ENTRAINEMENT À L'INHIBITION DES HEURISTIQUES DOMINANTES EN DIDACTIQUE DE LA PHYSIQUE

- titre provisoire -

Projet de thèse de Cédric Vanhoolandt (BSD/FNRS)

Promoteurs: Pr Jim Plumat & Pr Arnaud Vervoort

Séminaire de la recherche IRDENa

Le 19 octobre 2021







Plan de la présentation

- 1. Introduction et problématique
- 2. Cadre théorique Etat de l'art

Etude exploratoire Question (et Hypothèses) de recherche

Conclusion partielle 3. Méthodologie de recherche

- 4. Calibrage et premiers résultats
- 5. Discussion

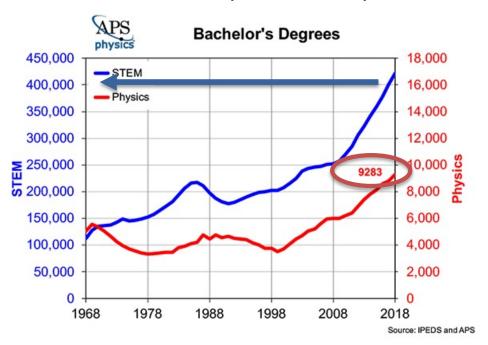
Questions – Discussions – Remarques

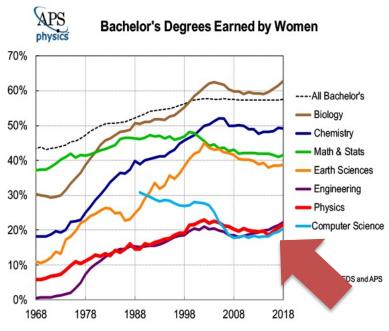




Introduction et problématique

- Sous-diplomation en sciences exactes (Bonin, 2020)
- Désaffection (APS, 2018)





Désamour (DeWitt et al, 2018)



Introduction et problématique

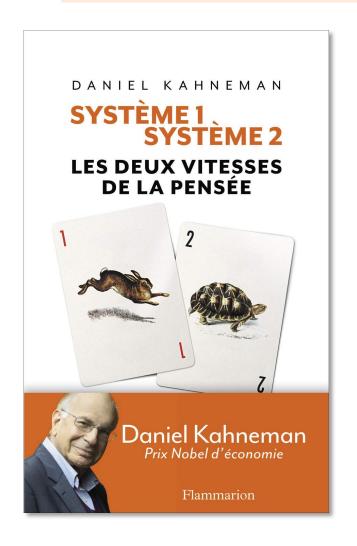
- L'apprentissage d'une discipline doit souvent *composer* avec les **difficultés intrinsèques** à la discipline (complexité, rigueur, caractère abstrait, mémorisation,...) et **extrinsèques** liées à l'apprenant lui-même (ses connaissances initiales, son mode de raisonnement).
- La **didactique** d'une discipline vise à mieux comprendre ces difficultés (*in* et *out*) et les relations qui coexistent en vue de *mieux* faire apprendre.
- Une nouveau champ de recherche : la neurodidactique... une visée alternative (issue des neurosciences) pour mieux « outiller »
 d'un point de vue cognitif les apprenants...

Bref, muscler son cerveau!

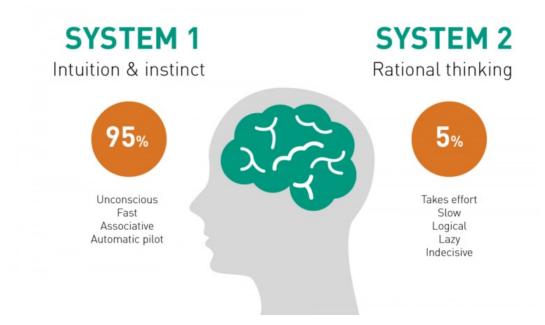
Muscler son cerveau pour prévenir les troubles intellectuels? Le CHU de Lille teste une nouvelle stratégie

« L'erreur est humaine »

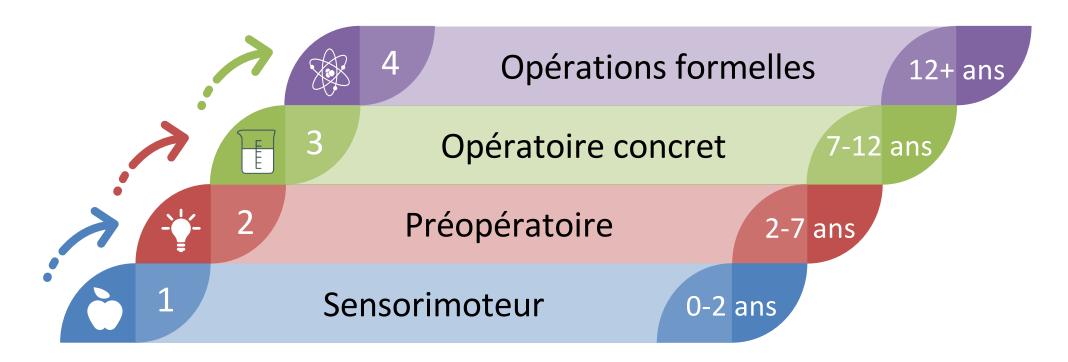
« Penser, c'est se tromper! »



Lors de la résolution de problèmes deux types de stratégies sont régulièrement mises en œuvre :



L'intelligence évolue de manière incrémentale, par un processus lent.



<u>Mais</u>: Dans des **situations conflictuelles** (du point de vue cognitif), il y a des décalages inattendus. Une nouvelle stratégie peut entrer en compétition avec une ancienne, ce qui provoque des erreurs.



Système dynamique et non linéaire

N=2000 (entre octobre 2020 et février 2021)

Exemple 1 : La raquette et la balle

Si une raquette de tennis coûte 30 € de plus que la balle et que l'ensemble coûte 35 €, que coûte la balle ?

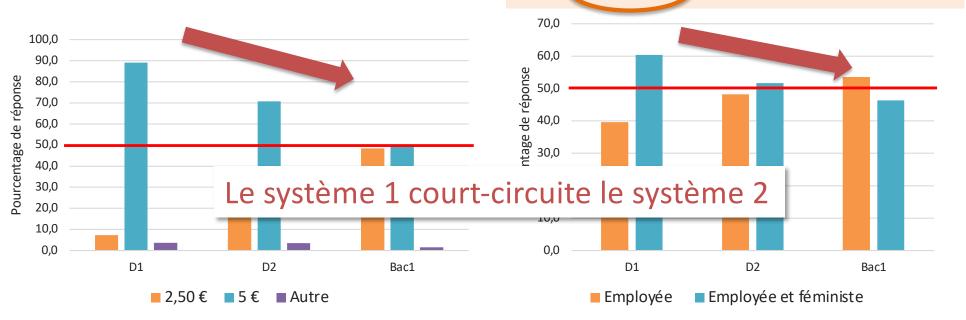
La réponse la plus immédiate est... 5€ La réponse **correcte** est 2,5€

Exemple 2: Linda

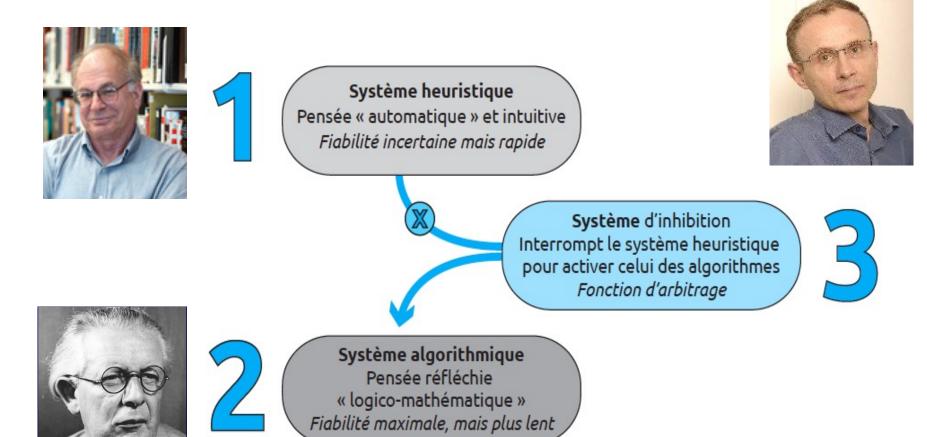
Linda a 33 ans, elle est célibataire et elle dit ce qu'elle pense. Elle est très intelligente et elle est diplômée en philosophie. Elle a toujours été indépendante. Quand elle était étudiante, elle se sentait concernée par les questions environnementales et avait participé à des manifestations contre le nucléaire.

Quelle est la proposition la plus **probable**?

Employée - Employée et féministe



Renforcer une notion scolaire en mettant en exergue les **stratégies inefficientes**, ou « pièges », qu'il faut **bloquer**, semble améliorer les **performances** des élèves de façon plus importante qu'une méthode pédagogique plus classique.



Les conceptions premières fausses en physique

- Les conceptions premières fausses sont omniprésentes, très stables et constituent de véritables obstacles épistémologiques à l'apprentissage.
- Ces conceptions spontanées sont très souvent mobilisées via notre intuition, via notre « le bon sens ».
- Malheureusement la physique est hautement contre-intuitive et nos conceptions spontanées y sont très nombreuses... d'où un apprentissage difficile!

Exemple : La bouilloire

L'eau dans une bouilloire bout.

On peut voir des bulles.

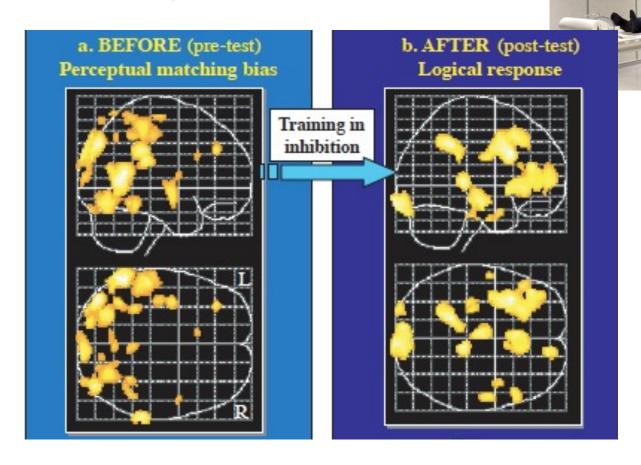
Qu'y a-t-il à l'intérieur des bulles?

La réponse spontanée et intuitive... rien / de l'air Confusion entre le modèle macroscopique et microscopique La réponse correcte – de l'eau (vapeur) (changement d'état).



Apport des neurosciences

Une étude majeure...



Houdé, O., Zago, L., Mellet, E., Moutier, S., Pineau, A., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2000). Shifting from the Perceptual Brain to the Logical Brain: The Neural Impact of Cognitive Inhibition https://doi.org/10.1162/089892900562525

Apport des neurosciences

- Importance des fonctions exécutives :
 - circuits neuronaux complexes dans lesquels le cortex préfrontal joue un rôle prédominant
 - Mémoire de travail inhibition flexibilité mentale et planification/ organisation (Diamond, 2013)



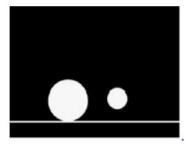
 L'inhibition est le meilleur prédicteur pour détecter la compréhension d'un concept scientifique (Kwon et Lawson, 2000).

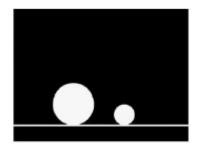
Quel est le numéro du système lié à l'inhibition?

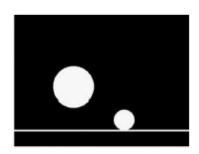
Résultats de neuroimagerie

Exemple: « Quelle balle tombe le plus vite [dans le vide]? »









Stimuli non-scientifique

Stimuli scientifique

Stimuli contrôle

Contraste Experts > Novices

Activation plus importante d'aires cérébrales associées à **l'inhibition**

Le contrôle inhibiteur peut-il être entrainé?

Implications

Conceptions naïves
toujours présentes
chez les experts
=> coexistence

Expert = individu **capable d'inhiber** ses conceptions naïves

Autres matières

Physique (électricité), chimie...

Math (4/5 vs 4/9 ou 1,45 vs 1,5)

Français (je les manges)

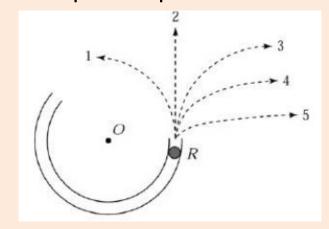
La recherche exploratoire

menée lors de cours d'été en physique (fin août 2019) auprès de 180 élèves

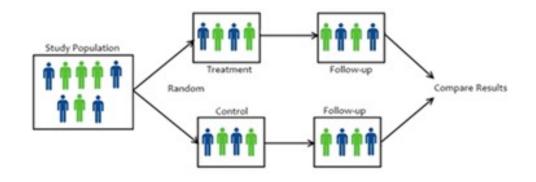
Prétest/Post-test:

WCST + Un test de physique : le *Force Concept Inventory (FCI)*

Exemple de question :

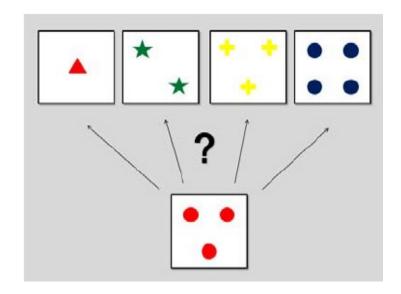


Mesure de la mise à distance des conceptions premières (mécanique)



Groupe test:

entrainement neurocognitif : le *Wisconsin Test (WCST)*



Mesure de la flexibilité mentale

Résultats et conclusion partielle

- Le nombre de changements de règles (au WCST) est plus important pour les filles que pour les garçons. Cela semble indiquer que les **filles** possèdent une **flexibilité mentale** plus importante que les garçons.
- Le test WCST (mesurant la capacité d'un individu à inhiber) montre une dimension diagnostique de l'évolution dans la mobilisation des conceptions premières en mécanique.
- La modalité d'entraînement n'a pas permis de mettre en évidence une **évolution des fonctions exécutives** au cours de la semaine de cours propédeutiques.

Il est possible de supposer que des échelles de temps plus importantes soient nécessaires.

Etat des lieux

Neurodidactique 🔵 🚽





Etude exploratoire



Recherche doctorale



Cadre théorique Elaboration de la méthodologie Premières discussions

Plumat, J, Vanhoolandt, C & Mobers, l'UNamur. Dans Actes de la première l'apprentissage?. p. 38-46.

FE filles > FE garçons Gain FCI filles > garçons Corrélation WCST et FCI Diagnostic

L'entrainement des FE (CI) améliore-t-il les performances des élèves/étudiants dans l'apprentissage et la compréhension de la physique?

Limites



FCI WCST



Fin secondaire Érosion



1 semaine 4 entrainements

Méthodologie générale

Un programme d'entrainement neurocognitif

Une réponse aux limites de l'étude exploratoire par une recherche *quasi-expérimentale*







TESTS plus larges

Prétest

Développement cognitif Conceptions (en physique)

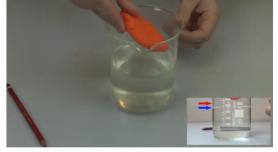
Entrainement

Plusieurs tâches neurocognitives

Post-test

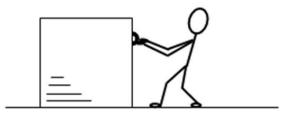
Prétest + neuro (tsft proche)

Regarde la vidéo suivante



Quand la plasticine sera lâchée, jusqu'à quel niveau l'eau va-t-elle monter?

La caisse ne bouge pas.



Dans cette situation, y a-t-il une force?



Qu'y a-t-il dans les bulles?

Méthodologie générale

Un programme d'entrainement neurocognitif

Une réponse aux limites de l'étude exploratoire par une recherche *quasi-expérimentale*



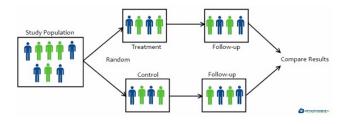




POPULATION plus vaste

Prétest

2000 participants de 12 à 20 ans de S1 à Bac1



Entrainement

300 jeunes ados de D1 et D2

de 3 écoles

200 étudiants

de Bac1 à finalité scientifique

Placébo

Post-test

(mai 2021)

Méthodologie générale

Un programme d'entrainement neurocognitif

Une réponse aux limites de l'étude exploratoire par une recherche *quasi-expérimentale*







TEMPORALITÉ plus longue

Prétest

2 périodes



Entrainement

12 semaines hors congé/blocus

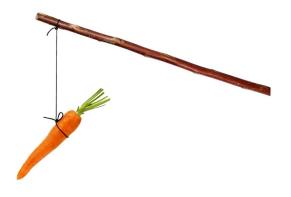
10 minutes

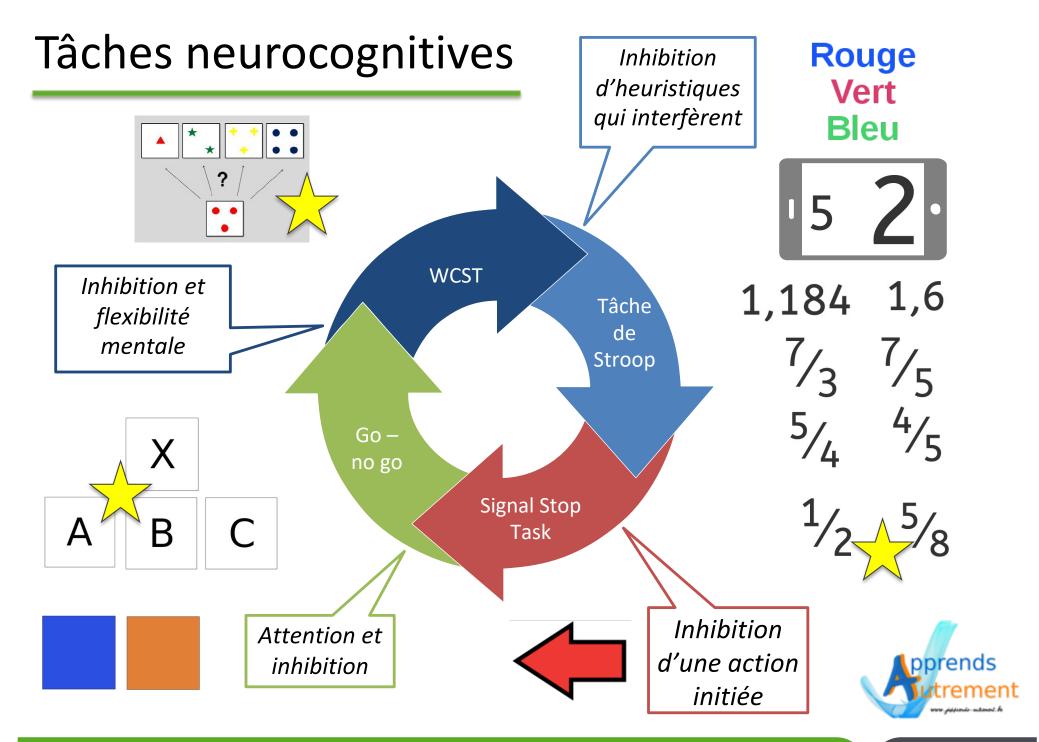
3 tâches

2x/sem (min)

Post-test

2 périodes





Calibrage du prétest

Par rapport au raisonnement scientifique

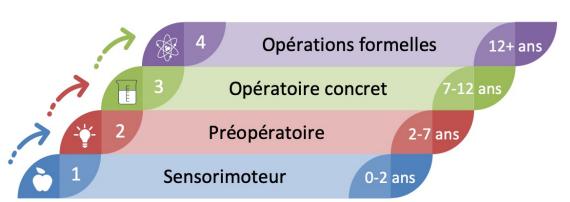


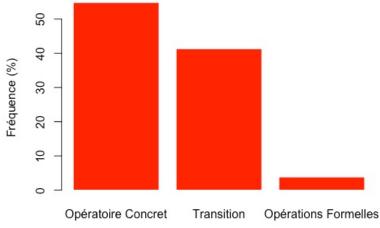




	1C (2020)	2C Grade 8 (2020) (Lawson, 1978)	
N	974	640	145
μ	5,19	5,77	5,68
σ	2,66	2,96	3,23

Par rapport aux stades de Piaget (pour les élèves du D1)

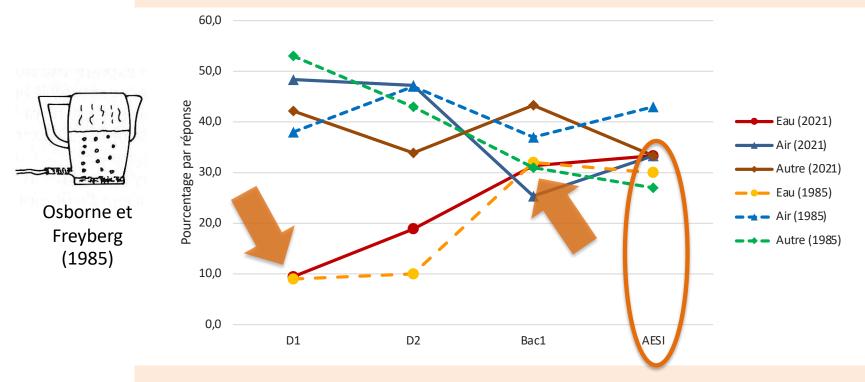




Calibrage du prétest

Par rapport aux conceptions premières

<u>Exemple</u>: L'eau dans cette bouilloire bout. On peut voir des bulles. Qu'y a-t-il à l'intérieur des bulles?





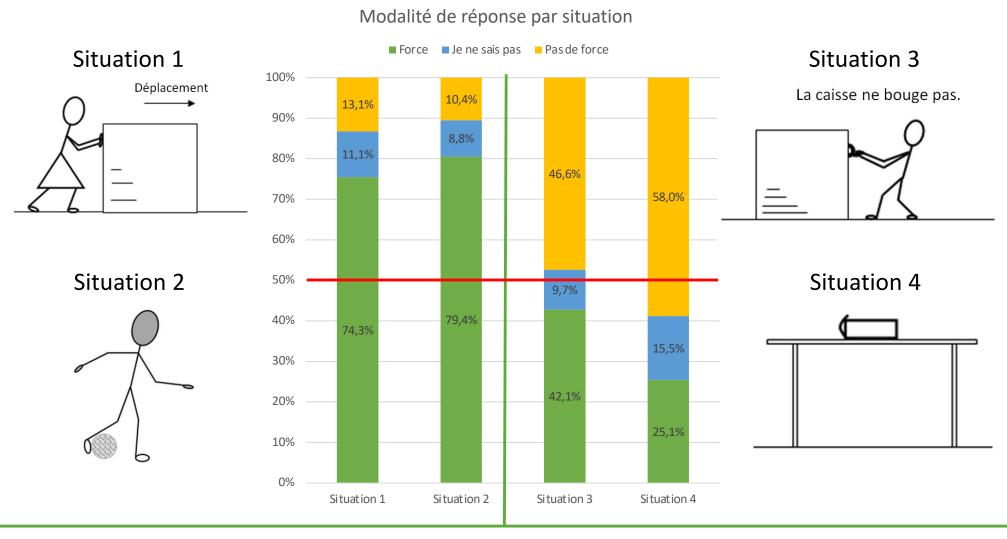
Prétest (2021)

Parce que...

« Car dans les bulles, c'est vide, il n'y a que de l'air » « Dans l'eau, il y a des molécules d'eau mais aussi de l'air » « L'eau, telle que nous la connaissons, est composée d'air et d'hydrogène »

« l'eau est pétillante et les boissons pétillantes contiennent du gaz carbonique »

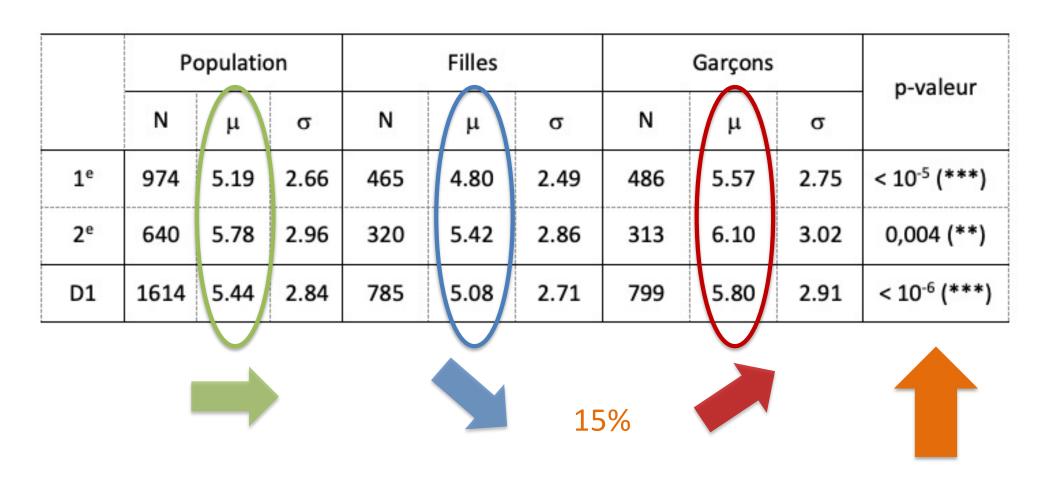
Dans la situation suivante, indiquer s'il y a une force :



La notion de force est liée à celle de mouvement et les élèves voient la force comme la propriété de quelque chose qui est en mouvement (Driver et al, 1994; Viennot, 1996)

Premiers résultats : effets du genre

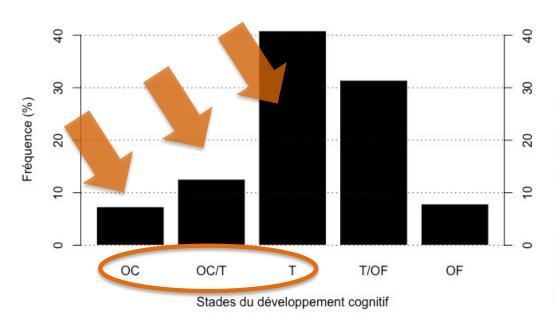
Test de Raisonnement scientifique au D1 au PRETEST



Une différence selon le genre semble bien présente.

Développement cognitif en BAC1

 Test de raisonnement scientifique effectué auprès de 192 étudiants volontaires (fév. 2021) en sections scientifiques (VT, Geo², Phys, Bio) à l'UNamur



Vanhoolandt, C., Dhyne, M., & Plumat, J. (soumis)

Analyse des résultats - Passeport de mathématiques

	Moyenne (/10)				
Prérequis	2017	2018	2019	2020	
Représentation graphique	5,09	4,77	5,01	4,79	
2020 vs AAAA	-0,30	0,02	-0,22		
Traduction d'un langage vers un autre	5,94	5,82	5,72	5,40	
2020 vs AAAA	-0,54**	-0,42*	-0,32		
Logique et théorie d'ensembles	4,47	4,42	4,60	3,92	
2020 vs AAAA	-0,54***	-0,50**	-0,68***		
Outil algébrique	4,94	4,94	4,69	4,66	
2020 vs AAAA	-0,27	-0,27	-0,03		
Introduction aux fonctions	4,42	4,32	4,07	4,32	
2020 vs AAAA	-0,10	-0,00	0,26		
Vecteurs et scalaires 1	5,94	5,48	5,49	4,10	
2020 vs AAAA	-1.84***	-1.38***	-1.39***		
Géométrie	4,56	4,12	4,32	5,39	
2020 vs AAAA	0,83***	1,27***	1,07***		

^{***}p < 0,01, **p < 0,05, *p < 0,1 d'un test bilatéral d'égalité des moyennes. Test adapté en fonction de l'hétérogénéité des variances.

Conclusion/Discussion



- Nos premiers résultats esquissent :
 - L'omniprésence de certaines conceptions premières fausses chez les élèves/étudiants;
 - L'utilisation (fréquente) du système 1 dans de nombreuses situations liées à la physique;
 - L'importance de mettre à distance ses « heuristiques » en physique (alors qu'elles sont toujours présentes chez les experts);
 - l'effet de genre observé dans l'évaluation des compétences de type « raisonnement scientifique »;
 - de nombreux élèves/étudiants sont toujours dans le stade « opératoire concret », y compris en Bac1.

Merci pour votre attention!