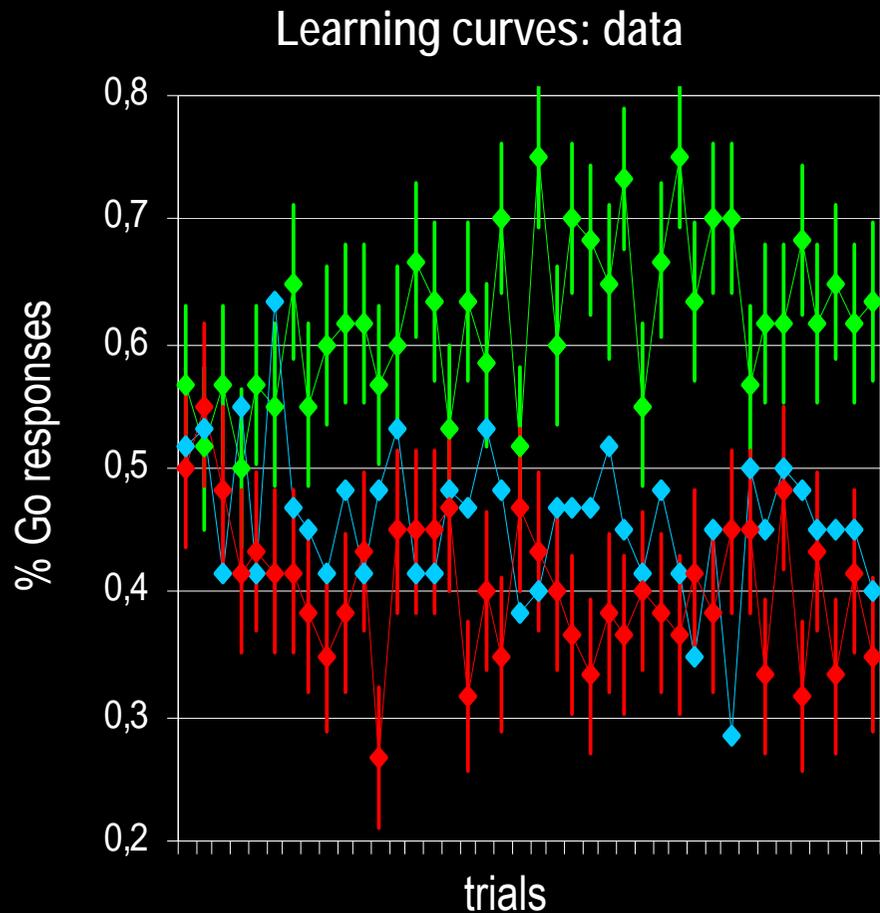
$$\delta(t) = R(t) - V_{\text{risk}}(t)$$

Learning rule

$$V_{\text{risk}}(t+1) = V_{\text{risk}}(t) + \alpha * \delta(t)$$

Conditionnement opérant à des stimuli invisibles

Pessiglione, M., Petrovic, P., Daunizeau, J., Palminteri, S., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2008). Subliminal instrumental conditioning demonstrated in the human brain. *Neuron*, 59(4), 561-567.



Go rewarded
Neutral
Go punished

Les sujets parviennent à apprendre à répondre de façon différente aux trois indices.

Ils gagnent donc de l'argent!

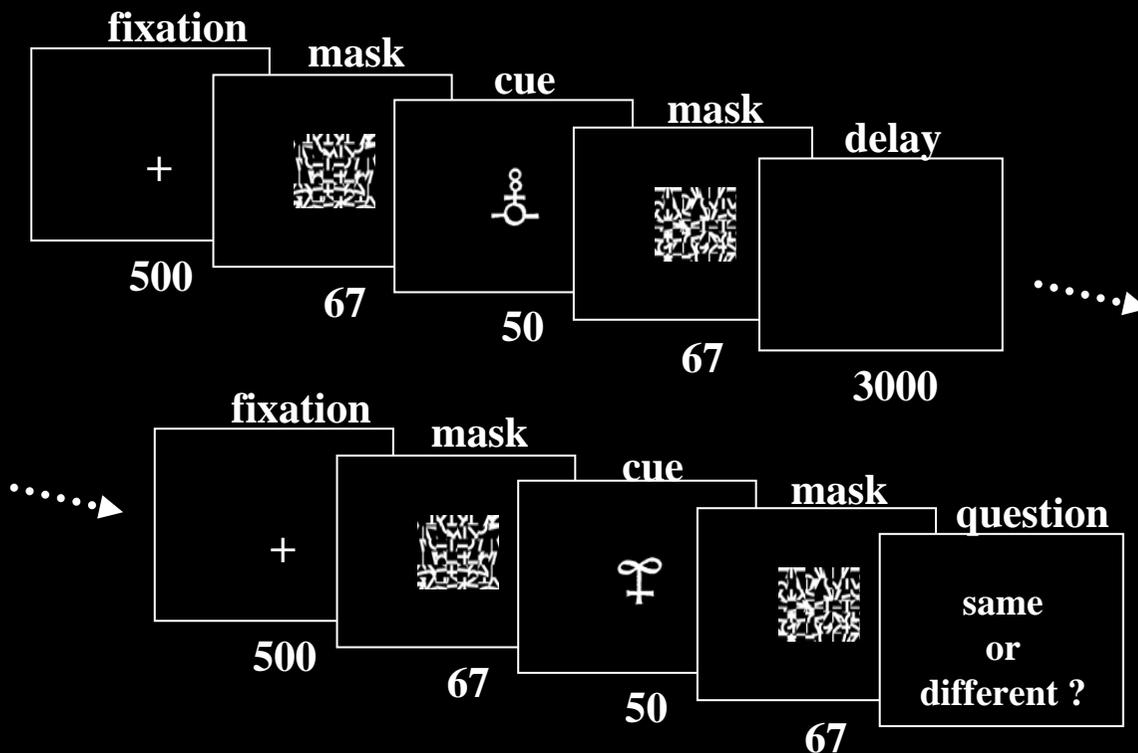
Balance = £ 7.5 ± 1.8 ($P < 0.001$)

Conditionnement opérant à des stimuli invisibles

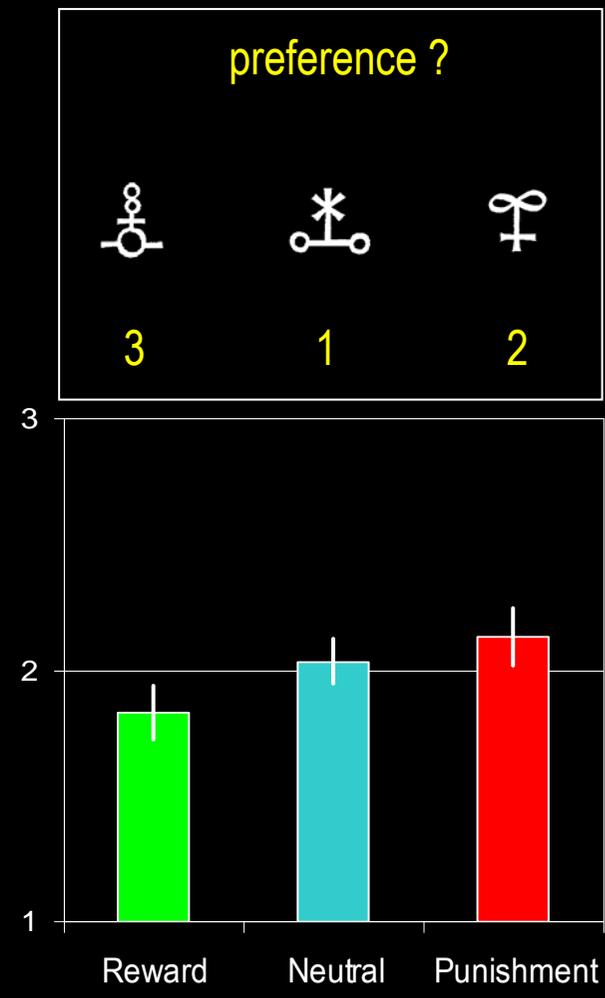
Pessiglione, M., Petrovic, P., Daunizeau, J., Palminteri, S., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2008). Subliminal instrumental conditioning demonstrated in the human brain. *Neuron*, 59(4), 561-567.

Une tâche directe de jugement pareil/différent permet de vérifier que les indices sont bien non-conscients, même à la fin de l'apprentissage (sans jamais montrer les stimuli!)

Quand ils voient les stimuli pour la première fois, les sujets préfèrent celui qui était renforcé positivement



Correct responses : $48 \pm 3 \%$
D-prime : 0.08 ± 0.20



Conditionnement opérant à des stimuli invisibles

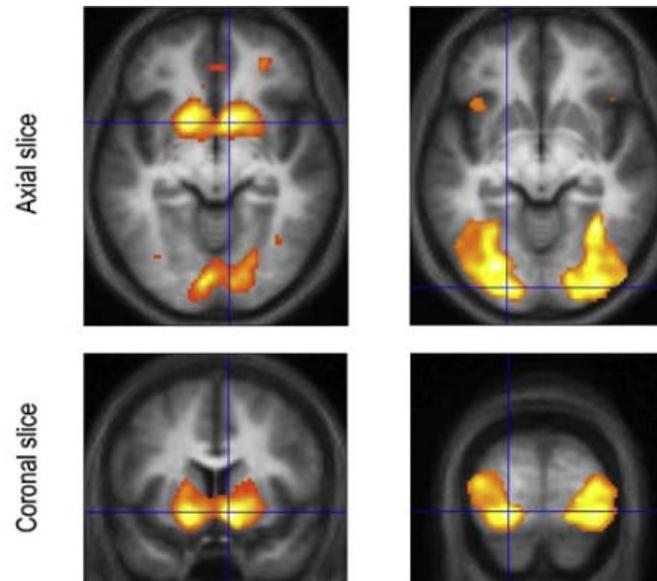
Pessiglione, M., Petrovic, P., Daunizeau, J., Palminteri, S., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2008). Subliminal instrumental conditioning demonstrated in the human brain. *Neuron*, 59(4), 561-567.

Le modèle d'apprentissage permet d'obtenir, à chaque essai (1) la valeur prédite au moment de l'indice non-conscient (2) l'erreur de prédiction au moment du renforcement

L'IRM permet ensuite d'examiner quelles aires corrélient avec ces paramètres:

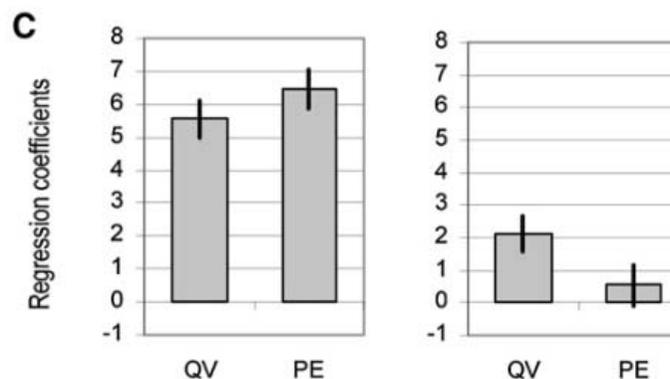
Corrélation avec l'erreur de prédiction →

Un critique subliminal!



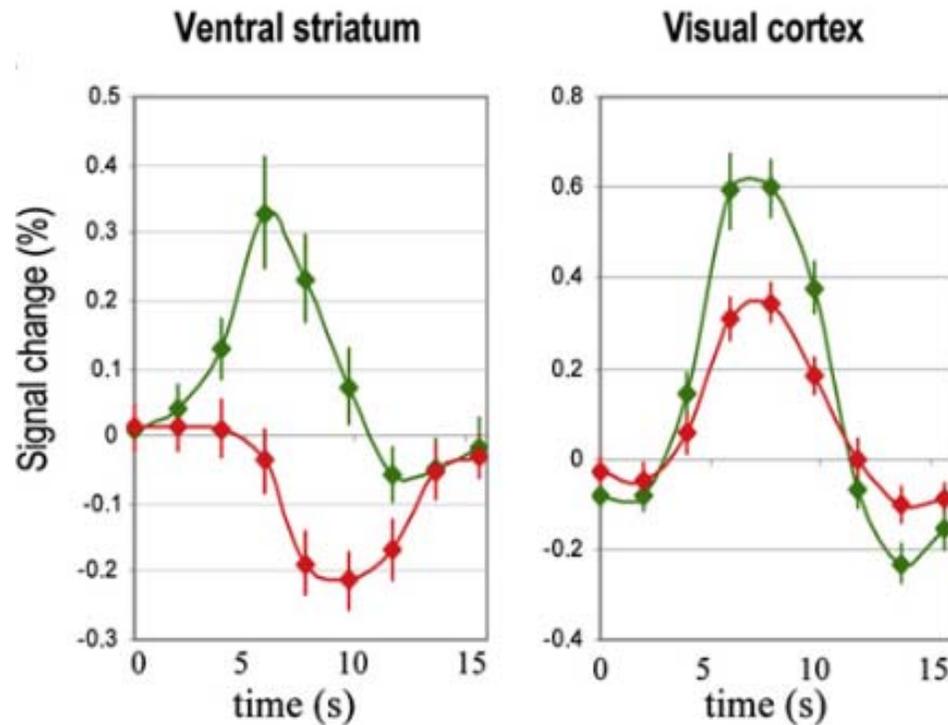
← Corrélation avec la valeur de l'indice

Apprentissage visuel de la valeur des formes subliminales



Conditionnement opérant à des stimuli invisibles

Pessiglione, M., Petrovic, P., Daunizeau, J., Palminteri, S., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2008). Subliminal instrumental conditioning demonstrated in the human brain. *Neuron*, 59(4), 561-567.



L'examen des courbes d'activation montre bien la différence entre régions

- le striatum ventral s'active pour les renforcements attendus et s'inactive pour les punitions
- le cortex visuel s'active pour les deux types de stimuli, mais plus fortement pour le stimulus positif

Conclusions de l'article:

« Même sans prendre conscience de la présence d'indices contextuels, notre cerveau peut apprendre leur valeur de renforcement et les utiliser pour biaiser nos décisions. »

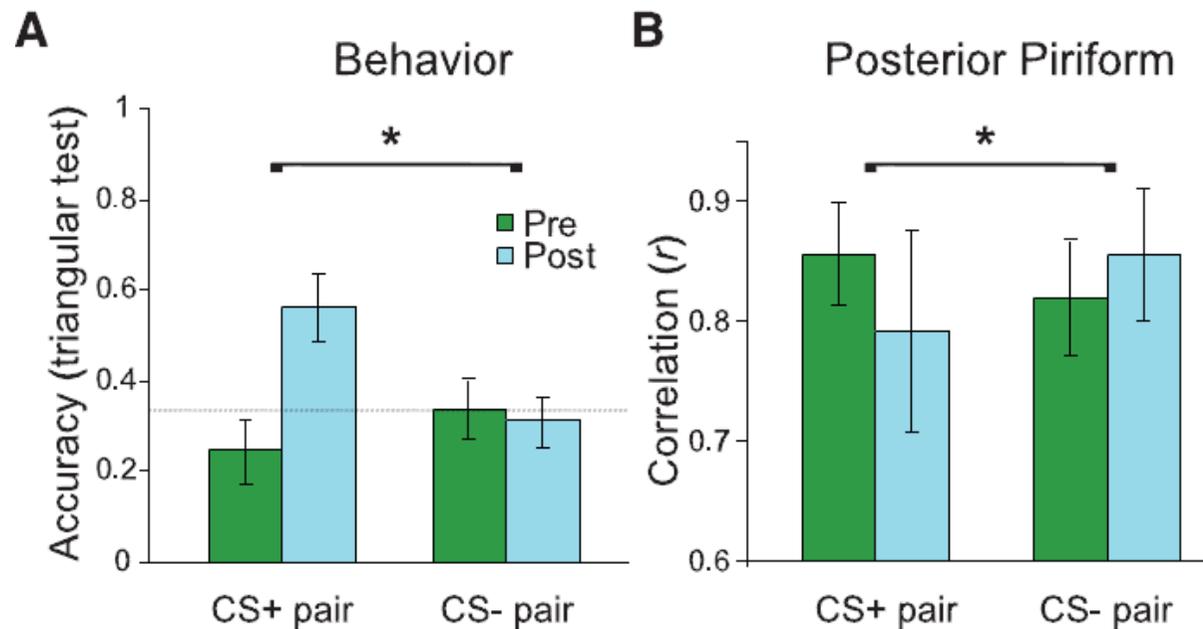
La possibilité d'apprendre à discriminer des stimuli non-conscients est répliquée dans une expérience récente dans la modalité olfactive

Li, W., Howard, J. D., Parrish, T. B., & Gottfried, J. A. (2008). Aversive learning enhances perceptual and cortical discrimination of indiscriminable odor cues. *Science*, 319(5871), 1842-1845.

Des odeurs initialement indiscriminables (énantiomères) le deviennent après conditionnement avec un choc électrique.

Le codage de l'odeur est modifié dans le cortex piriforme

La réponse électro-dermale se modifie, de même que la réponse de l'amygdale et du cortex orbito-frontal



Conclusions générales

- Un stimulus subliminal n'entraîne qu'une activation faible et de très courte durée
- Cependant, cette activation, si elle survient au cours d'une tâche cognitive et qu'elle est accompagnée d'un signal de renforcement conscient, peut conduire à un apprentissage à plus long terme
- Cet apprentissage peut conduire à la prise de conscience des stimuli
- Si les stimuli restent subliminaux, l'effet d'apprentissage est faible (la performance non-consciente n'excède pas 70% de réussite).
- L'apprentissage subliminal ne ressemble aucunement à la vision naïve d'un apprentissage sans effort, par simple exposition passive à des stimuli en dessous du seuil de conscience, voire même durant le sommeil.
- Ces idées sont probablement à classer dans les « neuro-mythes » !