Relation entre le contrôle inhibiteur et les difficultés des élèves à mobiliser les conceptions scientifiques

Geneviève Allaire-Duquette
Université du Québec à Montréal (UQAM)

Sous la direction de Steve Masson (Université du Québec à Montréal) et la codirection de Michel Bélanger (Université du Québec à Rimouski)

EREST
Équipe de recherche en éducation scientifique et technologique

LRN
LABORATOIRE DE RECHERCHE EN NEUROÉDUCATION | LABORATORY FOR RESEARCH IN NEUROEDUCATION

Problématique & Cadre théorique

Difficultés d'apprentissage des concepts scientifiques

- Les adultes ayant pourtant réussi un cours secondaire échouent à un test de culture scientifique portant sur des concepts fondamentaux CST (2002); Miller (2012); NSF& NCSES (2010); European Commission (2001).
- L'enquête *TIMMS* révèle que plus de 35 % des adolescents éprouvent des difficultés à faire usage des concepts scientifiques (Martin et al., 2016).

Conceptions spontanées

- **Conceptions**: manières d'envisager ou de se représenter des phénomènes naturels.
- **Conceptions spontanées**: conceptions mobilisées spontanément ou de <u>manière automatique</u> et qui sont <u>incompatibles</u> avec les conceptions scientifiques enseignées (Driver, 1989).

Persistance des conceptions spontanées

- Plus la moitié des étudiants de niveau universitaire de première année affirment que la fonction du coeur est de purifier ou filtrer le sang (Ozgür, 2013).
- Plus de la moitié des étudiants universitaires conçoivent que pour être en mouvement un objet doit subir une force dans la même direction (Halloun & Hestenes, 1985).

Deux perspectives théoriques

Acquisition des conceptions

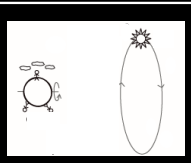
p.ex. Chi (1994); Vosniadou (2008)

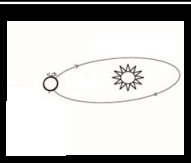
- apprentissage des conceptions scientifiques
- aspects intrinsèques des conceptions scientifiques qui les rendent difficiles

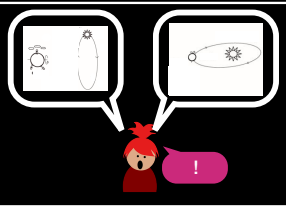
Mobilisation des conceptions

p.ex. Solomon (1983); Potvin (2013)

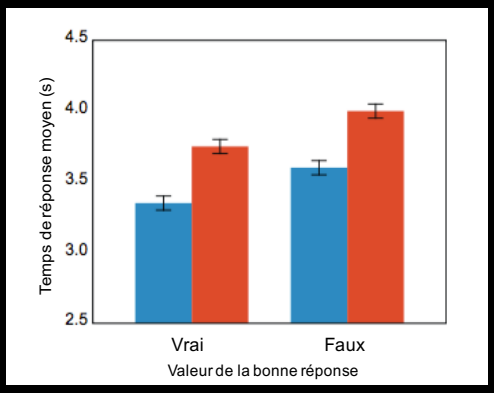
- sélection et utilisation des conceptions
- difficultés à faire coexister certaines conceptions scientifiques et spontanées







Difficultés à faire coexister les conceptions spontanées et scientifiques



(Shtulman & Valcarcel, 2012)

- **Congruent :**
  la conception spontanée* mène à une réponse scientifiquement appropriée.

  Ex : Le Soleil renferme de la chaleur.

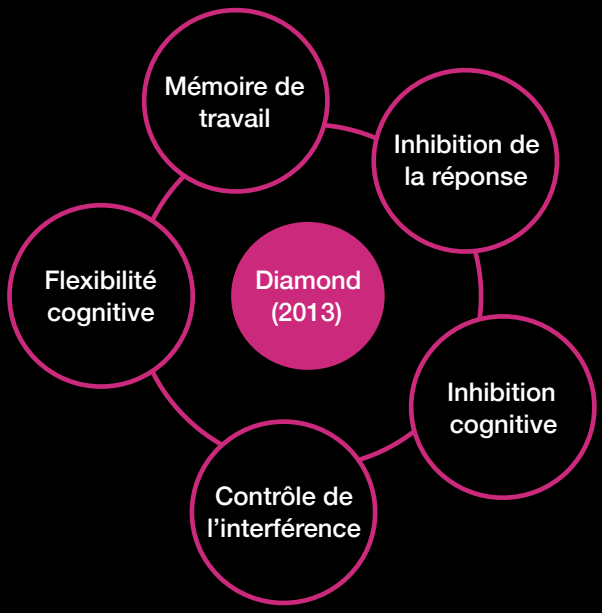
- **Incongruent:**
  la conception spontanée* mène à une réponse scientifiquement inappropriée.

  Ex : Un glaçon renferme de la chaleur.

*la chaleur est la sensation que donne un corps chaud

Le contrôle inhibiteur

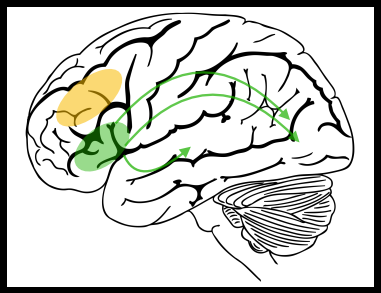
Niveau cognitif



Contrôle de représentations mentales à l'égard de phénomènes.

Le contrôle inhibiteur

Niveau cérébral



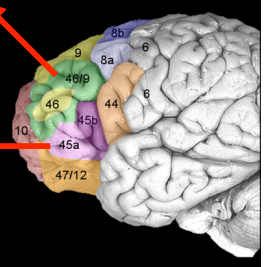
Diminution de l'activité d'une région spécifique du cerveau due au contrôle exercé par une autre région (Ward, 2010;2015).

Le contrôle inhibiteur

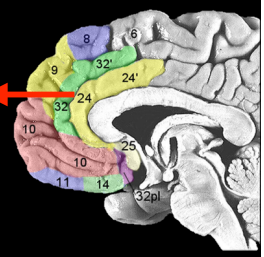
Niveau cérébral

Cortex préfrontal dorsolatéral
BA 9/46
(Blumenfeld et al., 2011)

Cortex préfrontal ventrolatéral
BA 47/45/44
(Aron et al., 2014)

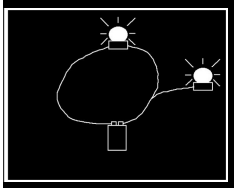


Cortex cingulaire antérieur
BA 24/32
Botvinik et al. (2007)

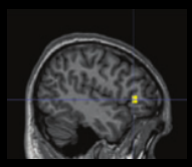


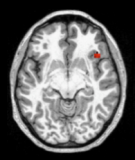
Mirabella (2014

Lien avec le contrôle inhibiteur

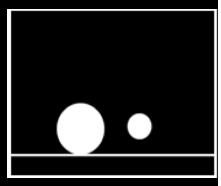


Experts jugent que des circuits électriques où un seul fil allume une ampoule sont scientifiquement incorrects. (Masson et al.,2014)





Experts jugent que des films où un objet plus lourd tombe plus vite qu'un objet léger sont scientifiquement incorrects (Brault Foisy et al., 2015).



11

État des connaissances

Indices d'un lien entre contrôle inhibiteur et mobilisation des conceptions scientifiques:

- Comparaison du temps de réponse de conditions congruente et incongruente (Shtulman et Valcarcel, 2012, 2016).
- Comparaison de l'activité cérébrale d'experts et de novices devant des stimuli incongrents (naïfs) (Dunbar et al., 2007; Nelson et al., 2007; Masson et al., 2014; Brault Foisy et al., 2015).
- Corrélation entre le contrôle inhibiteur et le gain conceptuel (Kwon et Lawson, 2000).

12

Lacunes dans les connaissances actuelles

- Niveau de formation scientifique non équivalent (Dunbar et al., 2007; Nelson et al., 2007; Masson et al., 2014; Brault Foisy et al., 2015).
- Nombre restreint de concepts (Dunbar et al., 2007; Nelson et al., 2007; Masson et al., 2014; Brault Foisy et al., 2015).
- Mesure différée du contrôle inhibiteur (Kwon et Lawson, 2000).

Problème de recherche

Aucune recherche ne s'est intéressée au lien entre le contrôle inhibiteur et les difficultés des élèves à mobiliser les conceptions scientifiques.

Objectif de recherche

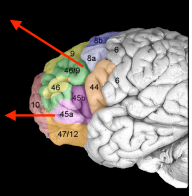
Vérifier si les élèves ayant plus de difficulté à mobiliser les conceptions scientifiques activent moins le contrôle inhibiteur par rapport à d'autres ayant plus de facilité.

Hypothèse

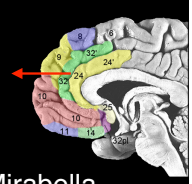
Il est attendu que les élèves ayant plus de difficulté à mobiliser les conceptions spontanées démontrent une sous-activation des régions cérébrales associées au contrôle inhibiteur.

Cortex préfrontal dorsolatéral

Cortex préfrontal ventrolatéral



Cortex cingulaire antérieur



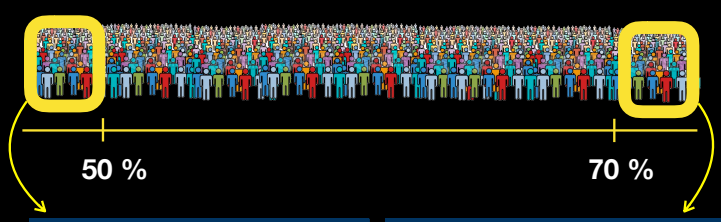
Mirabella

Méthodologie

Méthodologie

Participants

N = 524 élèves de 5e secondaire



	Groupe ayant des difficultés N_{GrD} = 12 7 ♀/ 5 ♂ Moy.	É.T.	Groupe ayant de la facilité N_{GrF} = 12 8 ♀/ 4 ♂ Moy.	É.T.	p = 0,219
Âge (années)	16,5	0,7	16,8	0,6	p = 0,219
Indice de défavorisation (1-6)	4,1	1,6	3,0	1,5	p = 0,101
Français écrit (%)	95	5	98	5	p = 0,178
Concepts scientifiques (%)	41	7	81	10	p < 0,0001 η2 = 0,8

Méthodologie

Tâche cognitive

Concept scientifique	Conception spontanée	Conception scientifique	Énoncé incongruent	Énoncé congruent
Ondes radio	sonores	électro-magnétiques	Les ondes radio sont audibles. (F)	Les ondes radio sont visibles. (F)
			La réponse scientifiquement appropriée est incompatible avec la conception spontanée.	La réponse scientifiquement appropriée est compatible avec la conception spontanée.

64 paires

- Lisibilité (Kandel & Moles, 1958)
- Nombre de mots
- Type de réponse
- Niveau d'analyse

Méthodologie

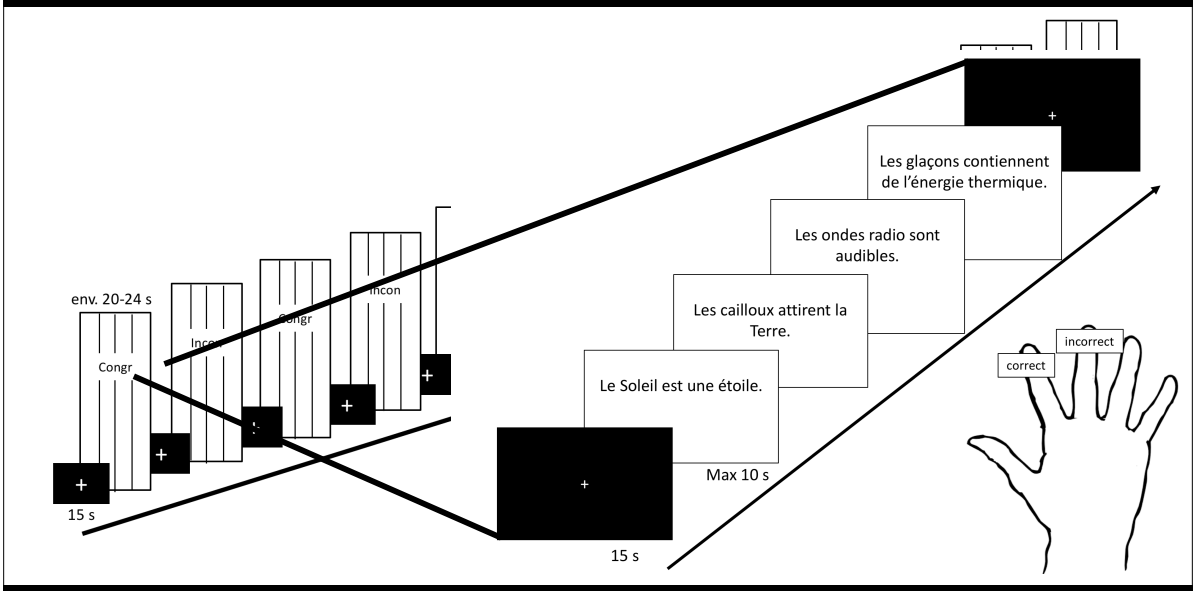
Instrumentation

unf-montreal.ca

Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (Ogawa et al., 1992)
Siemens TIM 3,0 T

- Non-invasive
- Mesure l'activation du cortex cingulaire antérieur

Expérimentation



Résultats

Résultats comportementaux

Résultats comportementaux

Taux de réussite (%)

Condition	GrD				GrF				Différence Mann-Whitney	Diff.
	Min	Max	Moy.	É.T.	Min	Max	Moy.	É.T.		
Congruent	70	88	80	6	75	97	91	6	$p < 0{,}0001$ $\eta 2 = 0{,}5$	11 %
Incongruent	30	50	43	6	59	89	66	6	$p < 0{,}0001$ $\eta 2 = 0{,}8$	**23 %**

La principale différence entre les deux groupes est le taux de réussite aux énoncés incongruents.

Résultats comportementaux

Temps de réponse (ms)

Condition	GrD				GrF				Différence Mann-Whitney
	Min	Max	Moy.	É.T.	Min	Max	Moy.	É.T.	
Congruent	2861	5085	4120	720	2461	4524	3298	594	$p < 0{,}01$ $\eta 2 = 0{,}3$
Incongruent	2873	5468	4321	810	2813	5021	3707	648	$p < 0{,}05$ $\eta 2 = 0{,}2$
Différence			> 200 ms 5 %				> 400 ms 12 %		

Les élèves ayant de la facilité ont ralenti les réponses aux énoncés incongruents <u>deux fois plus</u> que les élèves ayant des difficultés

Résultats cérébraux

Traitement statistique

Functional Imaging Laboratory (2017)

Comparer comment l'activité cérébrale des deux groupes diffère lorsque qu'ils répondent à des énoncés incongruents par rapport à congruents

Traitement statistique

Prétraitements

↓

Analyses à effets aléatoires

↓

Analyse de variance

Effet d'interaction
groupe x congruence

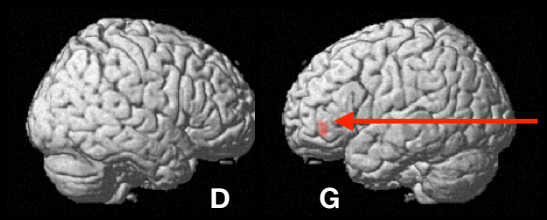
Tests-t

Effets simples
Sens de l'interaction observée

Résultats cérébraux

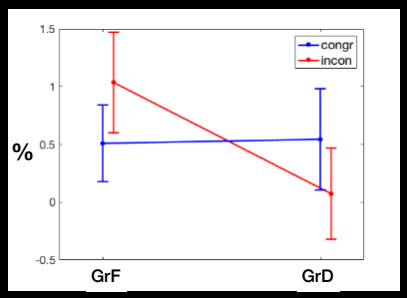
Effet d'interaction: groupe X congruence

p < .0005 (unc.), min. 20 voxels (3X3X3mm), analyse à effet aléatoire, anova à plan factoriel , D=droit, G=gauche
Identification des régions à partir de l'Atlas Talairach



Cortex préfrontal ventrolatéral /

Cortex préfrontal dorsolatéral
BA 47/10



Functional Image Visualization Environment (Schultz, 2011)

Résultats cérébraux

Effets simples: T-tests

p < .0005 (unc.), min. 20 voxels (3X3X3mm), analyse à effet aléatoire, anova à plan factoriel , D=droit, G=gauche
Identification des régions à partir de l'Atlas Talairach

Effet d'interaction

Interprétation

- Les élèves ayant des difficultés semblent réaliser un travail cérébral similaire lorsqu'ils évaluent des énoncés congruents ou incongruents.

- Les élèves ayant plus de facilité semblent réaliser une transition d'une mobilisation plus automatique (énoncés congruents) vers une mobilisation plus contrôlée (énoncés incongruents) des conceptions.

Interprétation

- contrôler l'activité dans les réseaux de neurones rattachés aux conceptions spontanées (CPVL).

- réaliser un travail de comparaison des conceptions rattachées à des réseaux de neurones en partie distincts (CPVL).

Limites

- Exclusion des élèves ayant les plus grandes difficultés
- Formation scientifique comparable
- Prévalence des conceptions spontanées

Discussion

Discussion

Mécanismes de mobilisation des conceptions

Les élèves ayant des difficultés conceptuelles:

- plus de difficulté à distinguer les contextes de validité (Solomon, 1993)
- plus de difficulté à contrôler les conceptions spontanées qui prévalent (Potvin, 2013)

35

Discussion

Retombées pédagogiques envisagées

Réfléchir aux approches pédagogiques les plus susceptibles d'aider les élèves ayant des difficultés:

- pourraient bénéficier de signaux dissuasifs ou alertes pour contrôler la mobilisation des conceptions spontanées qui prévalent (Potvin, 2013).
- pourraient bénéficier de marqueurs contextuels (*cues*) plus explicites ou plus nombreux pour distinguer les contextes de validité (Solomon, 1983).

36

Discussion

Perspectives de recherche

- Interventions éducatives
- Mécanismes de mobilisation des conceptions
- Facteurs affectifs
- « Écosystème » des difficultés conceptuelles

Conclusion

Thèse défendue

Les difficultés que certains élèves éprouvent à mobiliser les conceptions scientifiques sont en partie associées à une sous-activation du contrôle inhibiteur.

39

39

Merci

Social Sciences and Humanities Research Council of Canada
Conseil de recherches en sciences humaines du Canada
Canada

Fonds de recherche Société et culture Québec

UQÀM Université du Québec à Montréal

LRN
LABORATOIRE DE RECHERCHE EN NEUROÉDUCATION | LABORATORY FOR RESEARCH IN NEUROEDUCATION

UNF Unité de neuroimagerie fonctionnelle | Functional Neuroimaging Unit

EREST
Équipe de recherche en éducation scientifique et technologique

UNI GRAZ

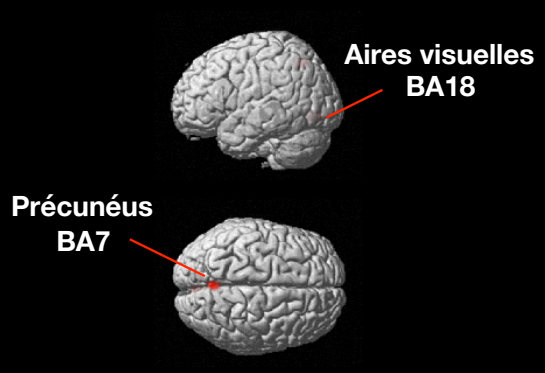
40

40

Tests-T

Tous les énoncés

GrF>GrD



GrD>GrF

n.s.