

Étude des mécanismes cérébraux liés à l'expertise scientifique en électricité à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

Steve Masson

Soutenance de thèse
Doctorat en éducation
Université du Québec à Montréal

31 janvier 2012

www.neuroeducationquebec.org

Problématique

Problème de la persistance des conceptions des élèves

- Les conceptions spontanées des élèves s'opposent souvent aux connaissances scientifiques à enseigner (Çepni et Keleş, 2006).
- Ces conceptions inappropriées sont difficiles à modifier (Periago et Bohigas, 2005).
- Défi pour l'enseignement des sciences : comment faire évoluer les conceptions?

Conceptions et changement conceptuel

- De nombreuses connaissances sur les conceptions des élèves (Duit, 2009);
- Mais des connaissances limitées sur la nature du changement conceptuel (diSessa, 2006; 2008).



Appareil d'imagerie par
résonance magnétique fonctionnelle

Avantages d'une approche neuroscientifique du changement conceptuel

- Ajout d'un nouveau niveau d'analyse (Geake, 2003; Geake et Cooper, 2003);
- Ajout d'une variable dépendante (Henson, 2005);
- Ajout d'une méthodologie;
- Étude des contraintes biologiques (Ward, 2010).

Question de recherche

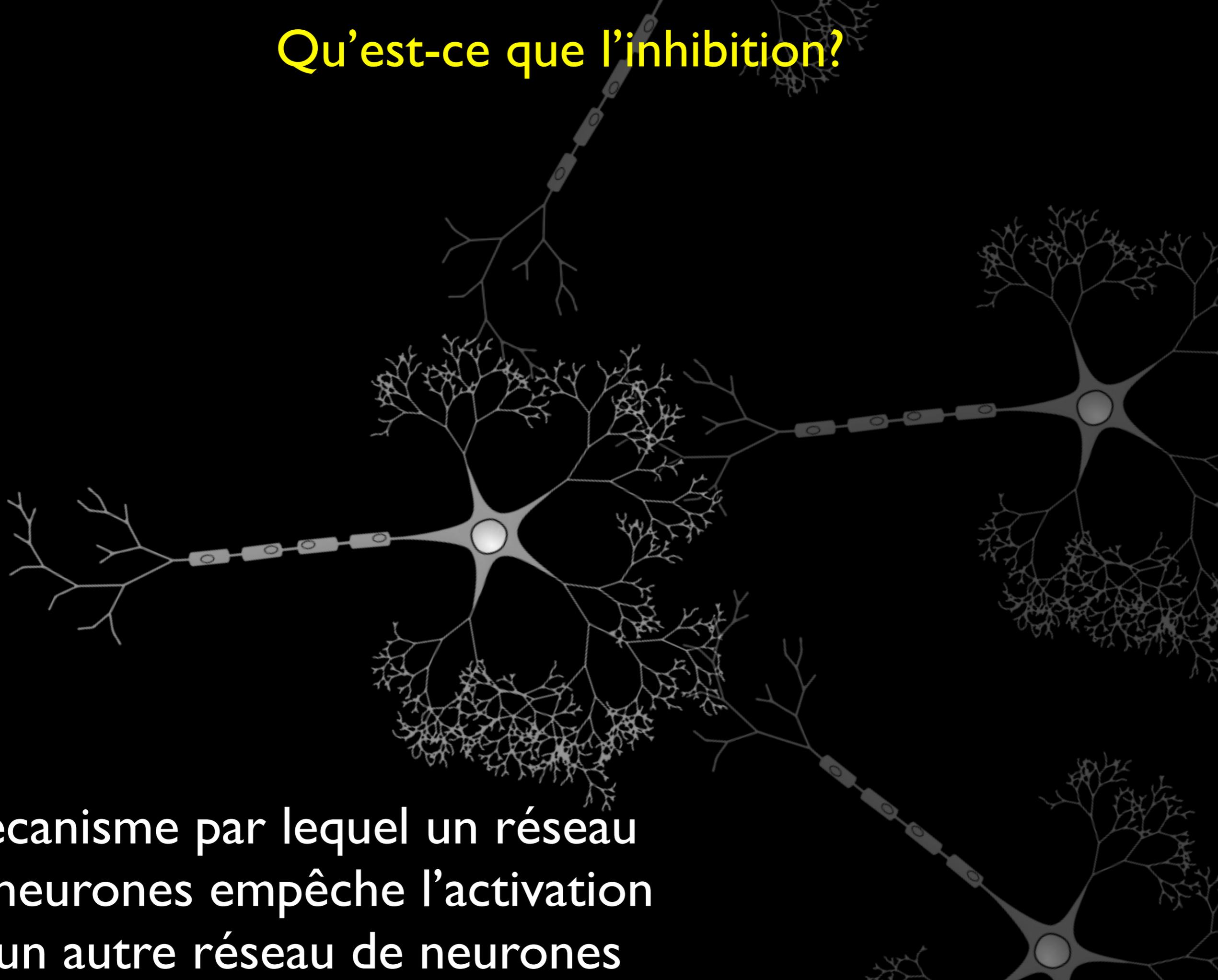
Quels sont les mécanismes cérébraux liés au changement conceptuel en sciences?

Cadre théorique

Recherches portant sur les mécanismes cérébraux du changement conceptuel

- Kwon et Lawson (2000) - inhibition et prédiction du gain conceptuel;
- Petitto et Dunbar (2004) - inhibition et mécanique;
- Lombrozo et al. (2007) + Zaitchik et Solomon (2008) - perte d'inhibition et retour à des conceptions enfantines.

Qu'est-ce que l'inhibition?



mécanisme par lequel un réseau de neurones empêche l'activation d'un autre réseau de neurones

Mécanismes cérébraux de l'inhibition

Auteurs	Tâche d'inhibition	Régions
Nathaniel-James, Fletcher et Frith (1997)	« Hayling task »	Cortex cingulaire antérieur et cortex préfrontal ventrolatéral
Bush et al. (1998)	« Counting Stroop »	Cortex cingulaire antérieur et cortex préfrontal dorsolatéral
Menon, Adleman, White, Glover et Reiss (2001)	« Go/No-Go Task »	Cortex cingulaire antérieur et cortex préfrontal ventrolatéral/dorsolatéral
Chen, Muggleton, Tzeng, Hung et Juan (2009)	« Stop signal Task »	Cortex frontal médial

Comparaison experts/novices

- Les processus de changement conceptuel peuvent être difficiles et longs (diSessa, 2006);
- Comparaison avant/après un changement conceptuel difficilement réalisable à l'intérieur d'un intervalle de temps raisonnable;
- Stratégie : comparaison experts/novices (Petitto et Dunbar, 2004; Nelson et al., 2007).

Conceptions en électricité

- Le domaine de l'électricité est l'un des plus étudiés dans les recherches sur les conceptions (Wandersee, Mintzes et Novak, 1994);
- La conception la plus fréquente au tout début du changement conceptuel (Çepni et Keleş, 2006) :

un seul fil est nécessaire pour allumer une ampoule (« single-wire model »).

Objectifs de recherche

- Vérifier si l'inhibition joue un rôle dans l'expertise scientifique en électricité;
- Vérifier si les experts en sciences activent davantage que les novices leur cortex cingulaire antérieur et leur cortex préfrontal lorsqu'ils doivent répondre à des questions portant sur des circuits électriques montrant des ampoules connectées à une pile par un seul fil.

Méthodologie

Participants

Novices

12 participants

22,9 ans en moyenne (écart-type = 3,5)

cote R moyenne de 27,0 (écart-type = 3,4)

droitiers

hommes

étudiants au baccalauréat

étudiants en sciences humaines

conceptions erronées (> 90 %)

Experts

11 participants

22,1 ans en moyenne (écart-type = 2,3)

cote R moyenne de 31,7 (écart-type = 2,3)

droitiers

hommes

étudiants au baccalauréat

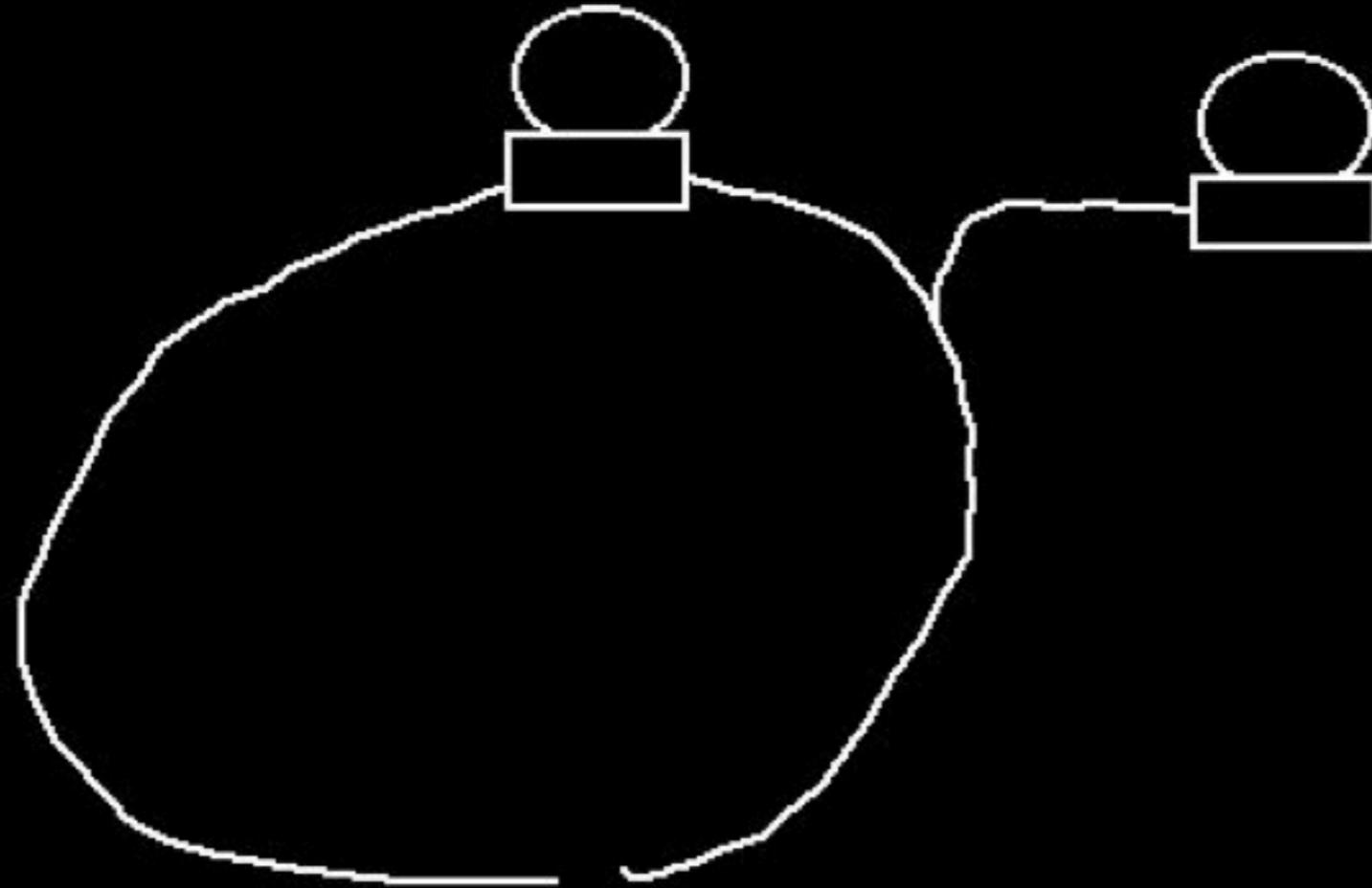
étudiants en physique

conceptions scientifiques (> 90 %)

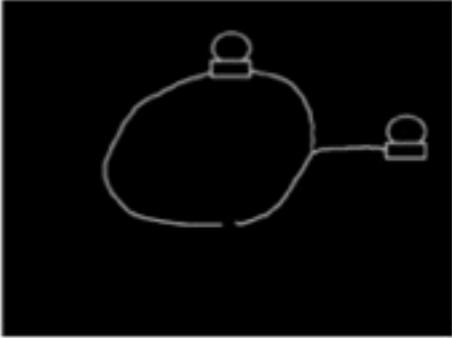
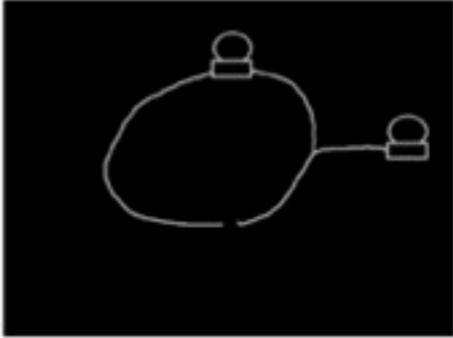
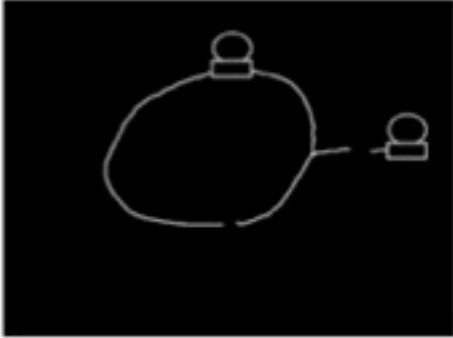
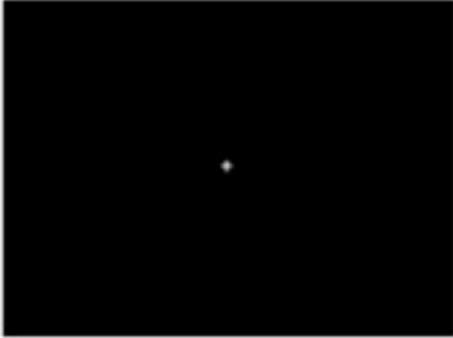
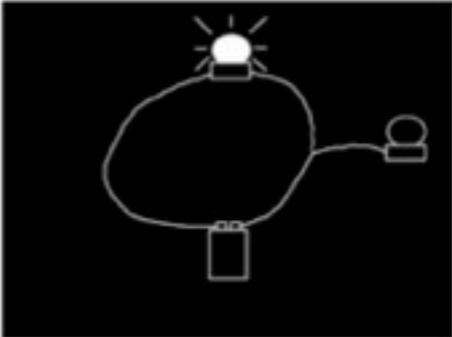
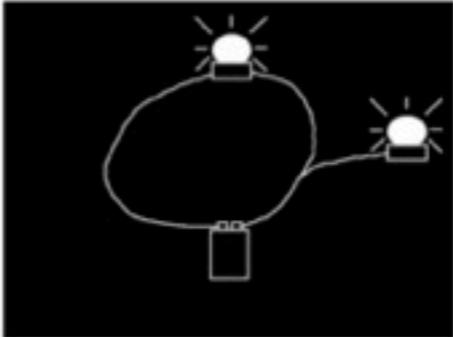
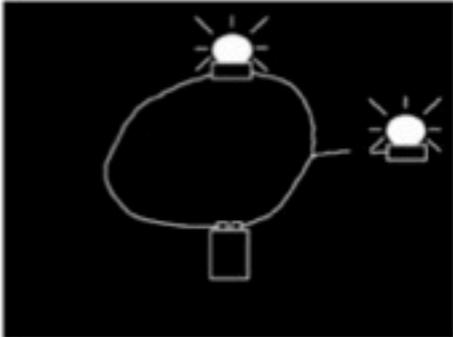
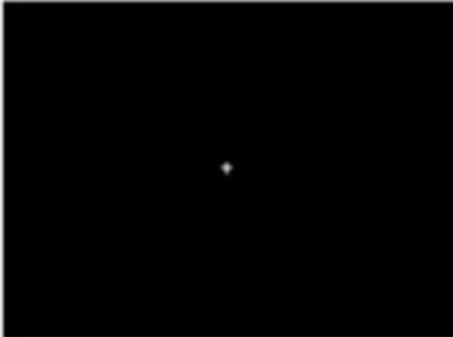
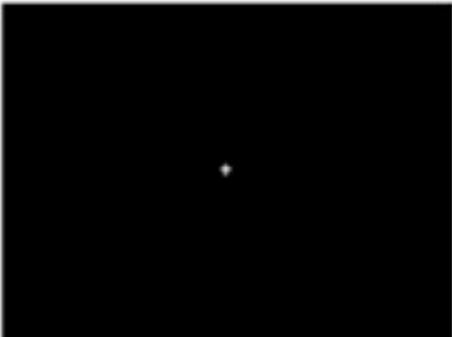
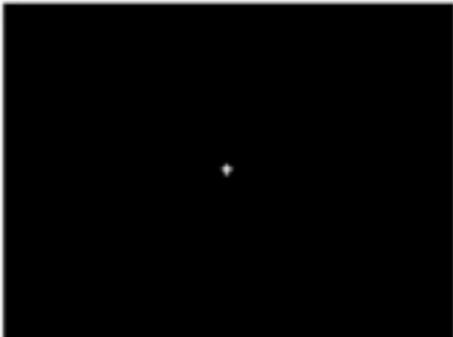
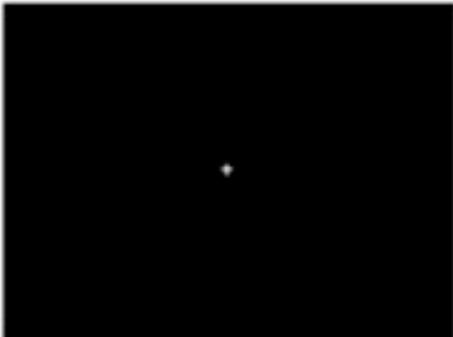
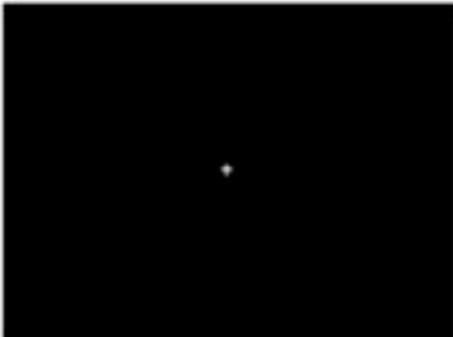
Appareil

- IRMf : seule technologie non invasive mesurant les activations du cortex cingulaire antérieur;
- Appareil : Siemens TIM 3,0 T.

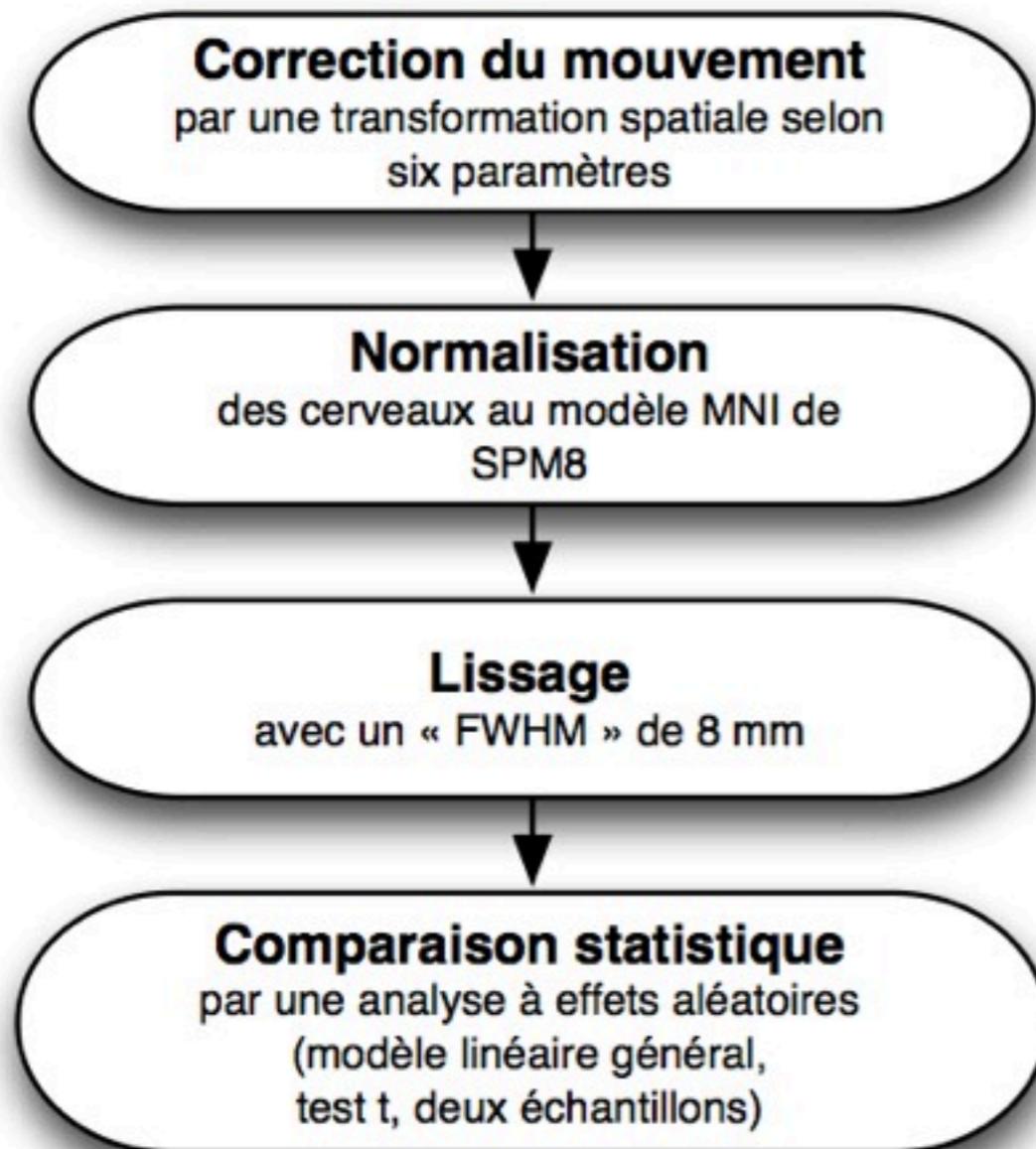
Tâche cognitive



Tâche cognitive

	Film scientifique (max. 6,75 s)	Film naïf (max. 6,75 s)	Film Contrôle (max. 6,75 s)	Période de repos (6,0 s)
Première image				
	1,5 s	1,5 s	1,5 s	
Dernière image				
	max. 2,5 s	max. 2,5 s	max. 2,5 s	
Repos entre les images				
	2,5 s ou 3,0 s (moyenne 2,75 s)	2,5 s ou 3,0 s (moyenne 2,75 s)	2,5 s ou 3,0 s (moyenne 2,75 s)	Durée totale de la période de repos : 6,0 s

Analyse

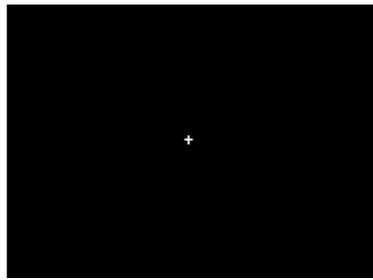


Analyse à effets aléatoires
Seuil $p < 0,001$

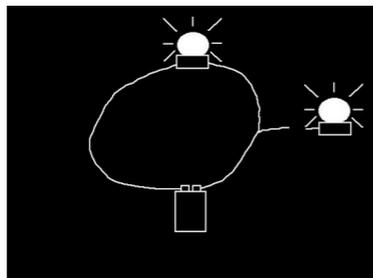
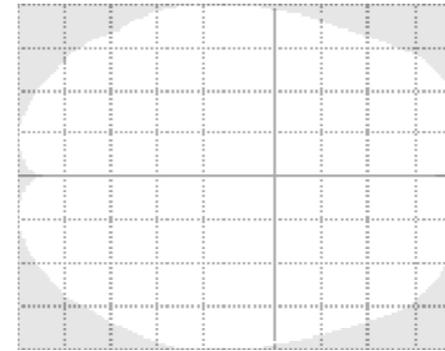
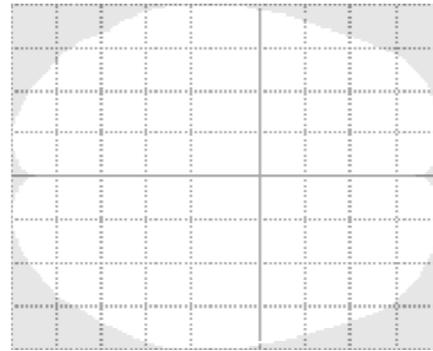
Résultats et interprétation

Novices > Experts

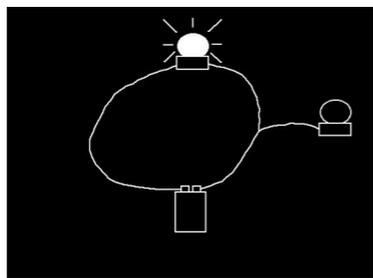
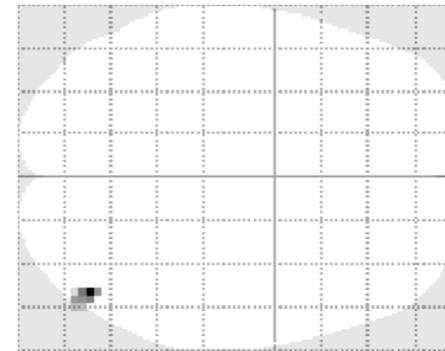
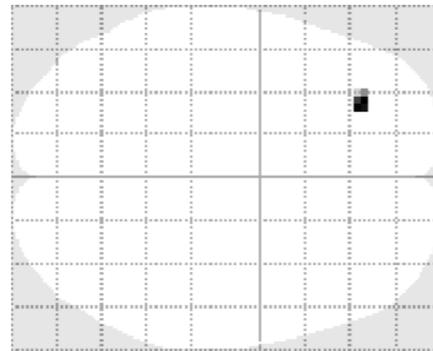
Experts > Novices



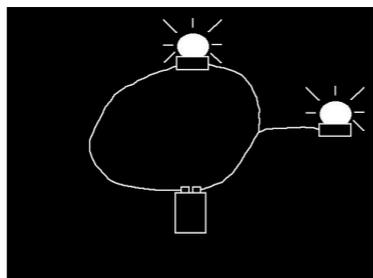
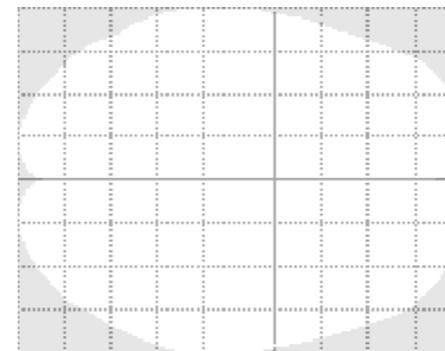
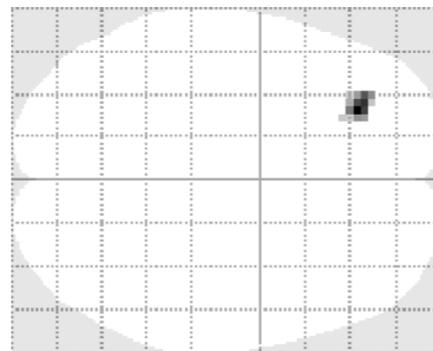
Fixation



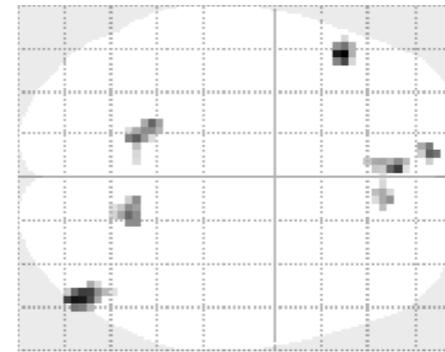
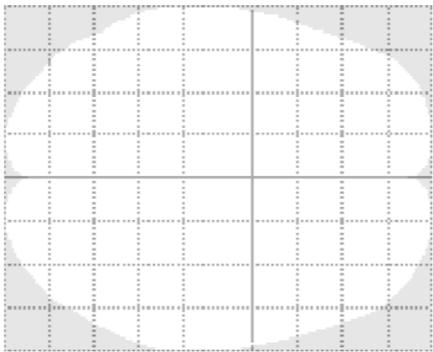
Circuits de contrôle

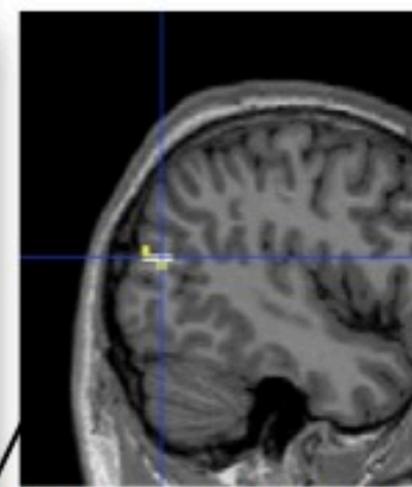
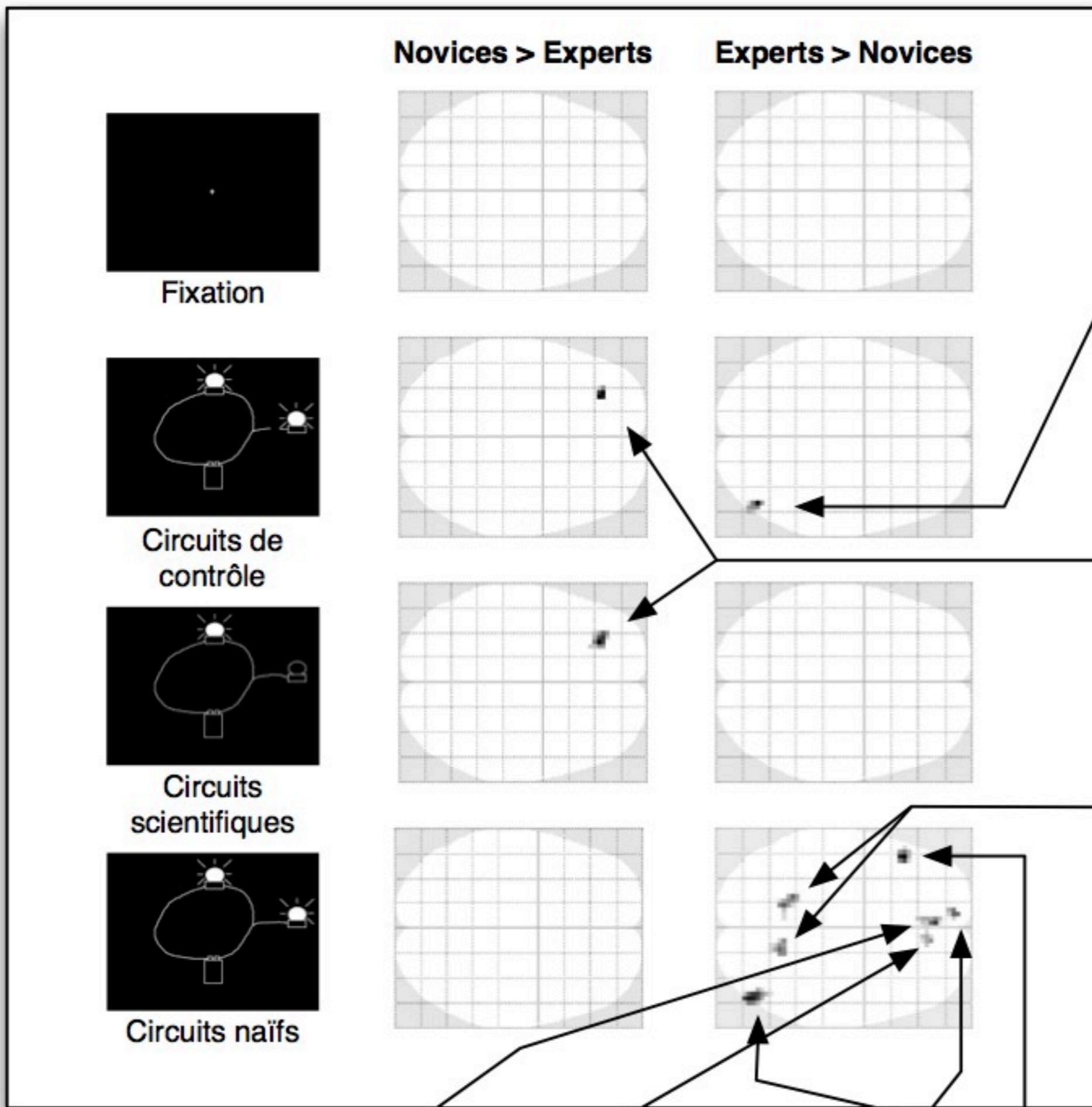


Circuits scientifiques

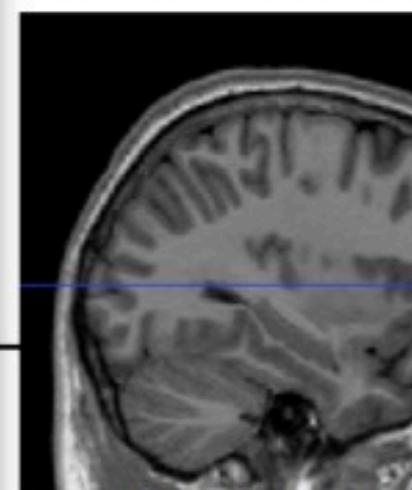


Circuits naïfs

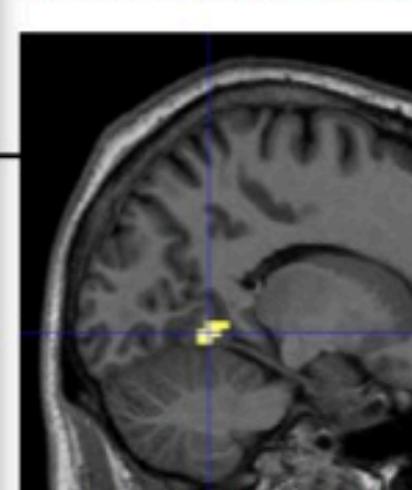




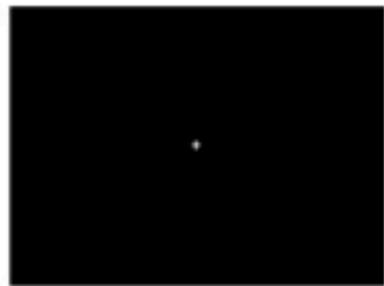
Cortex temporal mi
ou gyrus angulaire



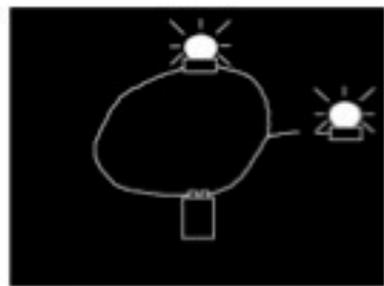
Cortex préfro
dorsolatéral gauche



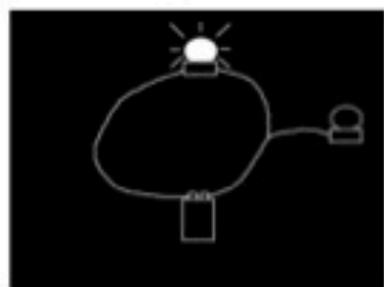
Gyrus lingual/oc
temporal (fusifo
gauche (et dr



Fixation



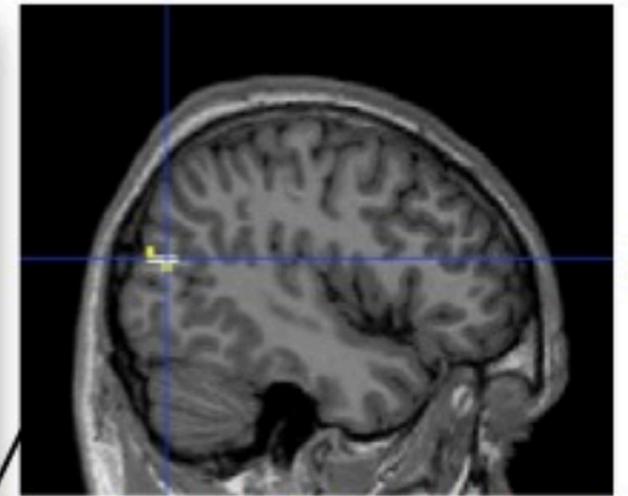
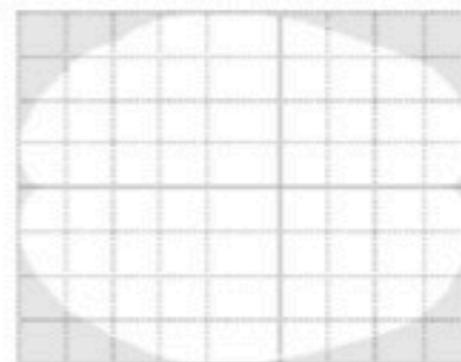
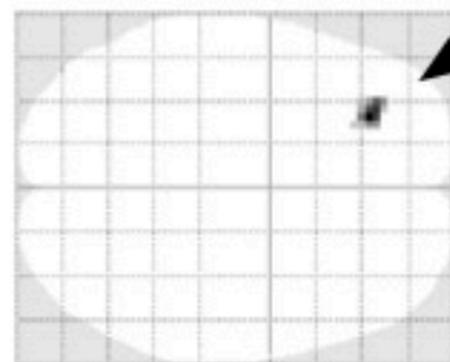
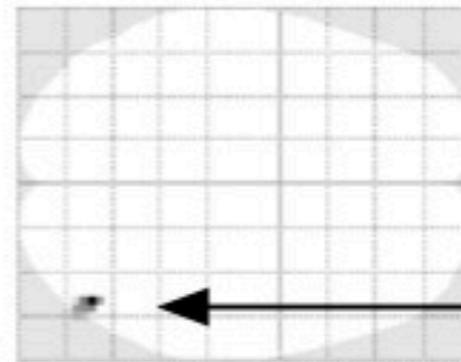
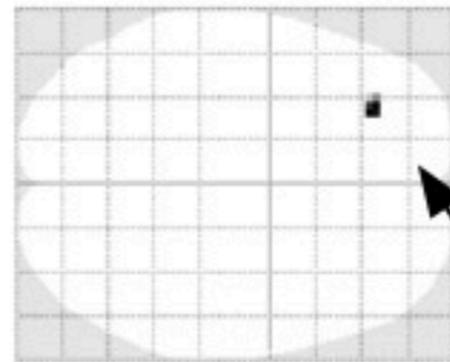
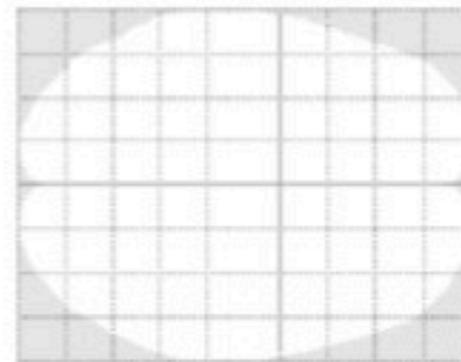
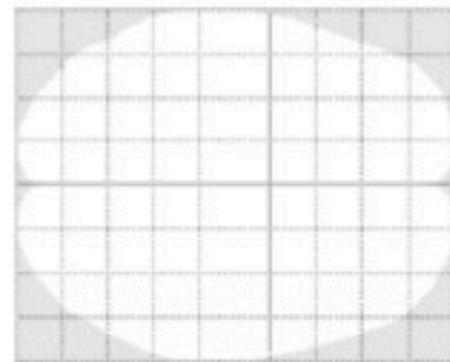
Circuits de contrôle



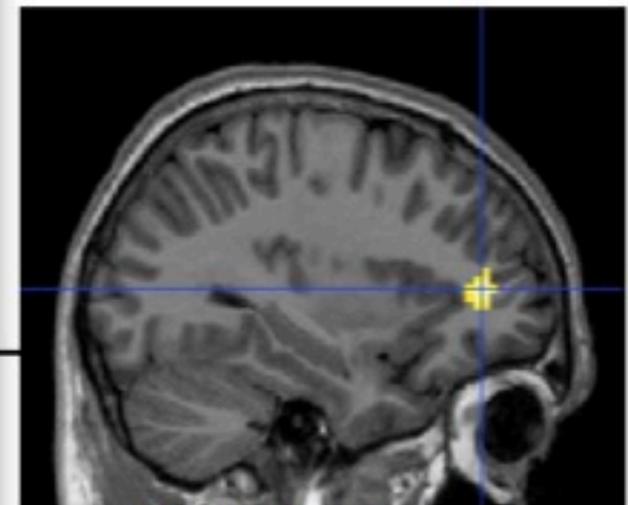
Circuits scientifiques

Novices > Experts

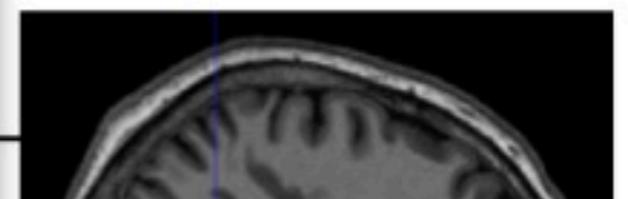
Experts > Novices

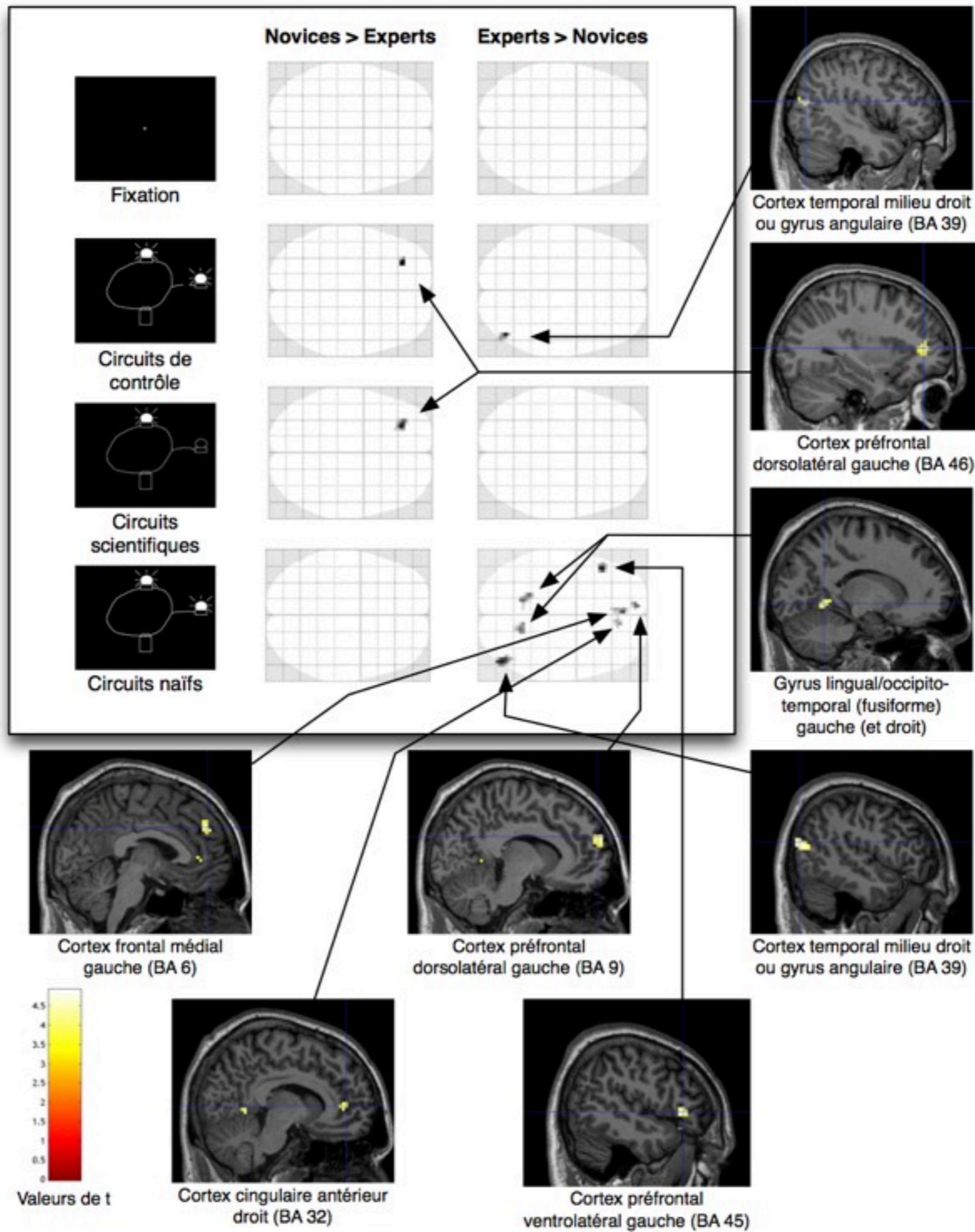


Cortex temporal milieu droit ou gyrus angulaire (BA 39)



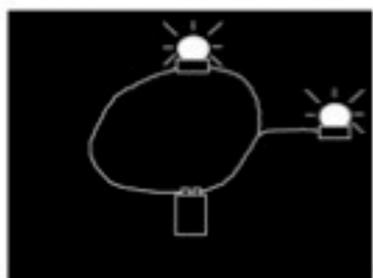
Cortex préfrontal dorsolatéral gauche (BA 46)



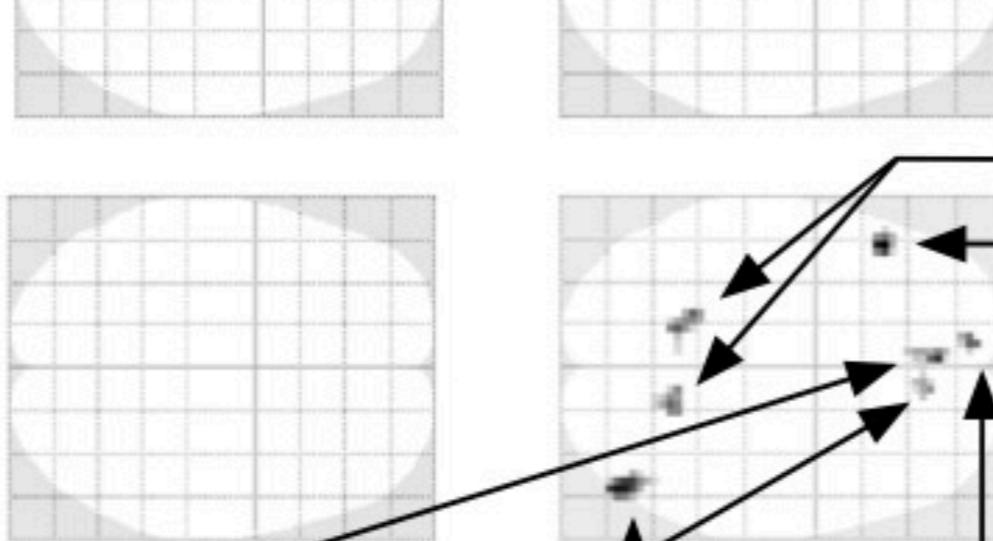




Circuits scientifiques



Circuits naïfs



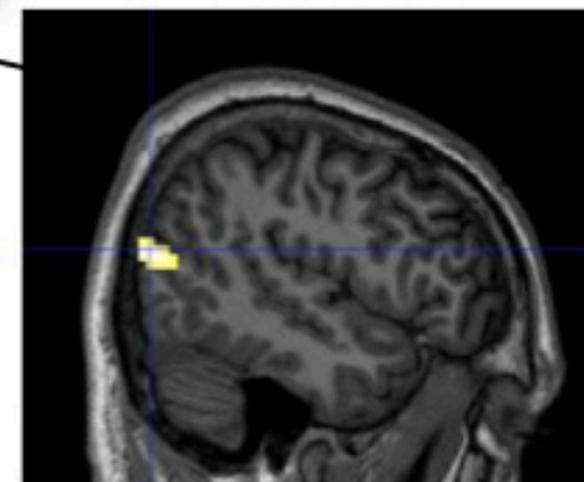
Gyrus lingual/occipito-temporal (fusiforme) gauche (et droit)



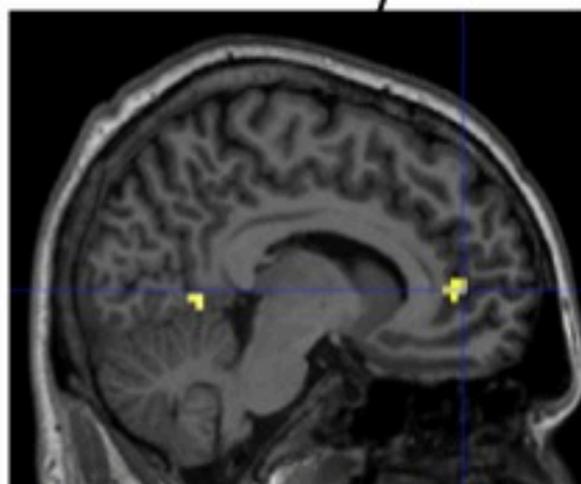
Cortex frontal médial gauche (BA 6)



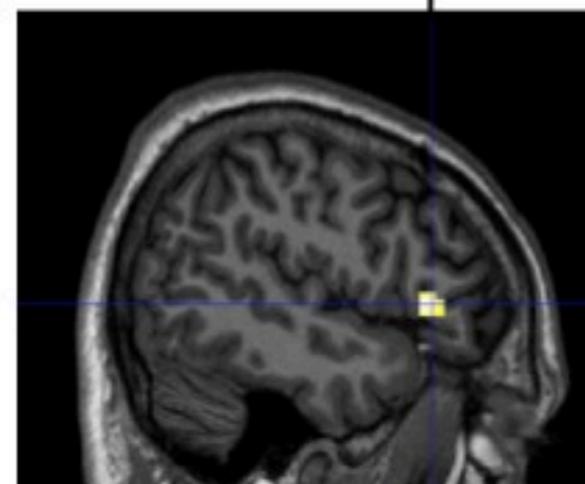
Cortex préfrontal dorsolatéral gauche (BA 9)



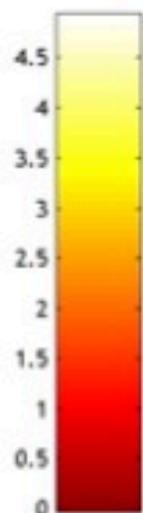
Cortex temporal milieu droit ou gyrus angulaire (BA 39)



Cortex cingulaire antérieur droit (BA 32)



Cortex préfrontal ventrolatéral gauche (BA 45)

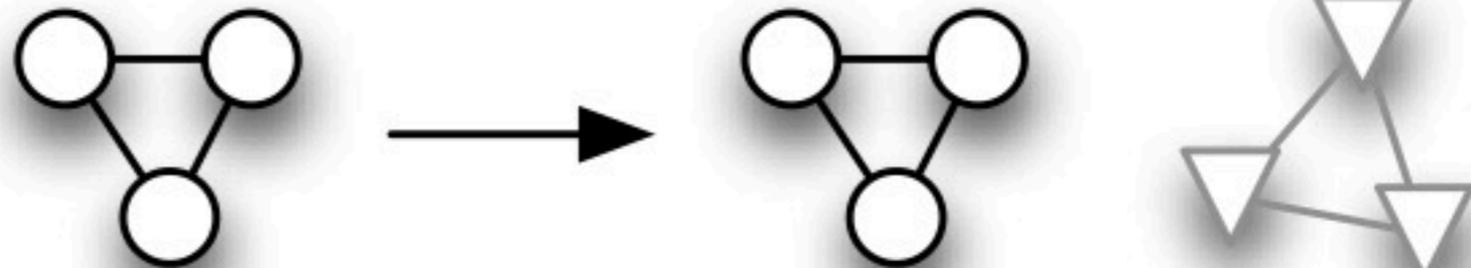


Valeurs de t

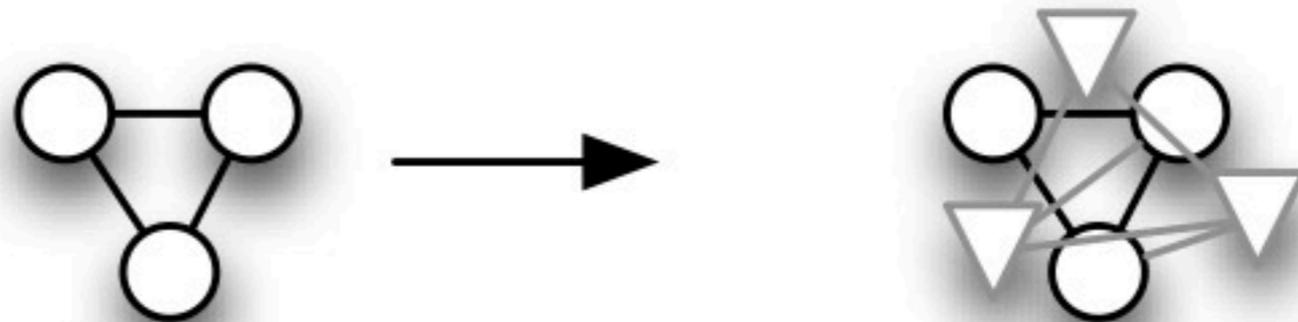
Apport aux connaissances sur le changement conceptuel

- L'inhibition semble jouer un rôle dans le changement conceptuel;
- Les conceptions inappropriées ne semblent pas disparaître à la suite d'un changement conceptuel.

Modèle 1
coexistence



Modèle 2
intégration



Apport aux connaissances sur l'enseignement des sciences

- Importance de développer une « pédagogie de l'inhibition »;
- Quelques pistes :
 - Alertes émotives et identification de réponses qui sont des pièges (Houdé et al., 2000, 2001);
 - Développement de la capacité générale d'inhibition (Kwon et Lawson, 2000);
 - Allers-retours constants entre conceptions inappropriées et théories scientifiques.

Conclusion

Thèse soutenue

Les experts en sciences possèdent toujours des conceptions inappropriées en électricité qu'ils doivent inhiber.

Limites et perspectives de recherche

- Comparer avant vs après un changement conceptuel;
- Explorer d'autres domaines;
- Étudier des « super-experts ».

Questions?