

# Modélisation GAMM

## de la variabilité intra-individuelle

## des comportements stratégiques

## sur les matrices de Raven



**UNIVERSITÉ  
RENNES 2**

Corentin Gonthier

[corentin.gonthier@univ-rennes2.fr](mailto:corentin.gonthier@univ-rennes2.fr)



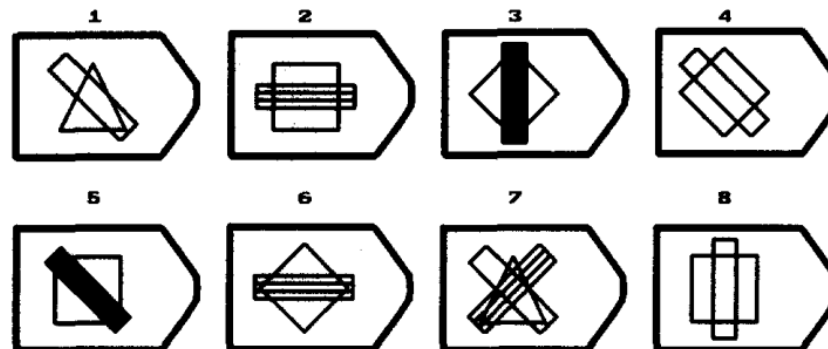
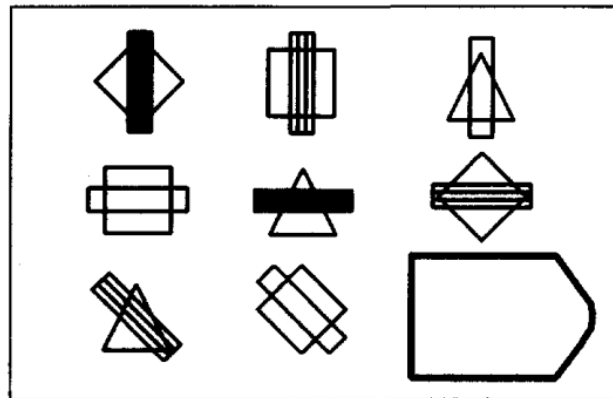
"Oups ! J'ai raté le train des GAMM !"

# Plan

- **Partie 1 : Variabilité intra-individuelle sur les tâches d'intelligence**
- **Partie 2 : Modélisation GAMM**
- **Partie 3 : Étude et résultats**

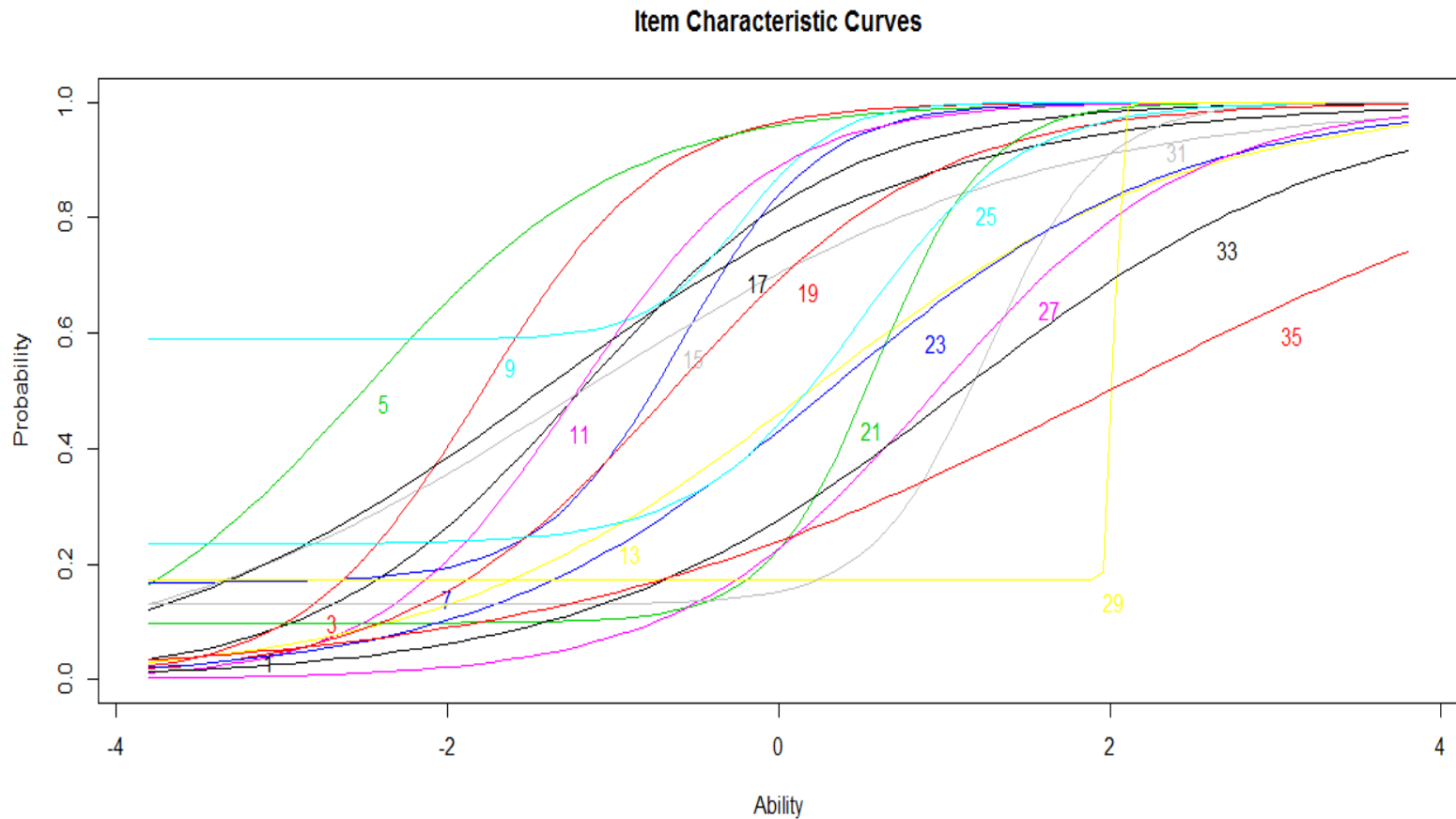
# 1. Variabilité intra-individuelle

- Les matrices avancées de Raven (1938)
- 36 problèmes de difficulté croissante



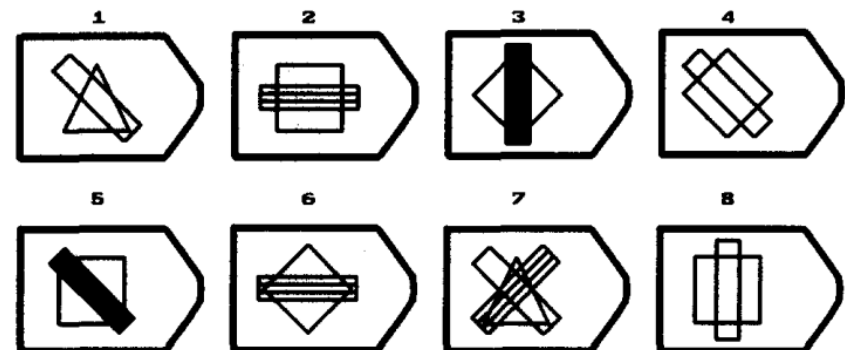
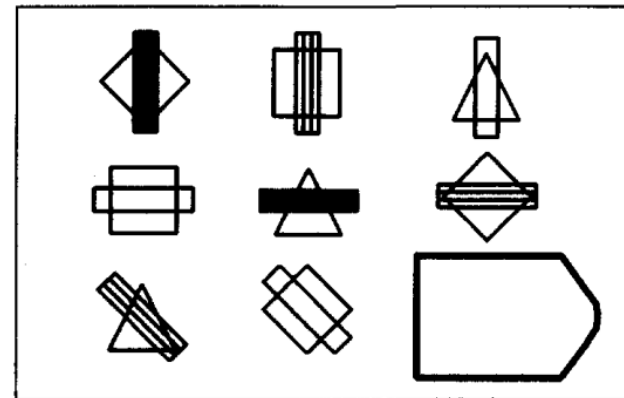
# 1. Variabilité intra-individuelle

- La difficulté croissante implique une variabilité intra-individuelle...



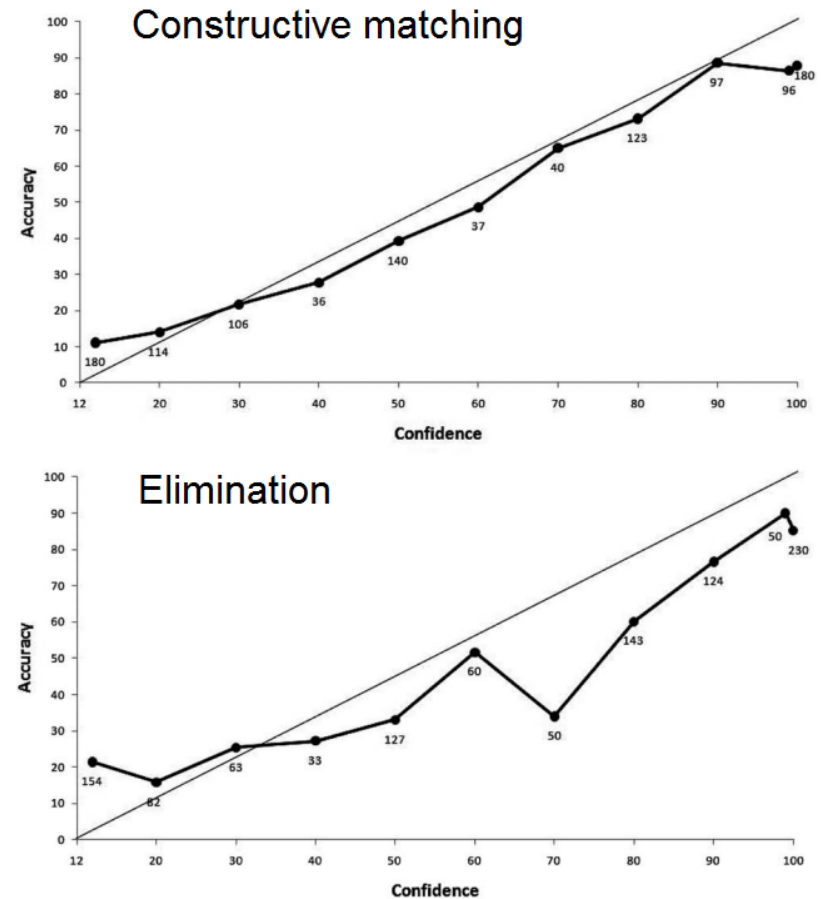
# 1. Variabilité intra-individuelle

- Deux stratégies possibles :
  - Constructive matching
  - Élimination



# 1. Variabilité intra-individuelle

- Des conséquences subtiles :
- Sur la performance
  - Sur la confiance en sa réponse
  - Sur la calibration confiance-performance



(Mitchum & Kelley, 2010)

# 1. Variabilité intra-individuelle

- Quatre aspects de la variabilité stratégique :
  1. Quelles stratégies je connais ?
  2. Avec quelle fréquence je les utilise ?
  3. Comment j'adapte mes stratégies à la situation ?
  4. Avec quelle efficacité je les utilise ?

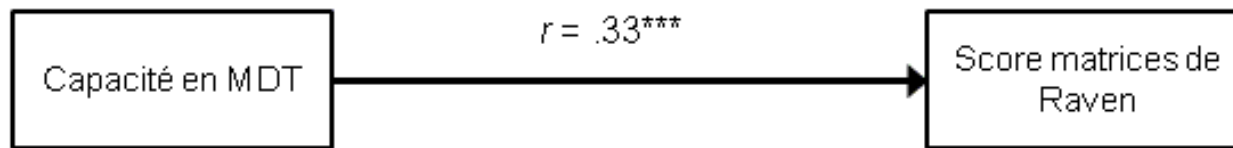
(Lemaire & Siegler, 1995)



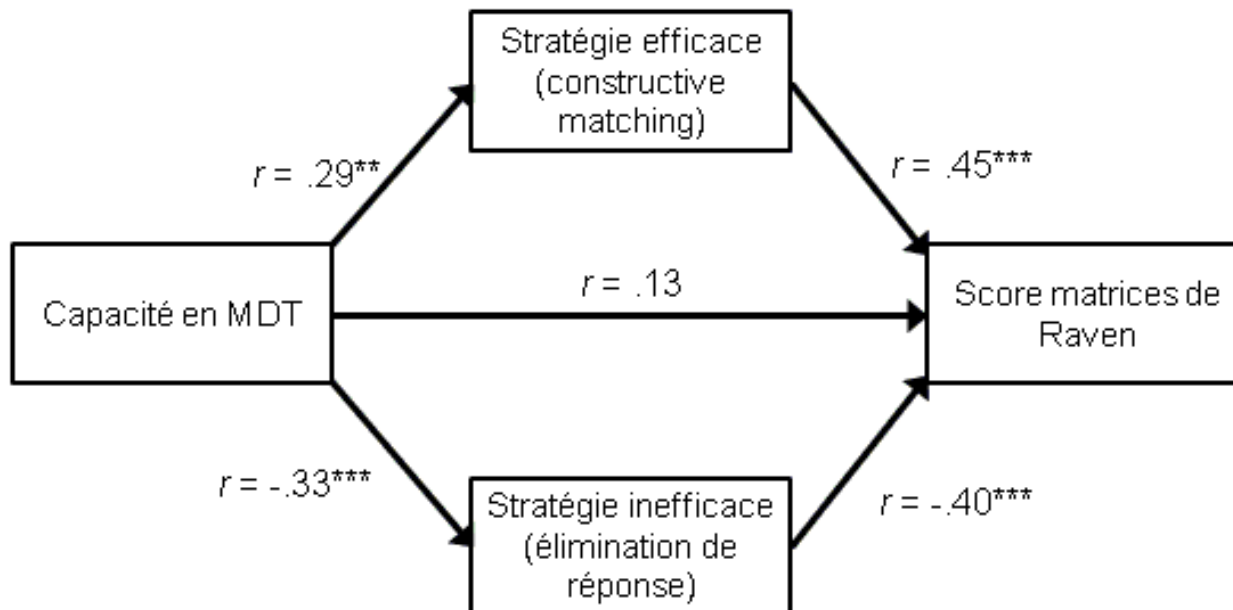
# 1. Variabilité intra-individuelle

## ➤ Variation inter-individuelle des stratégies

A



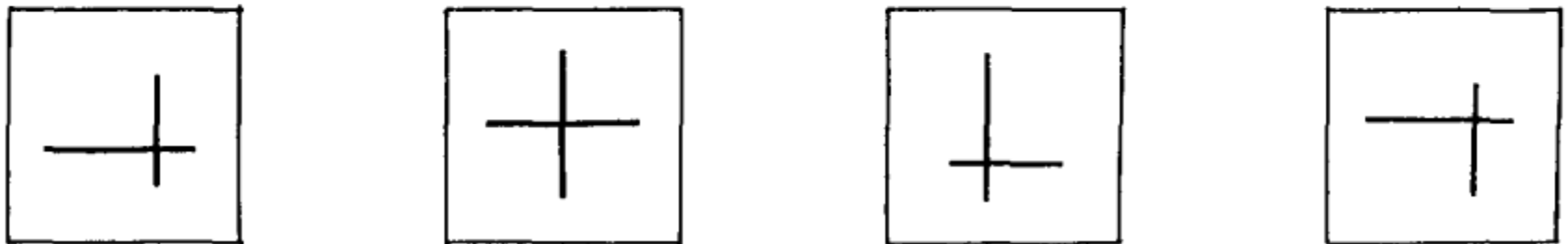
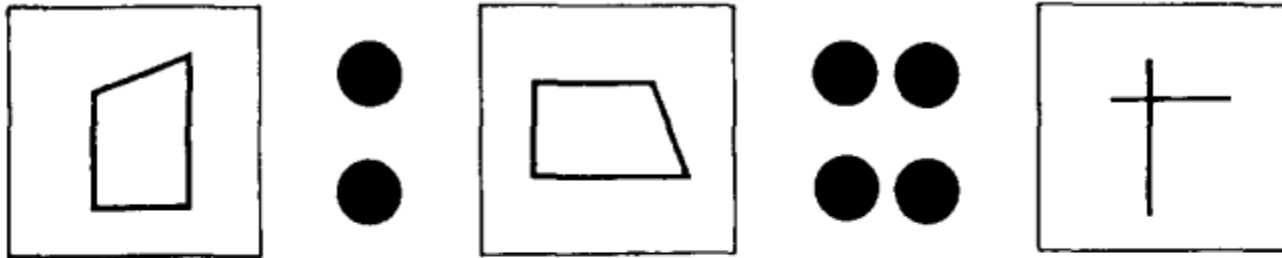
B



(Gonthier & Thomassin, 2015)

# 1. Variabilité intra-individuelle

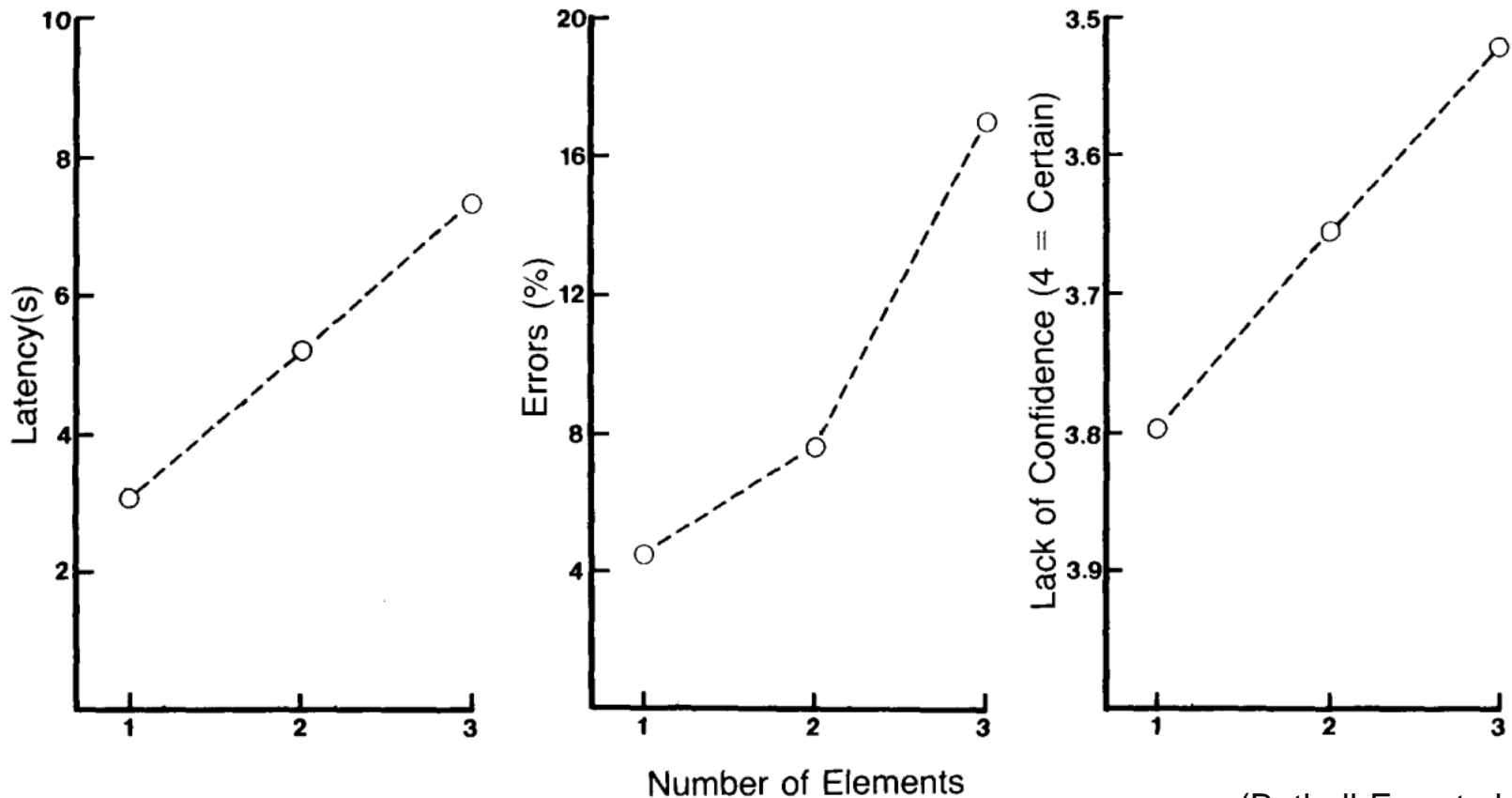
- Et la variation intra-individuelle ?
- Quelques indices sur une tâche d'analogies...



(Bethell-Fox et al., 1984)

# 1. Variabilité intra-individuelle

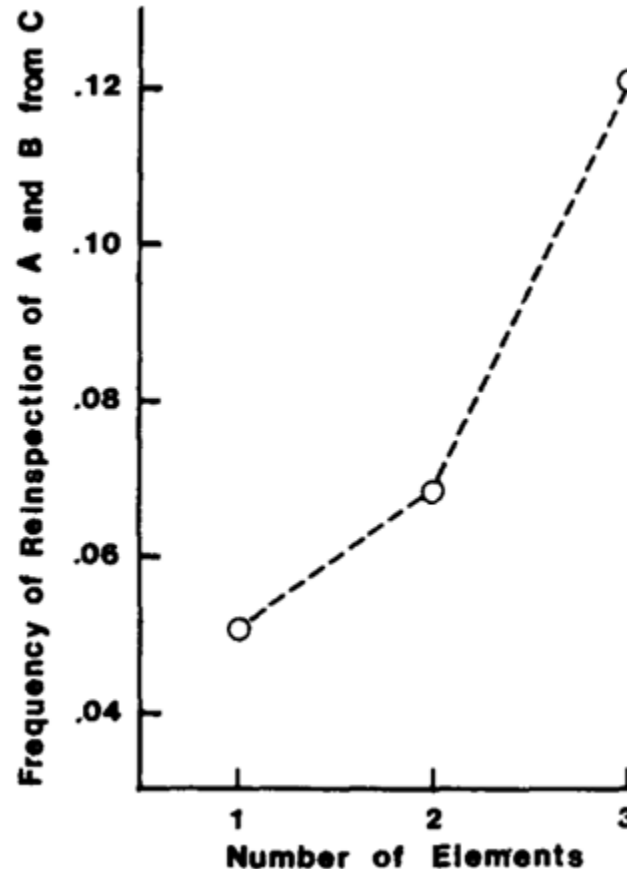
- La difficulté influence les patterns de réponse. Un indice d'un shift stratégique ?



(Bethell-Fox et al., 1984)

# 1. Variabilité intra-individuelle

- La difficulté influence les patterns d'inspection des items.  
Un indice d'un shift stratégique ?



(Bethell-Fox et al., 1984)

# 1. Variabilité intra-individuelle

- Une autre étude trouve des stratégies constantes avec la difficulté sur les matrices de Raven...

	Item													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Percent correct ( <i>p</i> )	81.8 (38.9)	94.6 (22.9)	72.7 (44.9)	69.1 (46.6)	80.0 (40.4)	70.9 (45.8)	80.0 (40.4)	58.2 (49.8)	40.0 (49.4)	54.6 (50.3)	41.8 (49.8)	40.0 (49.4)	43.6 (50.1)	47.3 (50.4)
Item latency	37,072 (36,805)	41,641 (23,948)	40,156 (38,438)	58,086 (42,245)	35,957 (30,817)	50,886 (33,002)	55,966 (29,966)	80,046 (91,355)	102,746 (73,816)	79,973 (70,977)	166,228 (137,323)	124,119 (83,767)	148,936 (114,367)	85,481 (66,658)
Time on Matrix	31,768 (32,458)	36,599 (21,480)	35,102 (33,410)	45,965 (32,130)	30,863 (25,806)	40,375 (27,875)	46,066 (26,064)	71,077 (86,311)	84,322 (63,204)	67,244 (65,263)	142,921 (124,543)	107,747 (74,446)	133,867 (105,339)	66,425 (59,450)
Proportional Time on Matrix	0.86 (0.09)	0.88 (0.08)	0.88 (0.07)	0.80 (0.08)	0.86 (0.07)	0.78 (0.11)	0.81 (0.09)	0.88 (0.08)	0.81 (0.10)	0.82 (0.09)	0.84 (0.07)	0.86 (0.07)	0.89 (0.06)	0.76 (0.09)
Time on Alternatives	5294 (5645)	5460 (5693)	5054 (6383)	12121 (13,264)	5094 (5685)	10,512 (7356)	9902 (6576)	8969 (8980)	18,515 (16,806)	12,729 (9248)	23,304 (18,526)	16,372 (13,569)	15,068 (13,573)	19,038 (11,747)
Proportional Time on Alternatives	0.14 (0.09)	0.14 (0.16)	0.12 (0.07)	0.20 (0.08)	0.14 (0.07)	0.22 (0.11)	0.18 (0.09)	0.12 (0.08)	0.19 (0.10)	0.18 (0.09)	0.16 (0.07)	0.14 (0.07)	0.11 (0.06)	0.24 (0.09)
Number of Toggles	10.69 (9.89)	10.98 (10.01)	9.98 (11.68)	20.35 (26.15)	11.25 (10.65)	18.09 (12.08)	19.67 (11.75)	17.22 (18.53)	28.87 (26.88)	22.24 (17.30)	41.27 (40.49)	25.05 (24.27)	25.93 (24.26)	28.49 (17.27)
Rate of Toggling	0.322 (0.207)	0.279 (0.178)	0.248 (0.165)	0.332 (0.163)	0.332 (0.187)	0.375 (0.180)	0.367 (0.178)	0.227 (0.161)	0.296 (0.147)	0.301 (0.150)	0.279 (0.161)	0.214 (0.126)	0.187 (0.098)	0.362 (0.149)
Latency to First Toggle	7.48 (6.90)	16.70 (17.09)	11.86 (9.09)	15.05 (14.59)	11.12 (8.23)	11.84 (10.79)	11.94 (12.00)	22.34 (18.63)	30.18 (28.84)	11.07 (11.67)	17.09 (24.29)	23.80 (25.49)	41.75 (45.96)	11.26 (11.42)
Matrix Time Distribution Index	0.028 (0.270)	0.006 (0.241)	0.124 (0.206)	0.016 (0.201)	0.103 (0.212)	0.005 (0.212)	-0.068 (0.197)	0.197 (0.222)	-0.133 (0.239)	0.248 (0.181)	0.109 (0.202)	0.044 (0.220)	0.118 (0.220)	0.039 (0.211)

(Vigneau et al., 2006)

# 1. Variabilité intra-individuelle

- Des questions...
- Quelle forme prend la variabilité intra-individuelle des réponses sur les matrices de Raven ?
  - Quels sont ses prédicteurs ?
- Y a-t-il une variabilité intra-individuelle des comportements stratégiques ?
  - Quels sont ses prédicteurs ?
  - Quels effets sur la performance ?

# Plan

- **Partie 1** : Comportements stratégiques sur les tâches d'intelligence
- **Partie 2** : **Modélisation GAMM**
- **Partie 3** : Étude et résultats

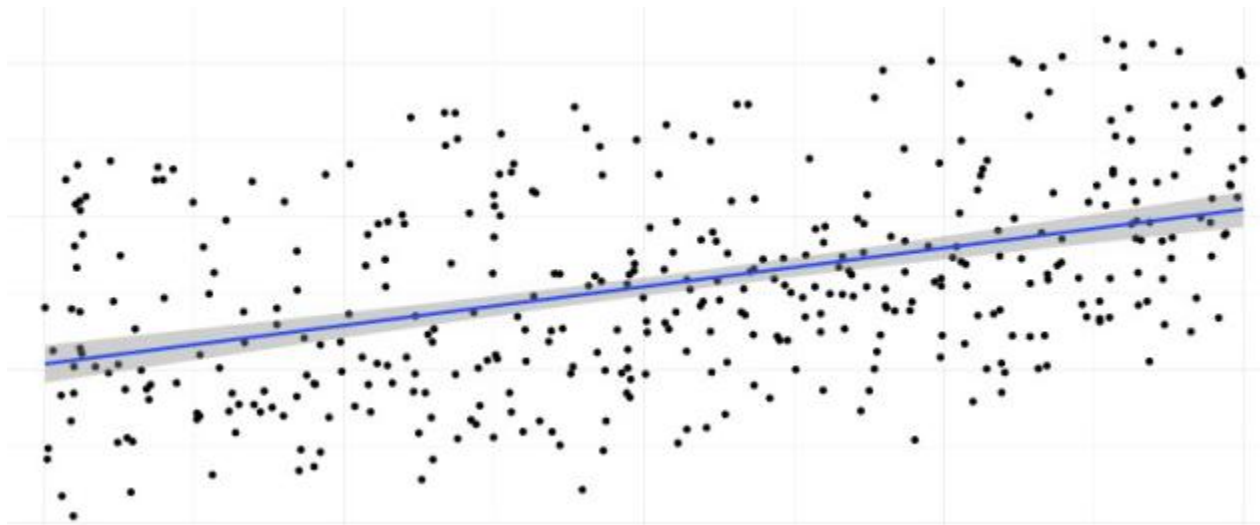
- GAMM : Generalized Additive Mixed Model
  - GLM = General Linear Model
  - GLM + Mixed = GLMM
  - GLM + Additive = GAM
  - GLM + Additive + Mixed = GAMM



# Modélisation GAMM

➤ GLM : effet linéaire de la VI sur la VD

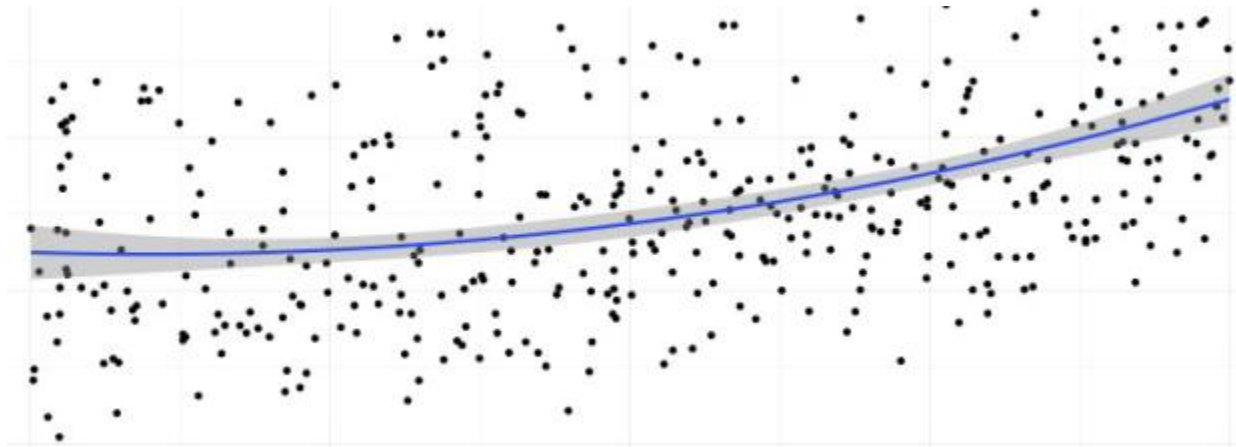
- $Y = b_0 + b_1X + e$



(Miller, 2016)

## Modélisation GAMM

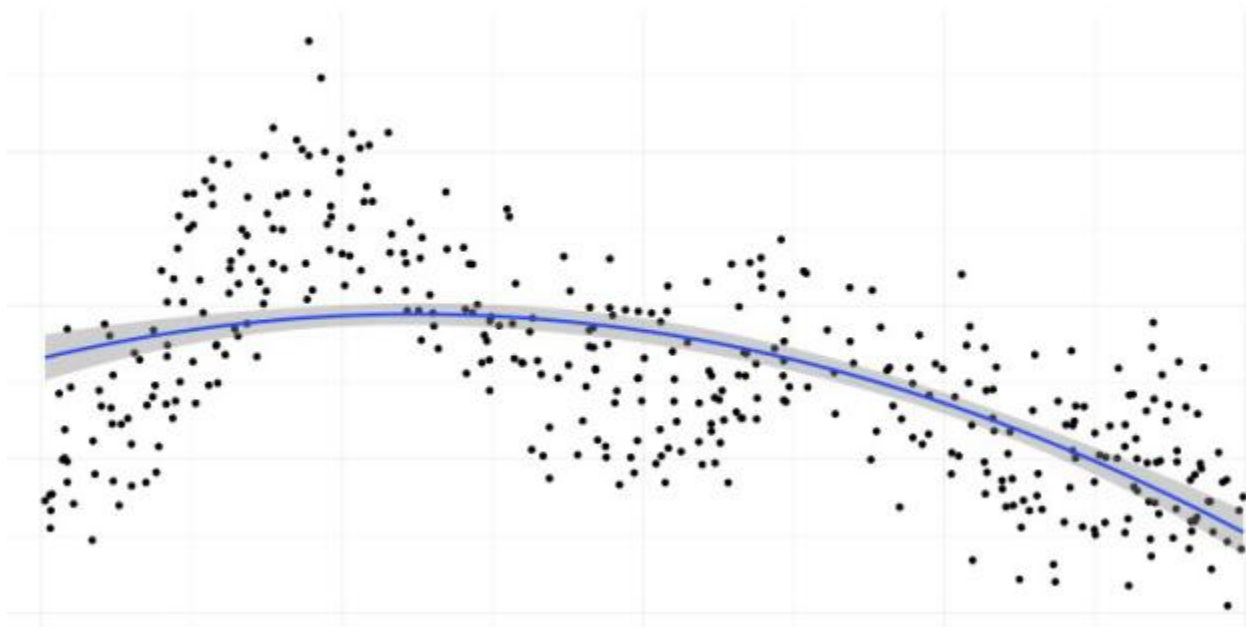
- Et s'il y a un effet non linéaire de la VI ? Possible de tricher avec des polynômes...
- $Y = b_0 + b_1(X) + b_2(X^2) + e$



(Miller, 2016)

# Modélisation GAMM

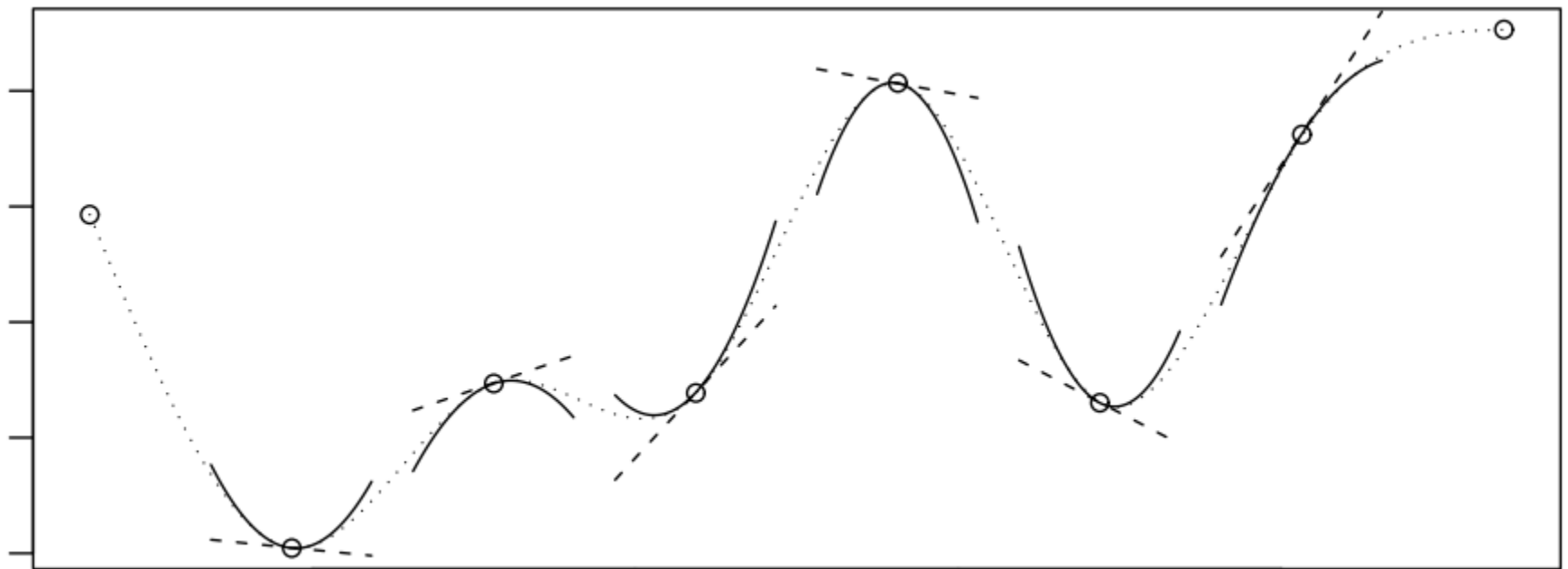
- ...mais demande de spécifier une forme générale précise
- Et maintenant ?



(Miller, 2016)

# Modélisation GAMM

- Additive : effet de la VI modélisé comme une spline - fonction constituée de polynômes (« fonctions de base ») définis par morceaux
- $Y = s(X) + e$  avec  $s(X) = b_1f_1X$  puis  $b_2f_2X$  puis...



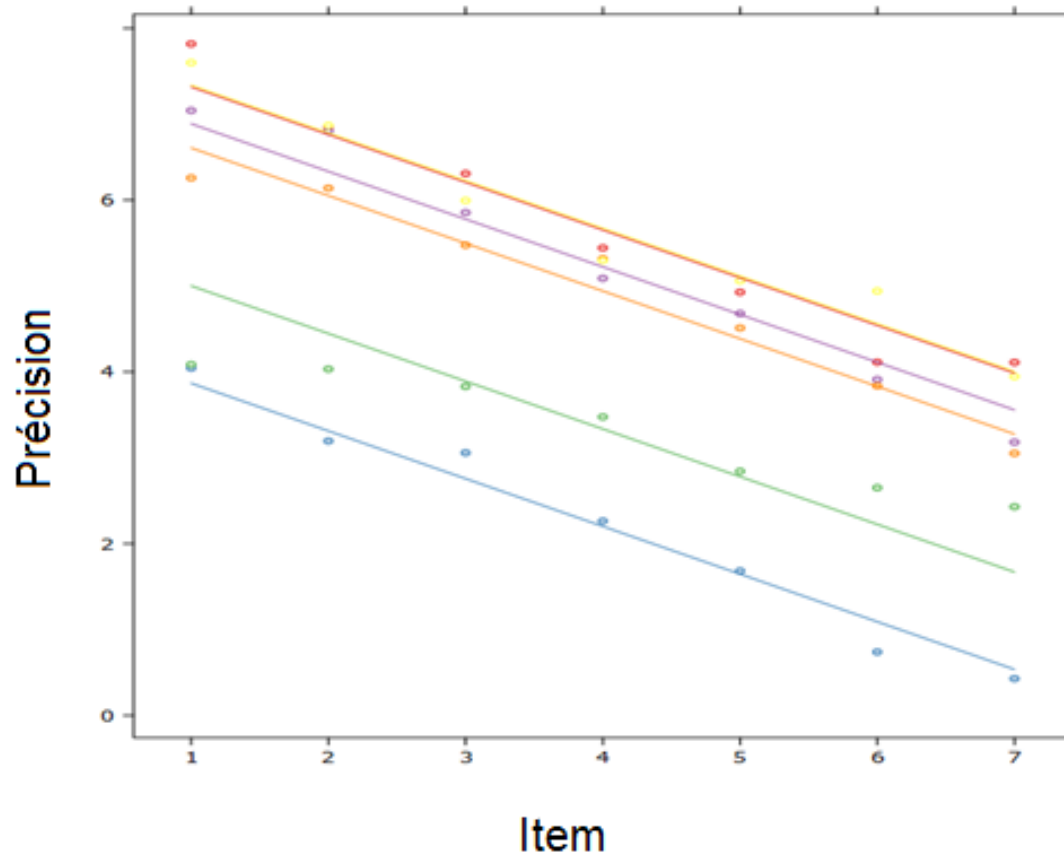
(Wood, 2006)

## Modélisation GAMM

- Packages *mgcv* et *itsadug*
- `gam(VD ~ VIA + s(VIB, k=12) + ti(VIA, VIB, bs="cc"))`
- `bam(VD ~ s(VIA, by=Condition), family="binomial")`

# Modélisation GAMM

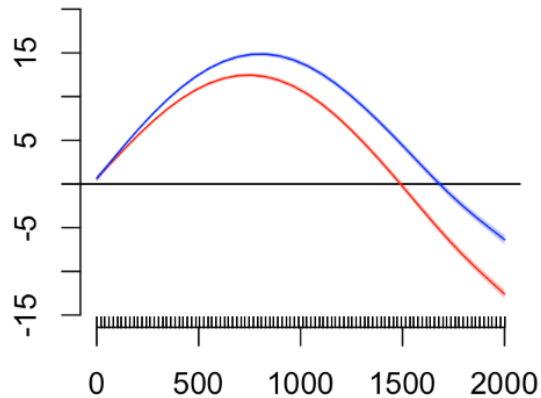
- Problème des séries temporelles : autocorrélation des résidus
- GLMM : une trajectoire par participant



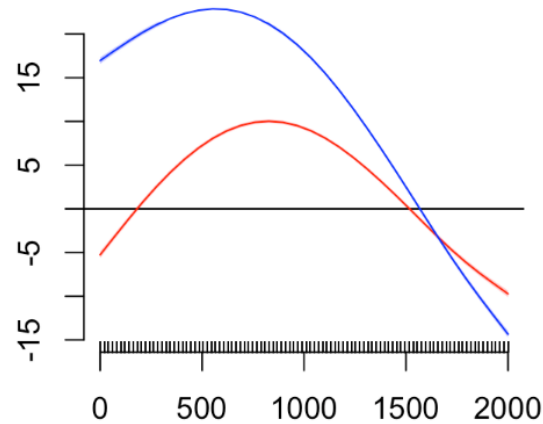
# Modélisation GAMM

- GAMM : idem, mais sur la base d'un modèle GAM

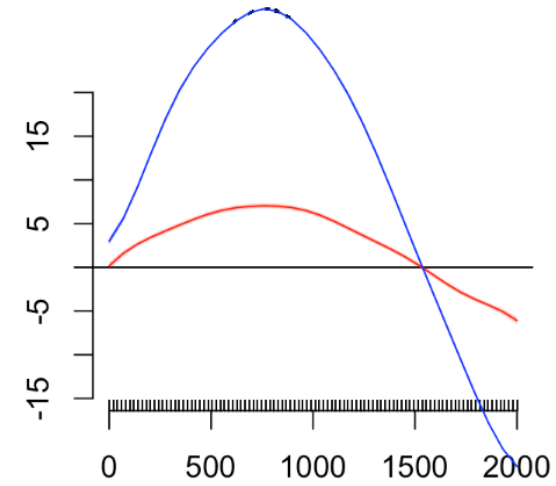
+s(Sujet, bs="re")



+s(Sujet, bs="re") + s(Sujet, Temps, bs="re")



+s(Sujet, Temps, bs="fs", m=1)



(van Rij, 2015)

# Plan

- **Partie 1** : Comportements stratégiques sur les tâches d'intelligence
- **Partie 2** : Modélisation GAMM
- **Partie 3** : Étude et résultats



## Protocole

- Les matrices avancées de Raven - abrégées (18 items)
- Etudiants en psychologie à l'Université Rennes 2
- Deux échantillons :
  - Echantillon 1 : items pairs ( $N = 83$ )
  - Echantillon 2 : items impairs ( $N = 123$  ; présentation des items en deux temps)
- Combinés de façon à modéliser l'ensemble de la tâche

## Protocole

- Les matrices avancées de Raven - abrégées (18 items)
- Mesures pour chaque item :
  - Précision
  - Temps de réponse
  - Confiance dans la réponse (EVA 0-100%)
- Evaluation des stratégies utilisées pour chaque item :
  - Une question de constructive matching (Likert 1-9)
  - Une question d'élimination (Likert 1-9)

## Protocole

- Deux prédicteurs de la performance et des stratégies :
  - 1. La mémoire de travail
    - Composite complex span (Gonthier et al., 2016)
    - Empan de lecture + symétrie + opérations (30 min.)
  - 2. Le need for cognition
    - Version française du NFCS-SF (Salama-Younes, 2011)
    - 11 items

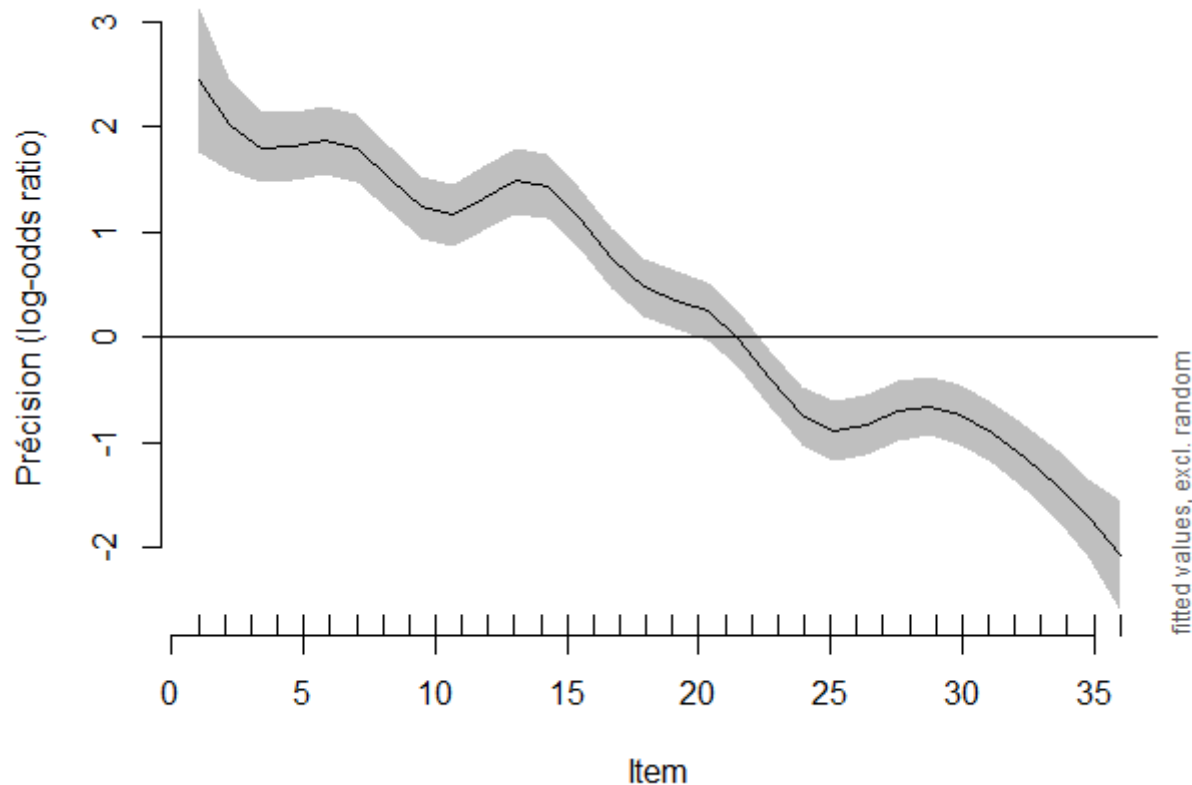
- **Question 1.** Quelle forme prend la variabilité intra-individuelle sur les matrices de Raven ?

# Résultats

Précision ~ Condition + s(Item, k=12, by=Condition) + s(Sujet, bs="re"), family="binomial"

VI = Numéro d'item

VD = Précision

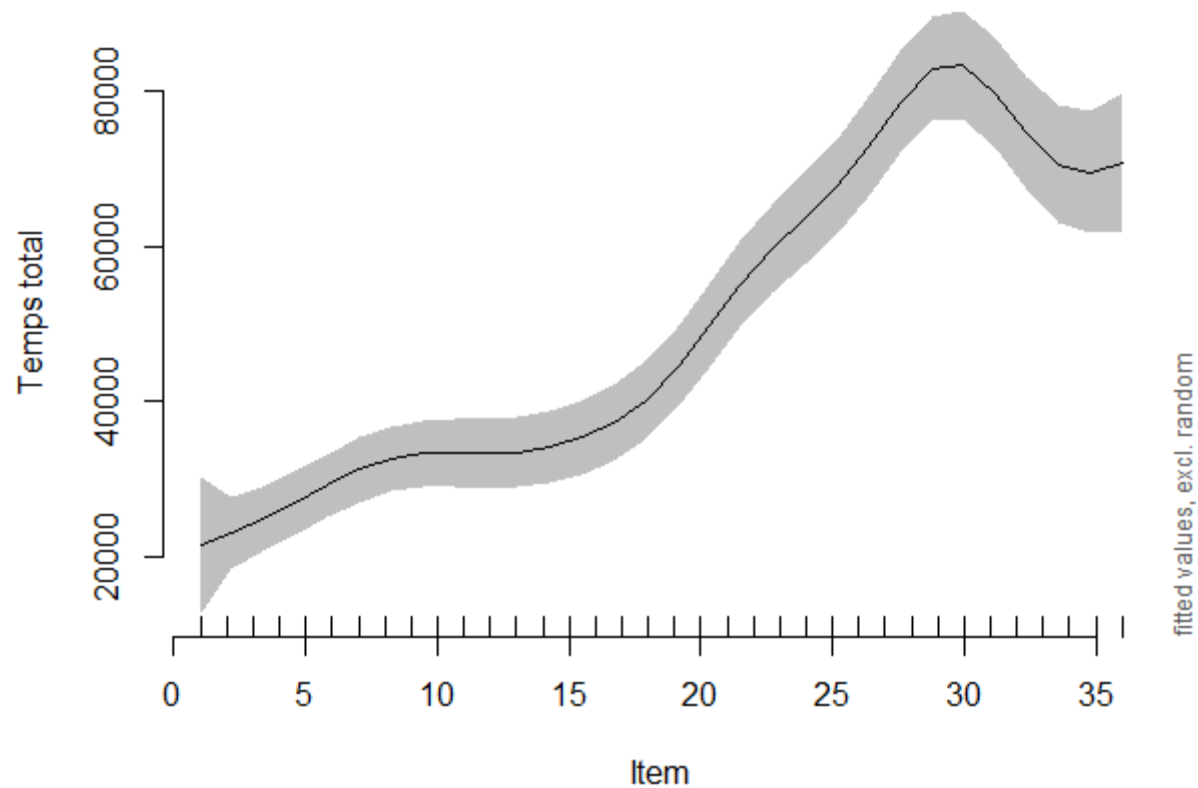


Effet item :  $p < .001$ , EDF = 12.53

# Résultats

VI = Numéro d'item

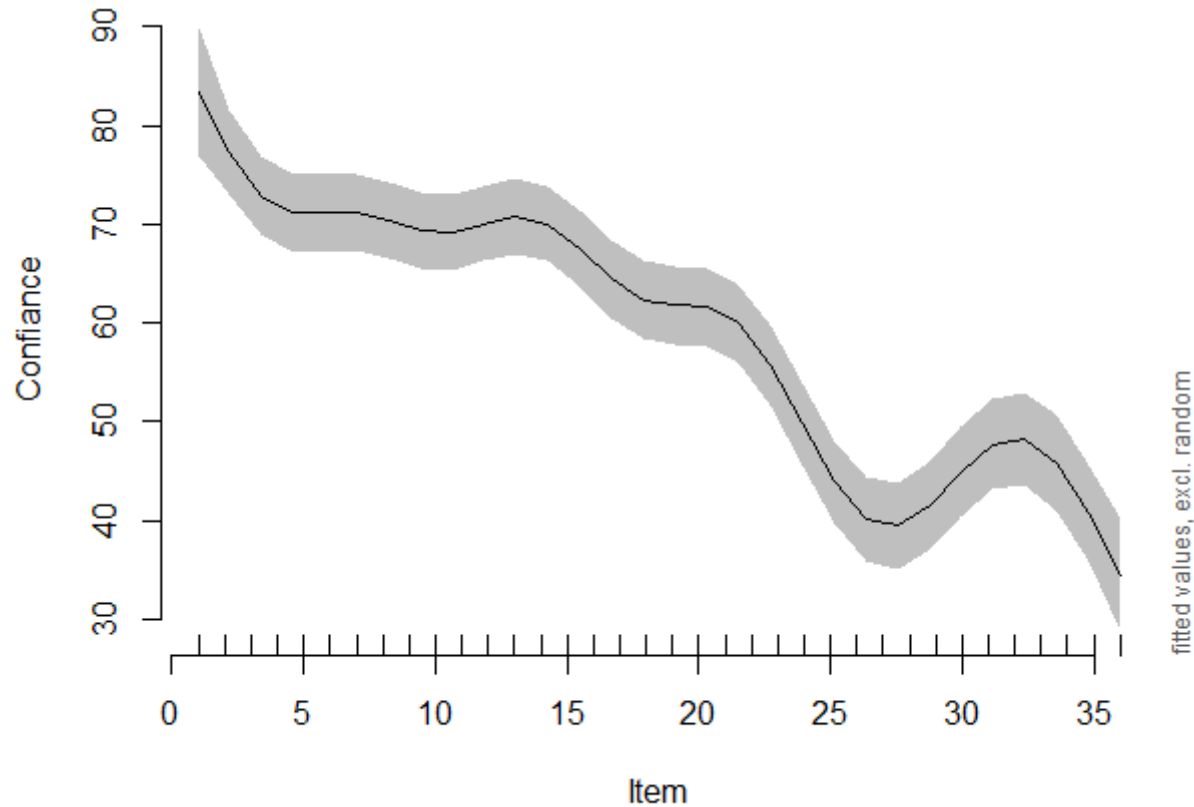
VD = Temps de réponse



Effet :  $p < .001$

# Résultats

VI = Numéro d'item  
VD = Confiance

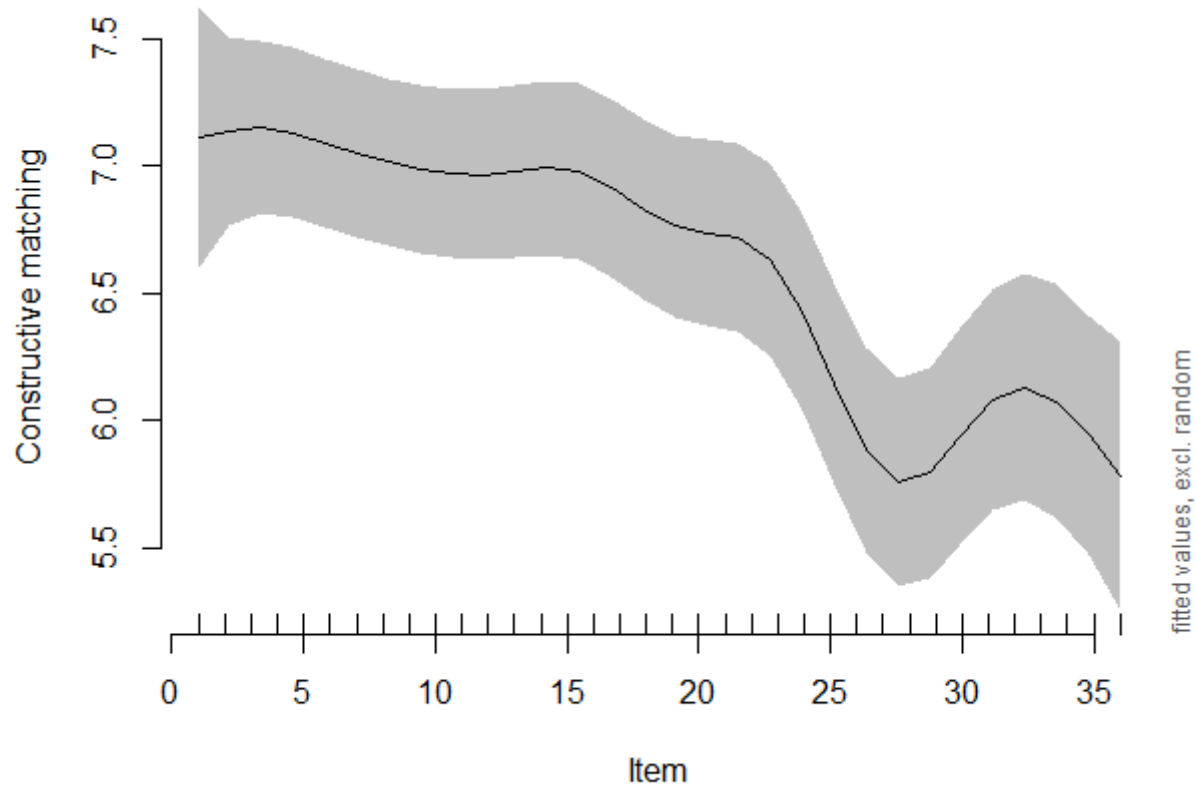


Effet :  $p < .001$

# Résultats

VI = Numéro d'item

VD = Constructive matching

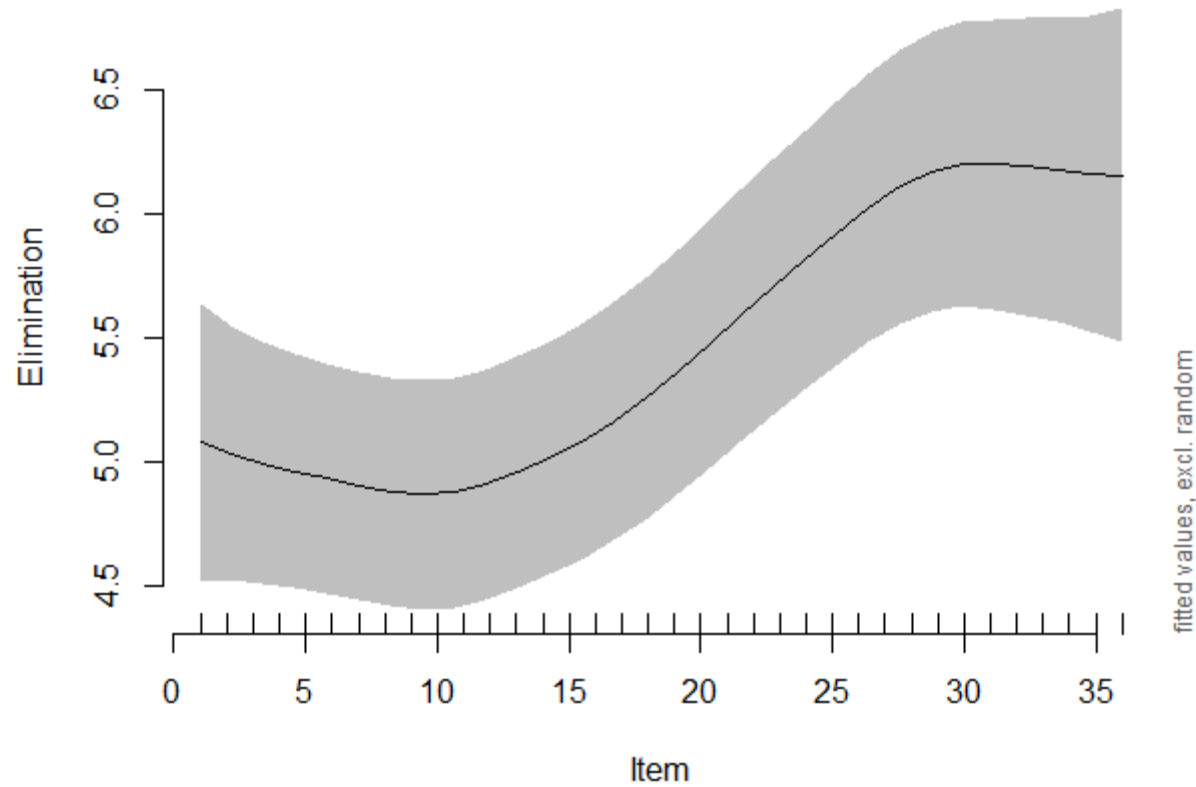


Effet :  $p < .001$



# Résultats

VI = Numéro d'item  
VD = Elimination

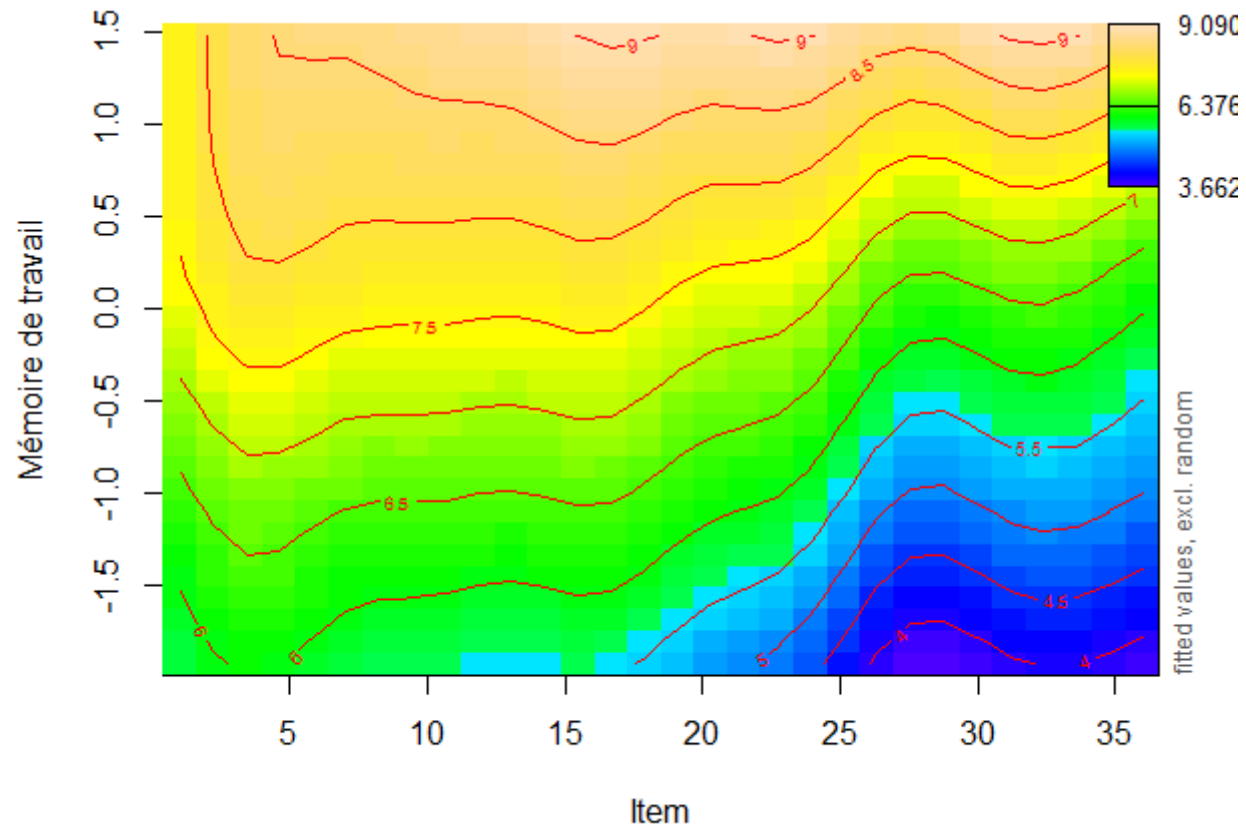


Effet :  $p < .001$

- **Question 2.** Quels prédicteurs du changement stratégique en cours de tâche ?

# Résultats

CMatching ~ Condition\*MDT + s(Item, k=12, by=Condition) + ti(MDT, Item, by=Condition) + s(Sujet, bs="re")

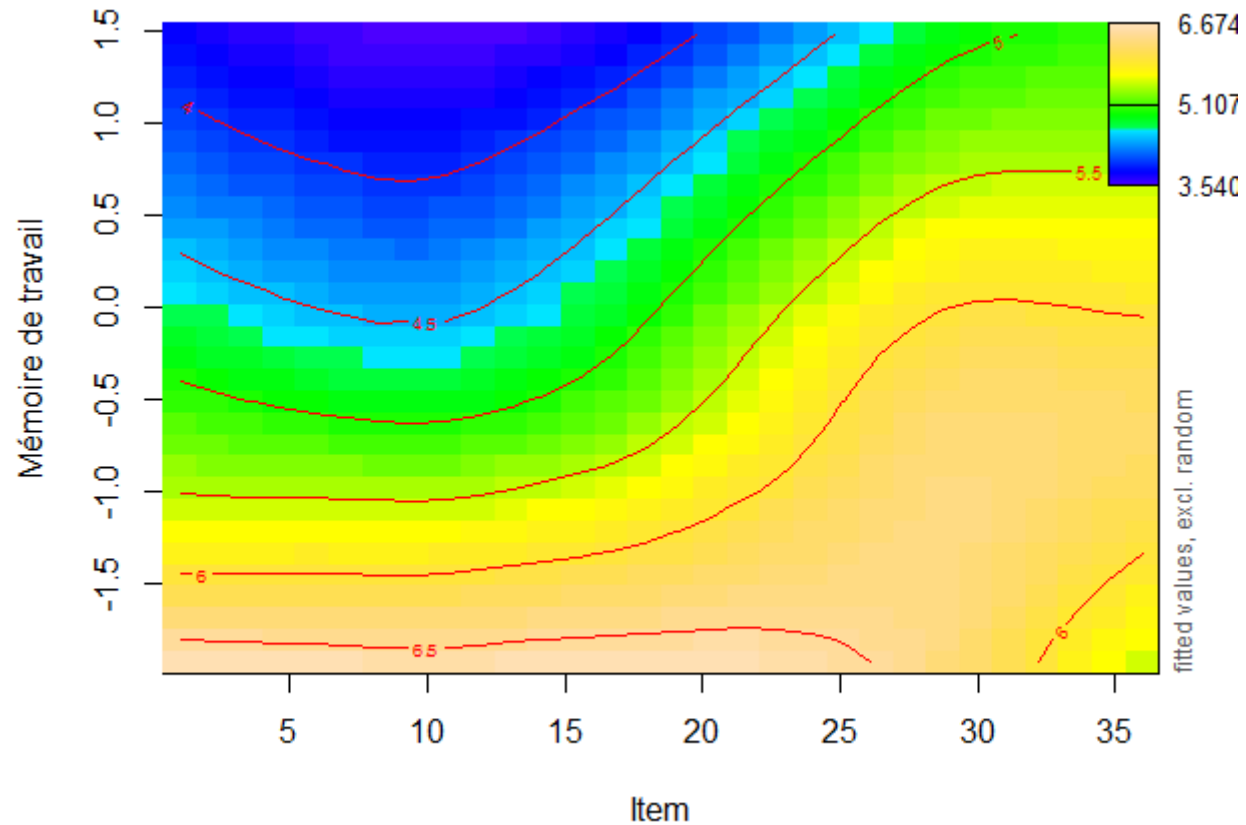


Interaction :  $p = .002$

# Résultats

VI = Numéro d'item \* Mémoire de travail

VD = Elimination

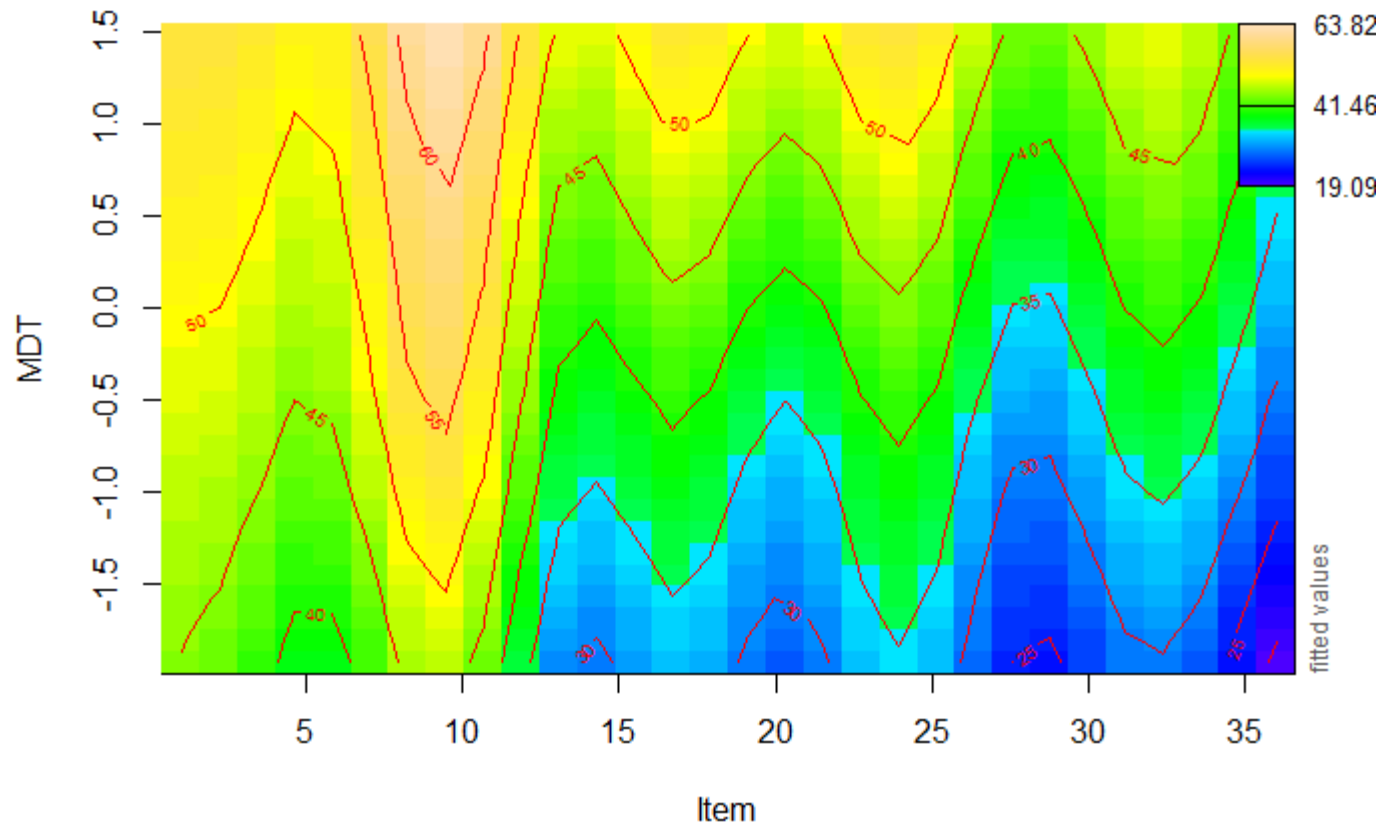


Interaction :  $p = .027$

# Résultats

VI = Numéro d'item \* Mémoire de travail

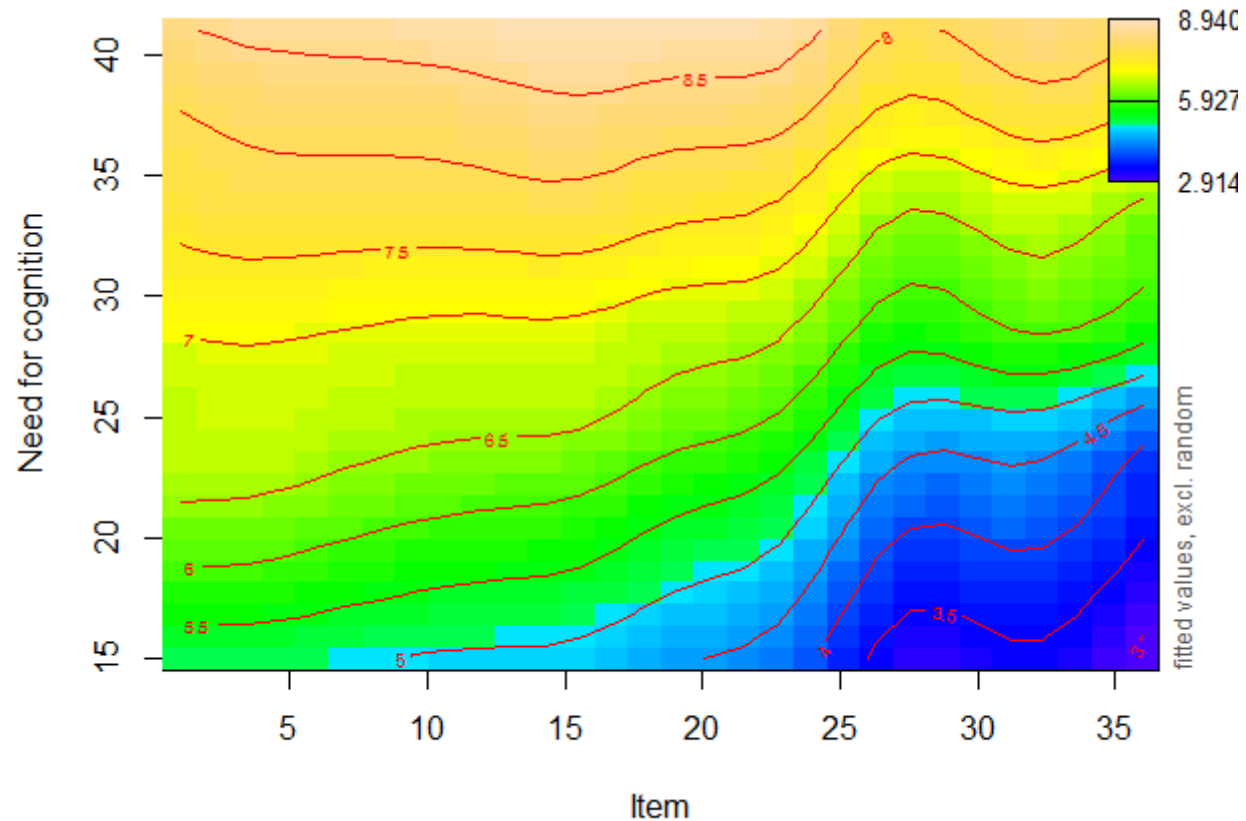
VD = % temps sur la matrice



Interaction :  $p = .530$

# Résultats

VI = Numéro d'item \* Need for cognition  
 VD = Constructive matching

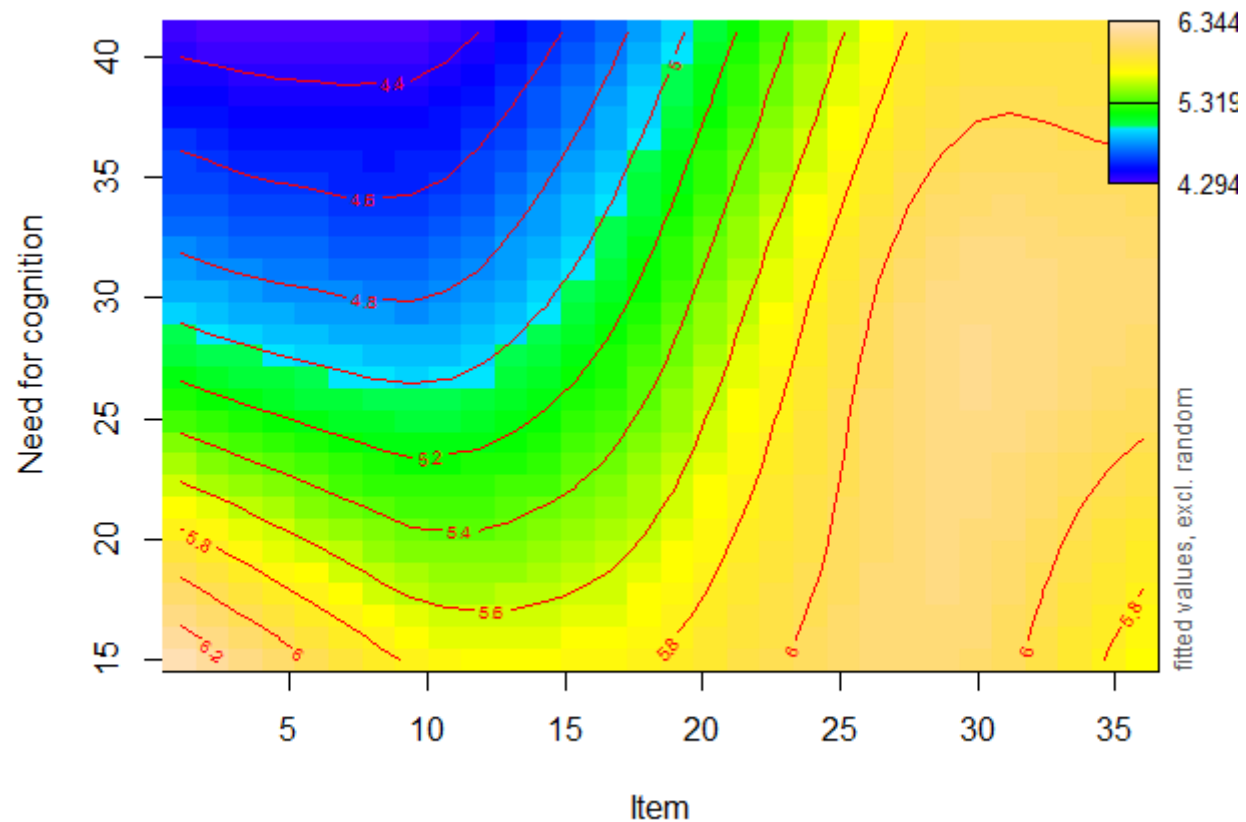


Interaction :  $p < .001$

# Résultats

VI = Numéro d'item \* Need for cognition

VD = Elimination



Interaction :  $p = .369$

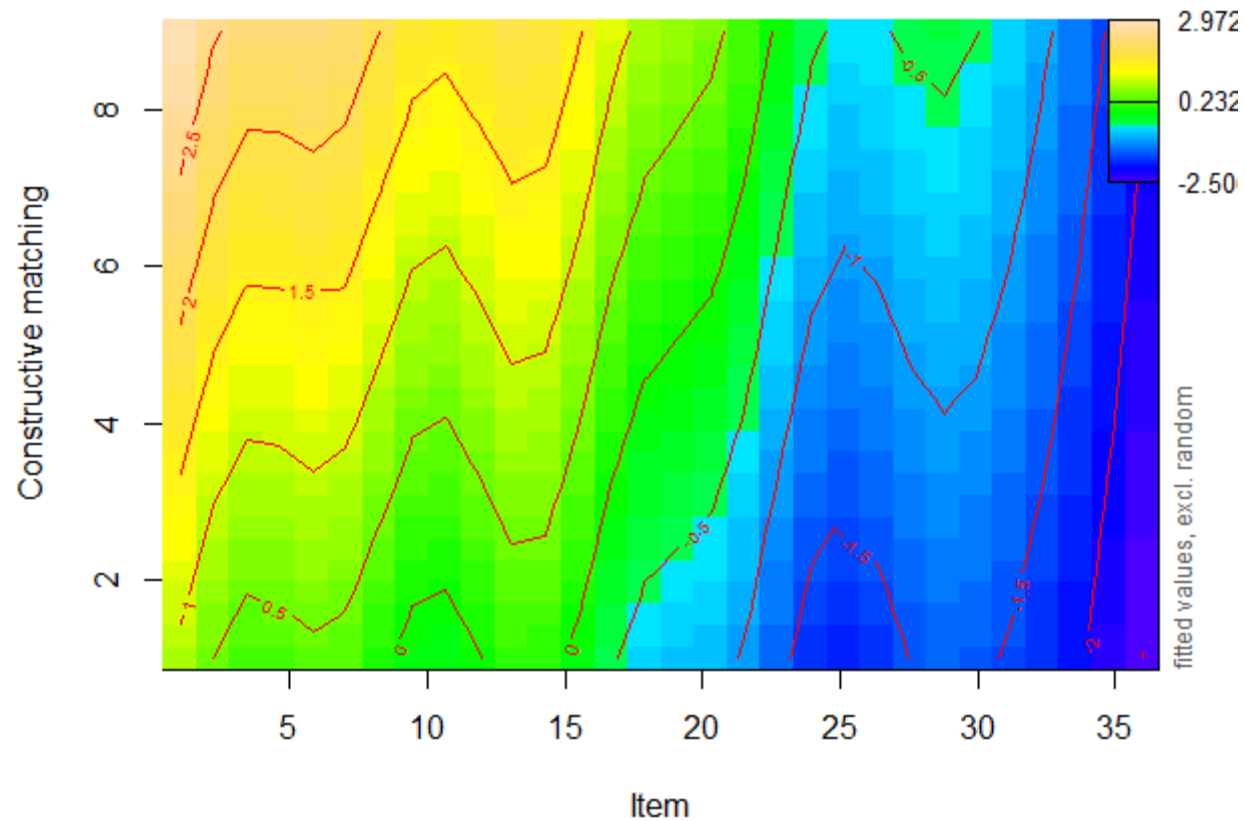
- **Question 3.** Quelles conséquences du changement stratégique ?



# Résultats

VI = Numéro d'item \* Constructive matching

VD = Précision

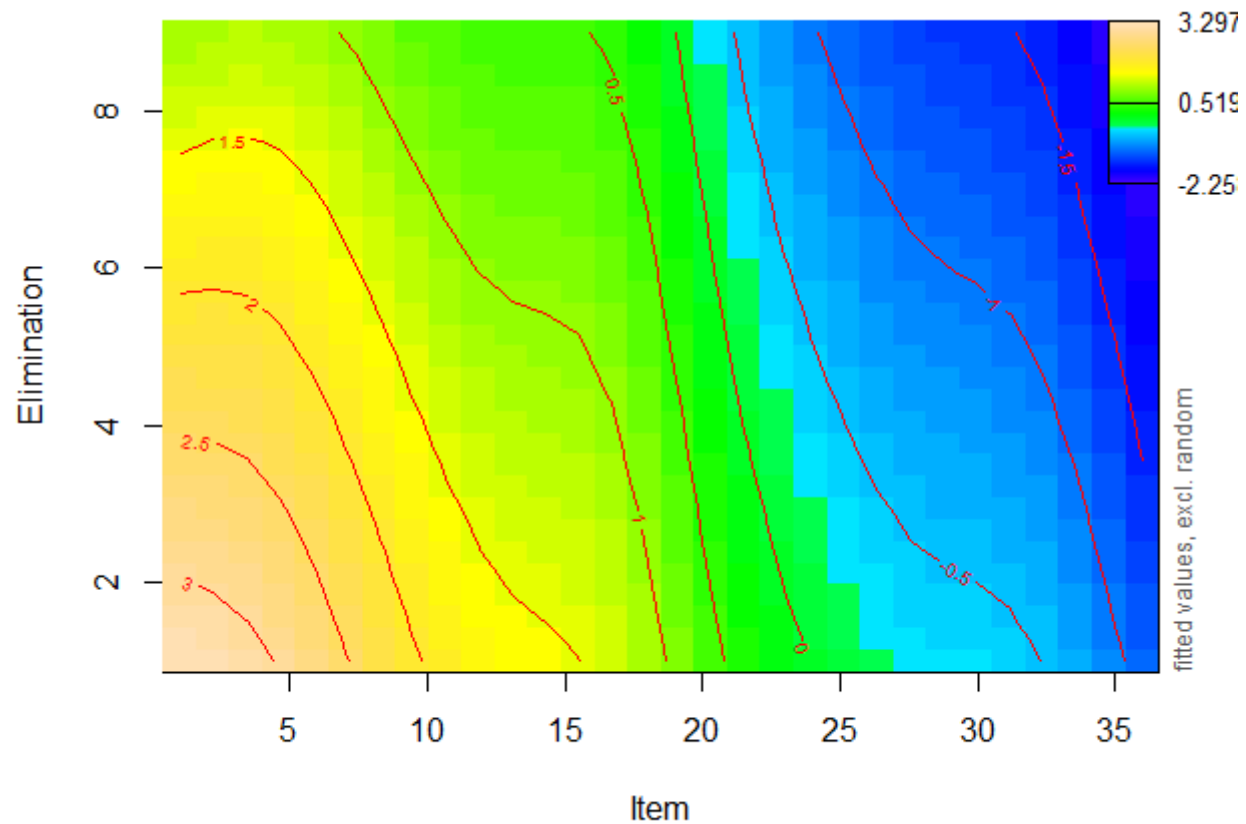


Interaction :  $p = .002$

# Résultats

VI = Numéro d'item \* Elimination

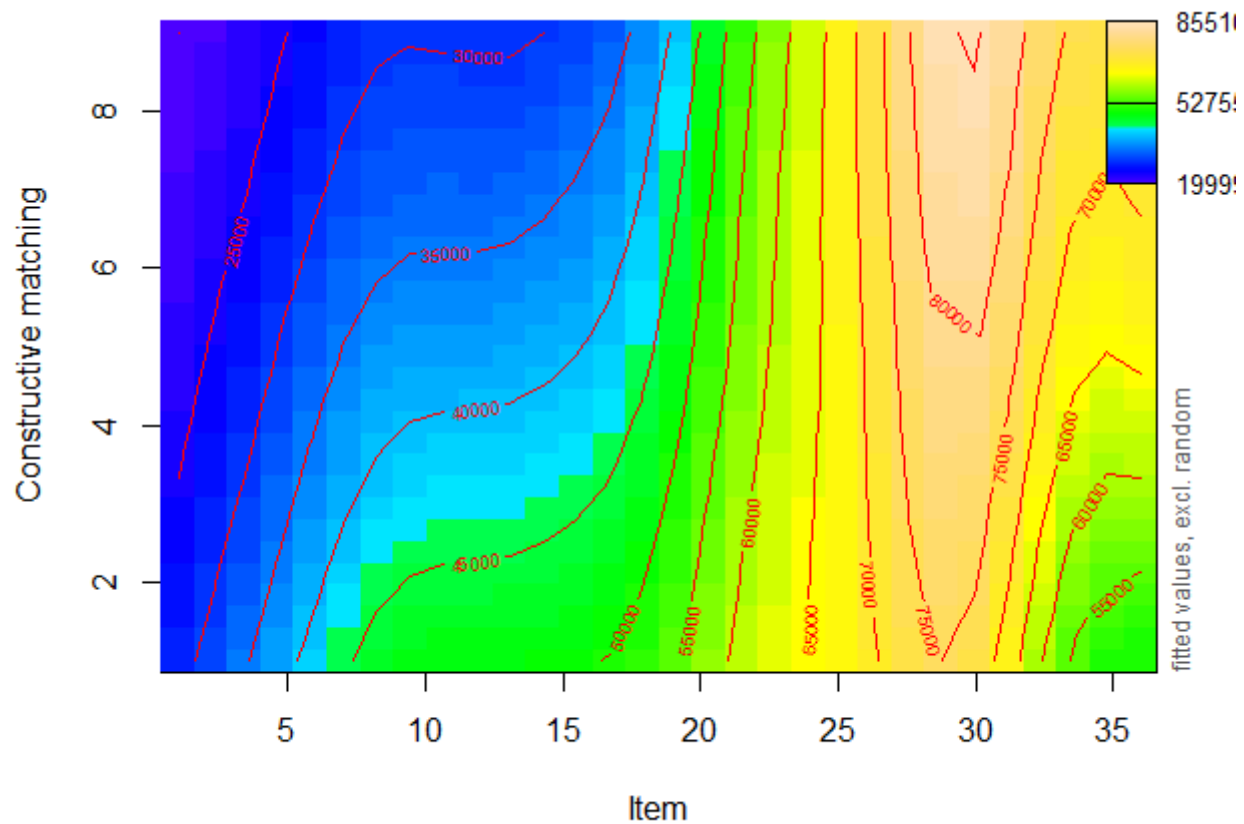
VD = Précision



Interaction :  $p = .050$

# Résultats

VI = Numéro d'item \* Constructive matching  
 VD = Temps de réponse

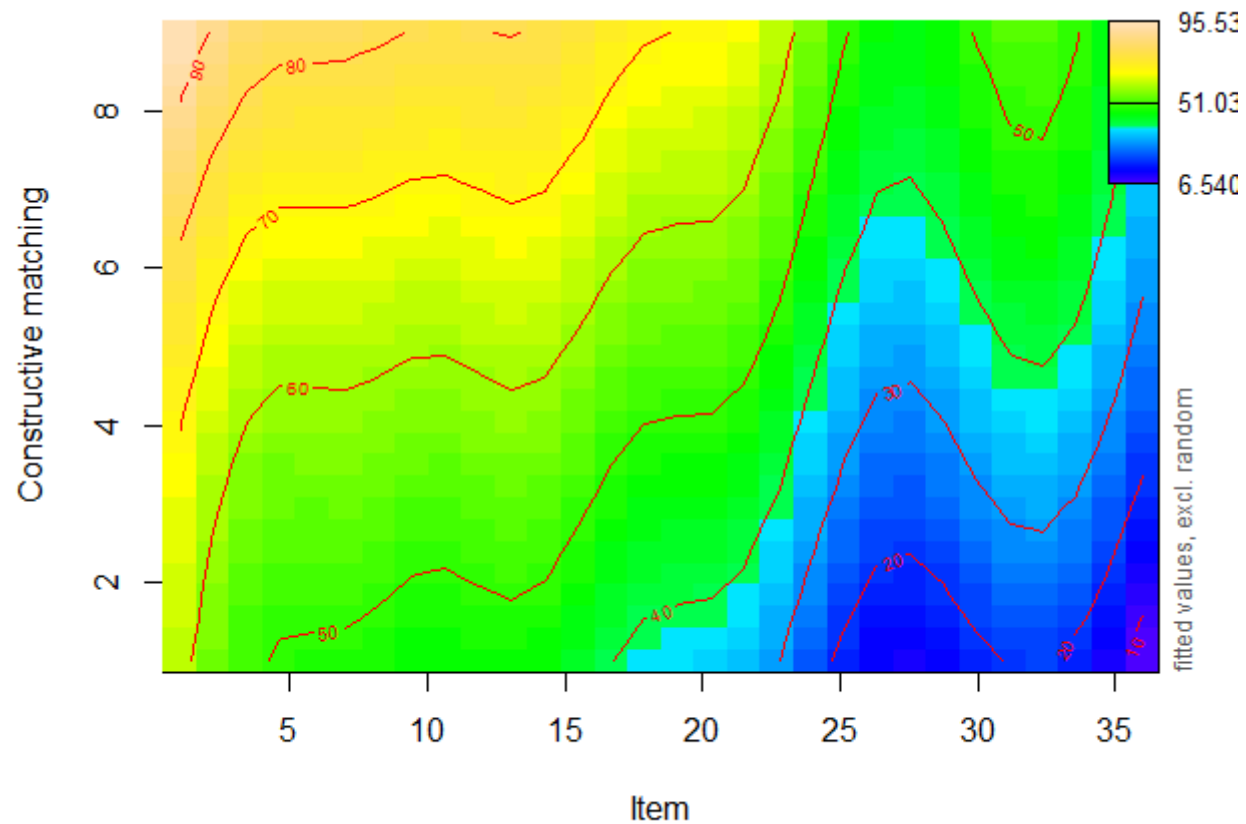


Interaction :  $p < .001$

# Résultats

VI = Numéro d'item \* Constructive matching

VD = Confiance



Interaction :  $p = .022$

➤ **Question 4.** Lien entre mémoire de travail et stratégies

~~✓ 1<sup>er</sup> paramètre : répertoire de stratégies~~

✓ 2<sup>nd</sup> paramètre : tendance à utiliser chaque stratégie

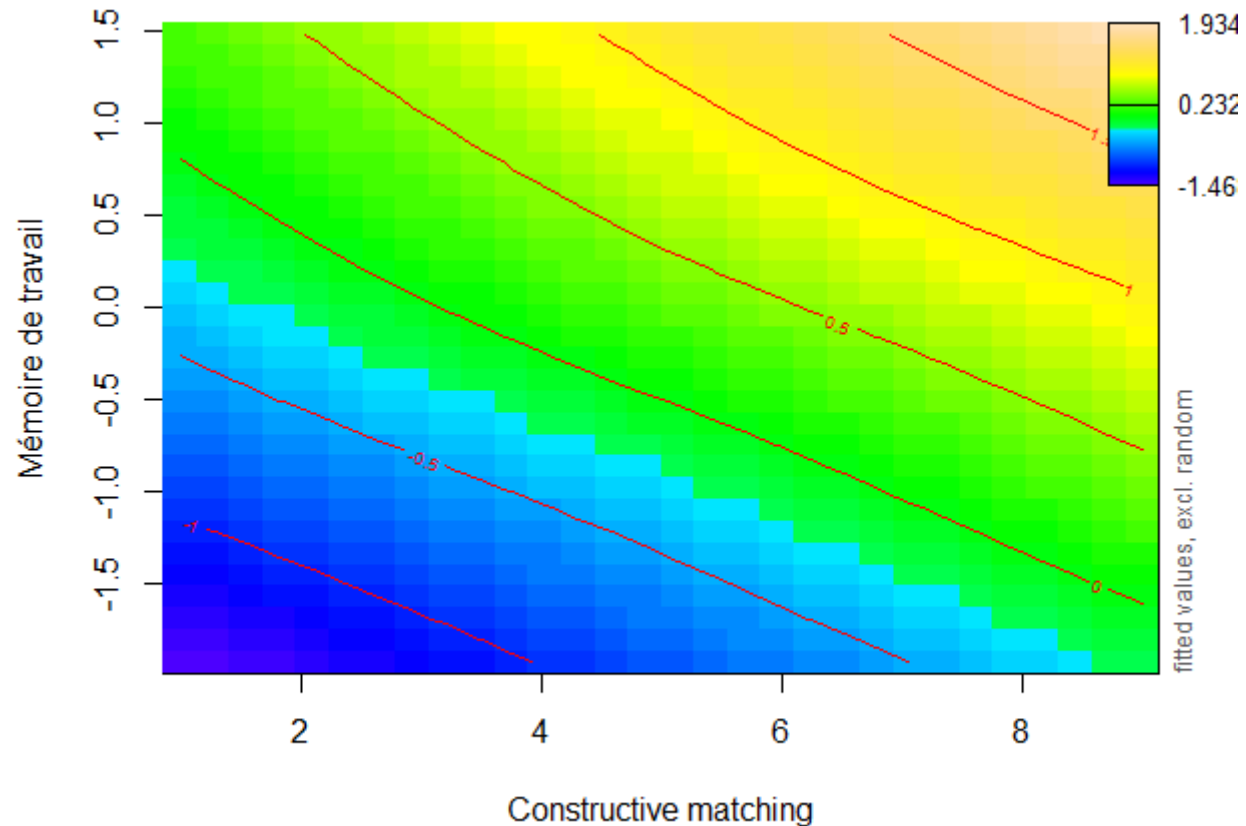
✓ 3<sup>ème</sup> paramètre : changement adaptatif de stratégies

- 4<sup>ème</sup> paramètre : efficacité d'utilisation ?

# Résultats

VI = Mémoire de travail \* Constructive matching

VD = Précision

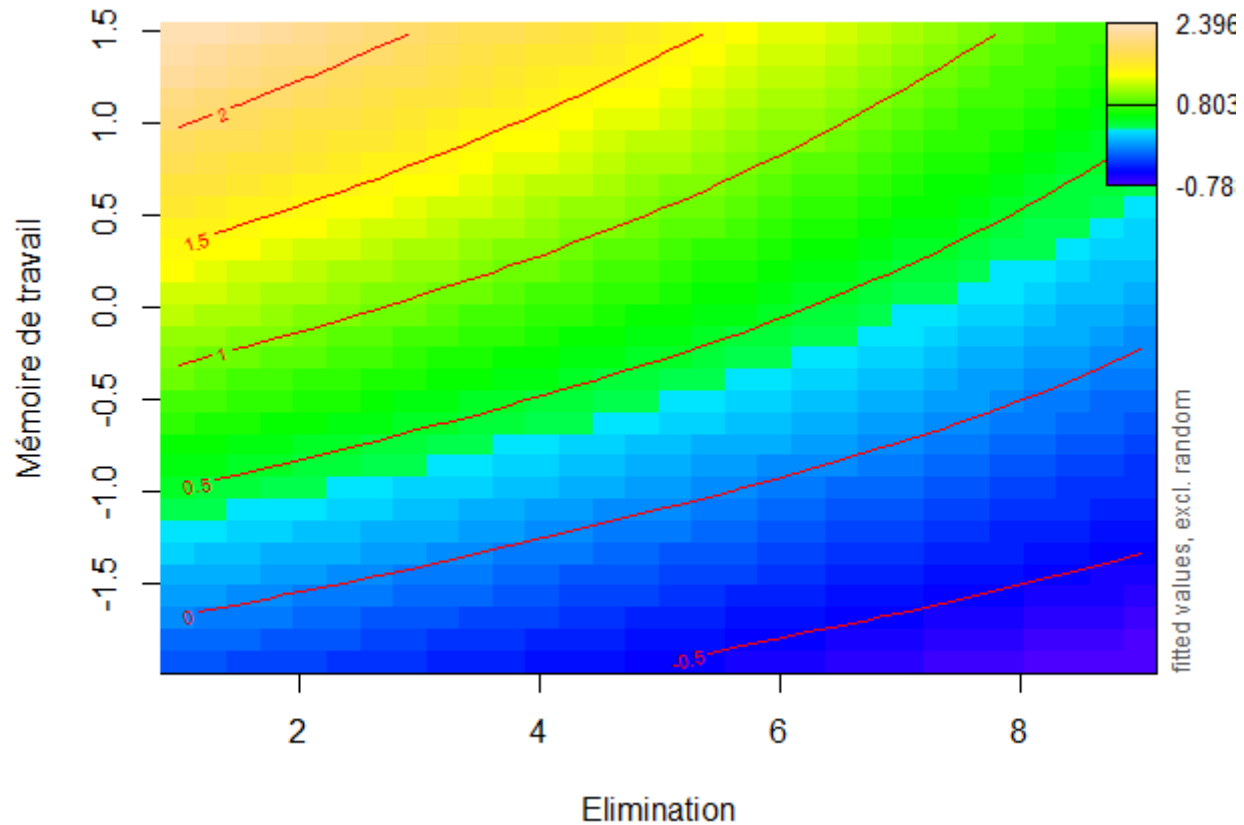


Interaction :  $p = .810$

# Résultats

VI = Mémoire de travail \* Elimination

VD = Précision



Interaction :  $p = .032$

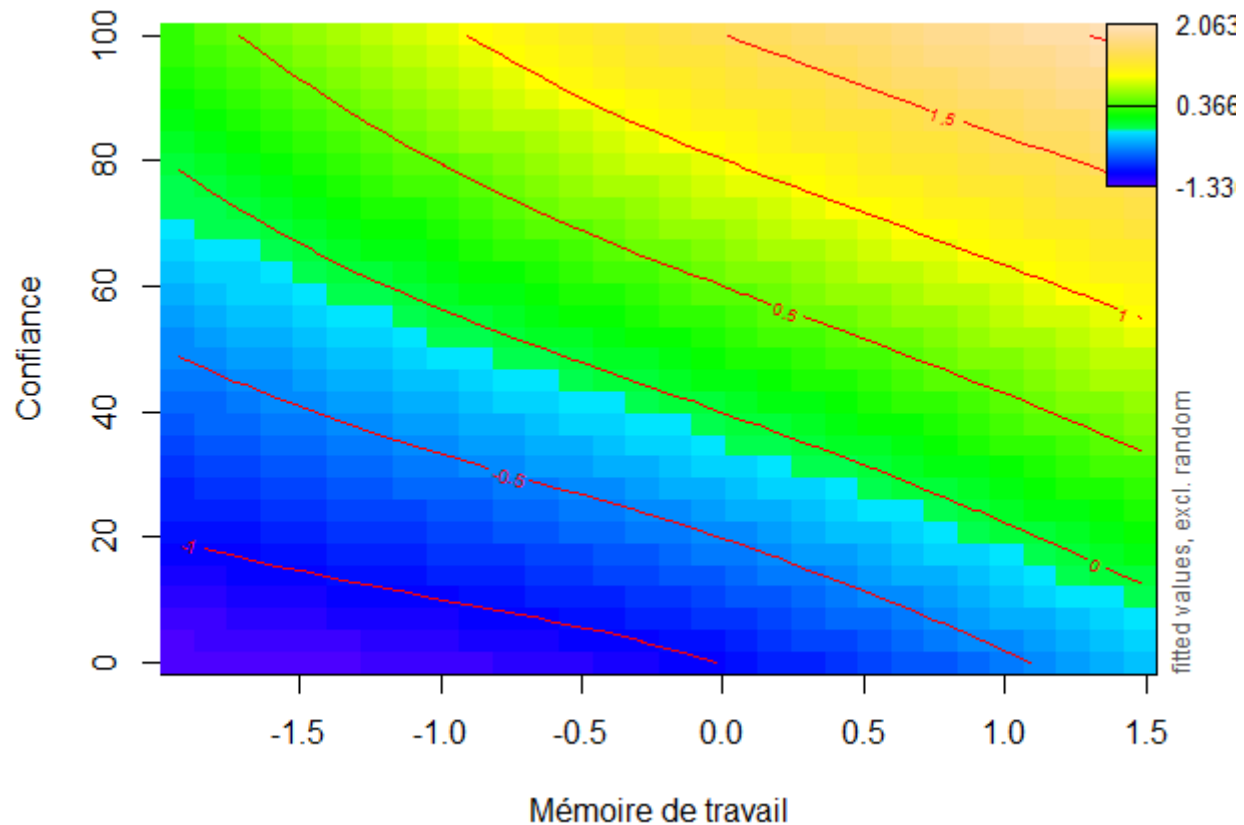
- **Question 5.** Mémoire de travail et métacognition
- ...Meilleure estimation de leur propre performance  
pour les high spans ?  
➔ Etude de la calibration



# Résultats

VI = Mémoire de travail \* Confiance

VD = Précision



Interaction :  $p = .310$

- Vos questions
- Et les miennes...

➤ Que présenter et dans quel ordre ?

- Variabilité intra de la précision ? Du temps de réponse ? De la confiance ?
- Prédiction par les deux stratégies ? Par la mémoire de travail ? Par le need for cognition ?
- Variabilité intra du fonctionnement stratégique ?
- Prédiction par la mémoire de travail ? Le need for cognition ?
- Calibration ?
- Autre chose ?

- Quels profils de variabilité intra-individuelle ?
  - Qu'en dit l'école Aixoise ?



## ➤ Quels effets aléatoires ? Le problème de la multiconcurvité

- Précision ~  $s(\text{Item}, k=12) + s(\text{Sujet}, \text{bs}="re")$

```

      para s(ItemNumber) s(Subject)
worst      1      0.01850  1.0000000
observed   1      0.00254  0.0000213
estimate   1      0.00243  0.0051012

```

- Précision ~  $s(\text{Item}, k=12) + s(\text{Sujet}, \text{bs}="re") + s(\text{Sujet}, \text{Item}, \text{bs}="re")$

```

      para s(ItemNumber) s(Subject) s(Subject,ItemNumber)
worst      1      1.000      1.000      1.000
observed   1      0.955      0.758      0.759
estimate   1      0.737      0.760      0.760

```

- Précision ~  $s(\text{Item}, k=12) + s(\text{Sujet}, \text{Item}, \text{bs}="fs", m=1)$

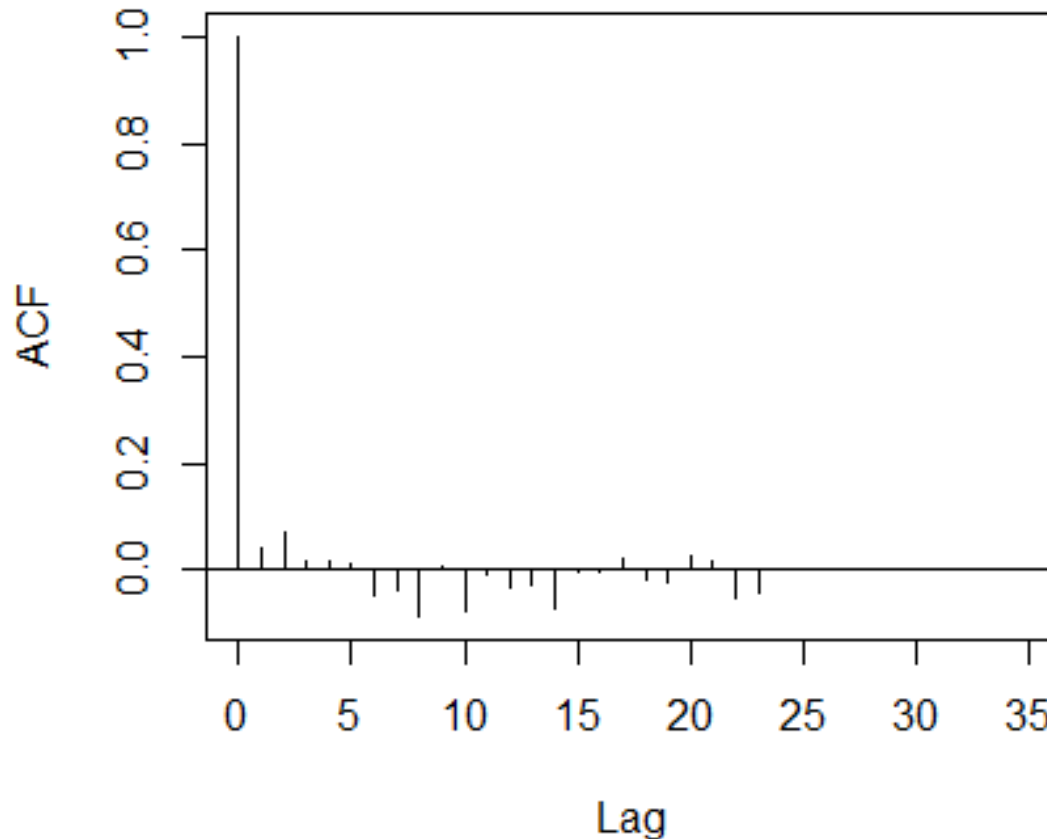
```

      para s(ItemNumber) s(Subject,ItemNumber)
worst      1      1.000      1.33e+31
observed   1      0.989      1.17e-05
estimate   1      0.998      5.10e-03

```

➤ Quels effets aléatoires ? Le problème de la multiconcurvité

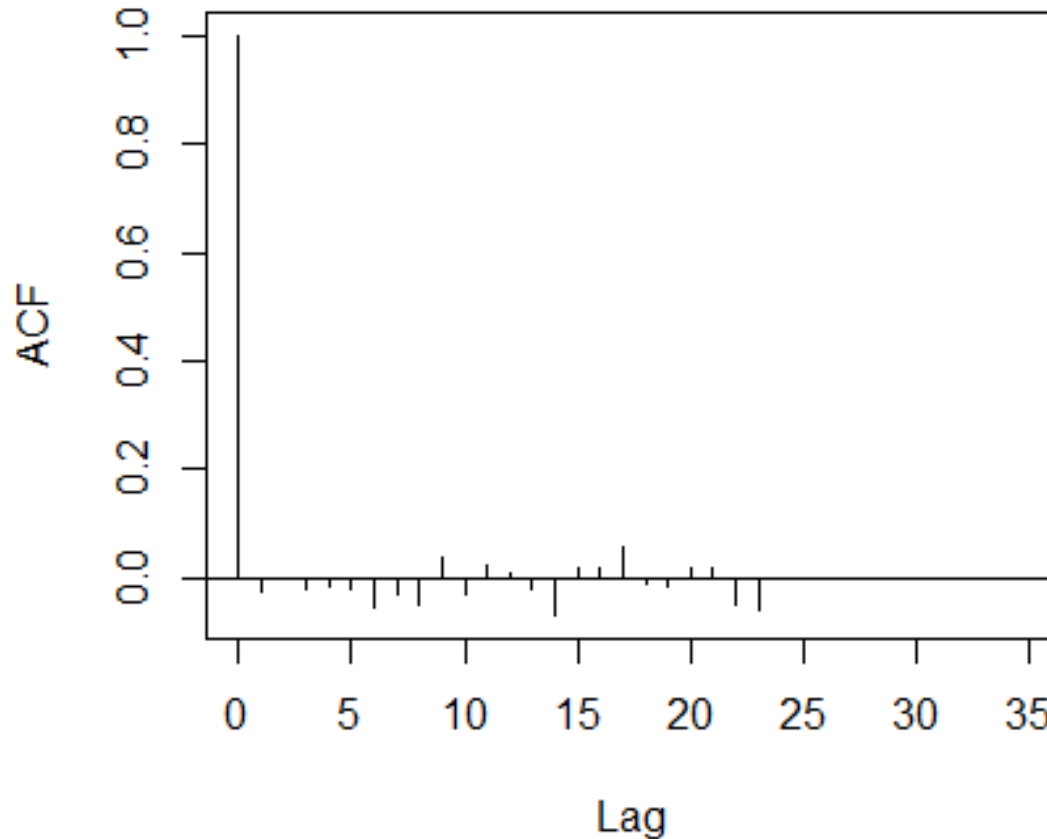
- Précision  $\sim s(\text{Item}, k=12) + s(\text{Sujet}, \text{bs}=\text{"re"})$



**Déviante expliquée : 51.1%**

## ➤ Quels effets aléatoires ? Le problème de la multiconcurvité

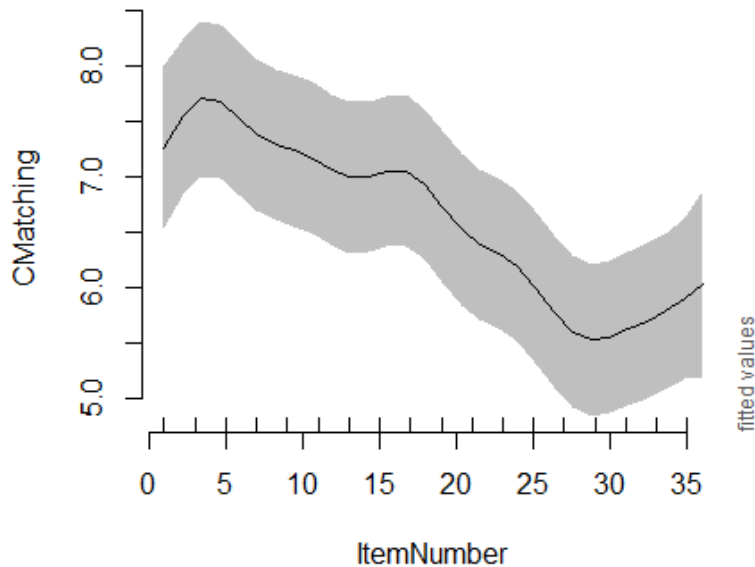
- Précision  $\sim$   $s(\text{Item}, k=12) + s(\text{Sujet}, \text{bs}=\text{"re"}) + s(\text{Sujet}, \text{Item}, \text{bs}=\text{"re"})$



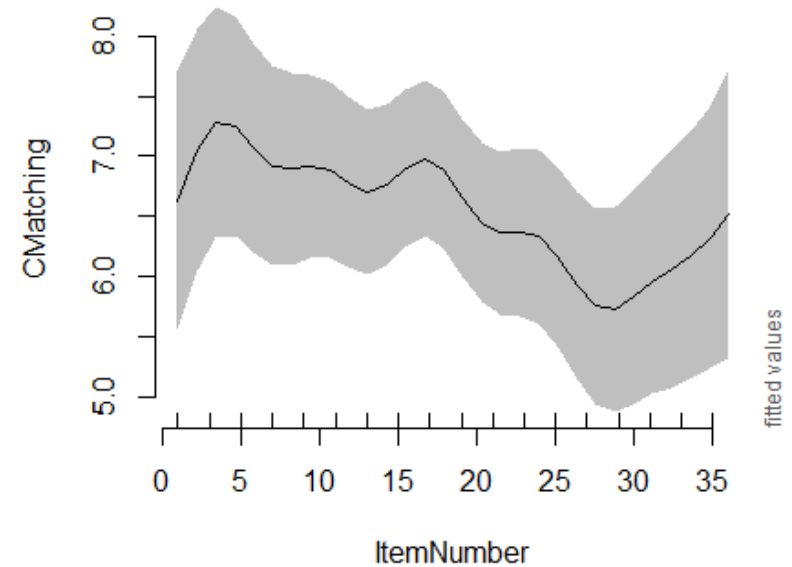
**Déviante expliquée : 59.1%**

## ➤ Quels effets aléatoires ? Le problème de la multiconcurvité

- + s(Sujet, bs="re")



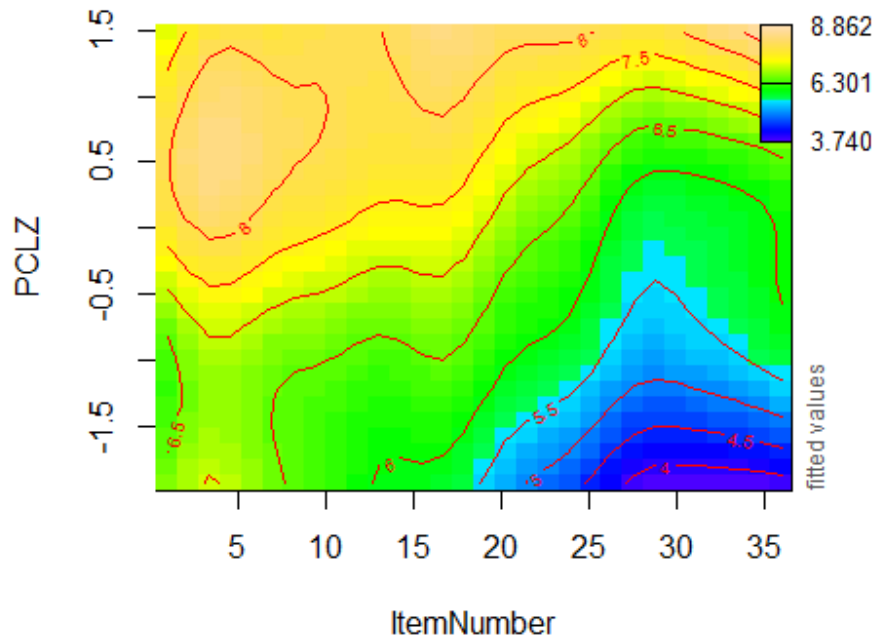
- + s(Sujet, bs="re")  
+ s(Sujet, Item, bs="re")



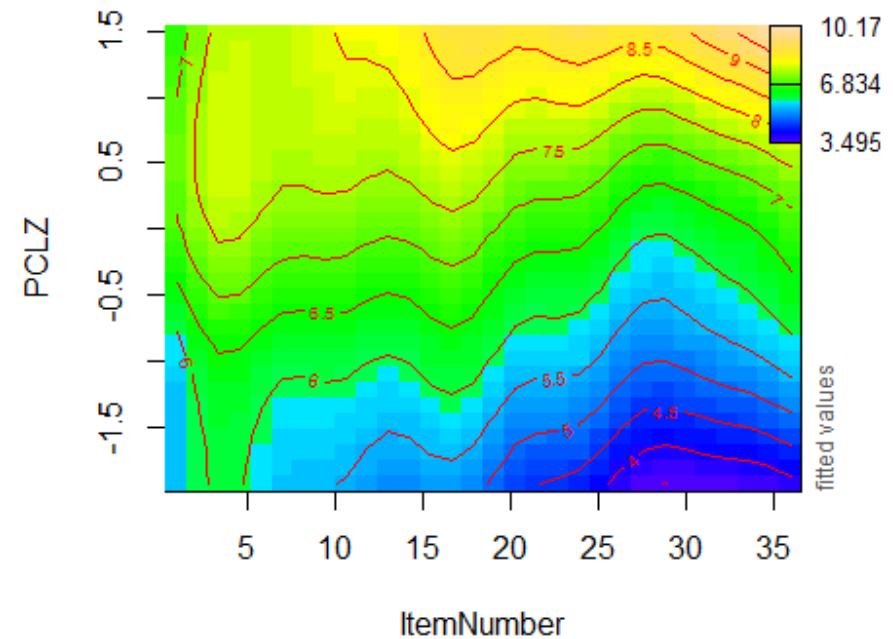


## ➤ Quels effets aléatoires ? Le problème de la multiconcurvité

- + s(Sujet, bs="re")



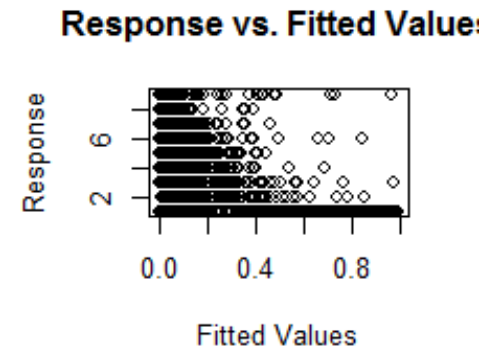
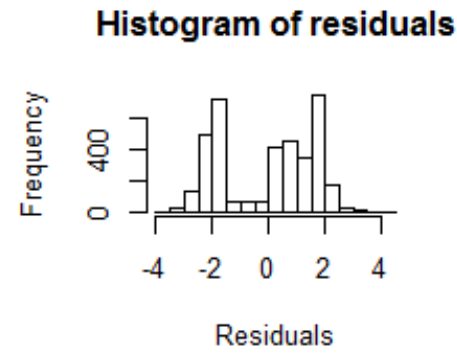
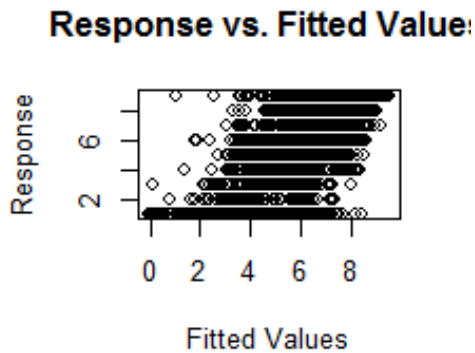
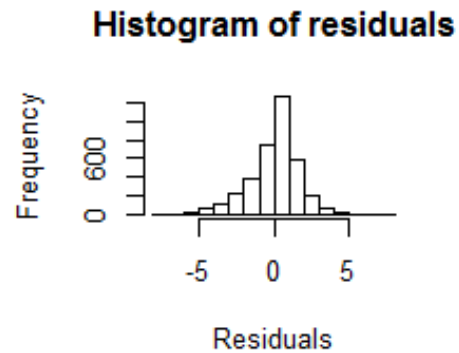
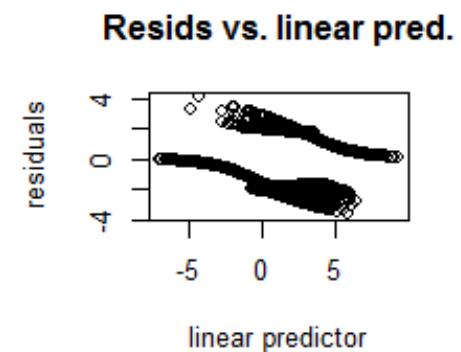
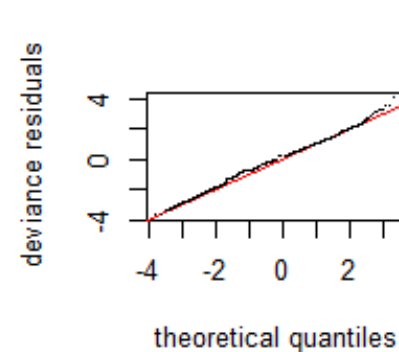
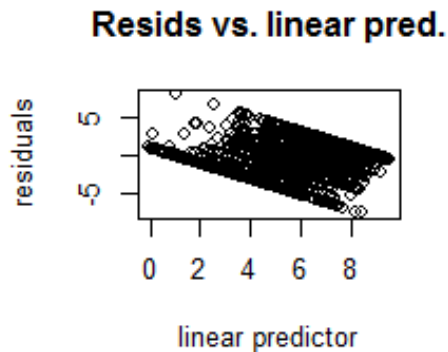
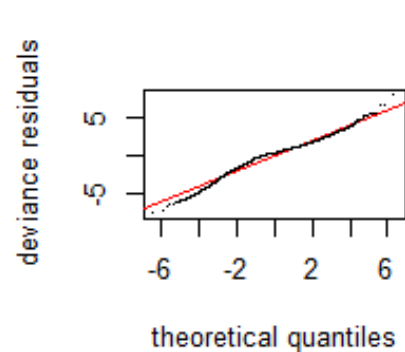
- + s(Sujet, bs="re")  
+ s(Sujet, Item, bs="re")



## ➤ Quelle distribution pour les différentes VD ?

- Gaussienne

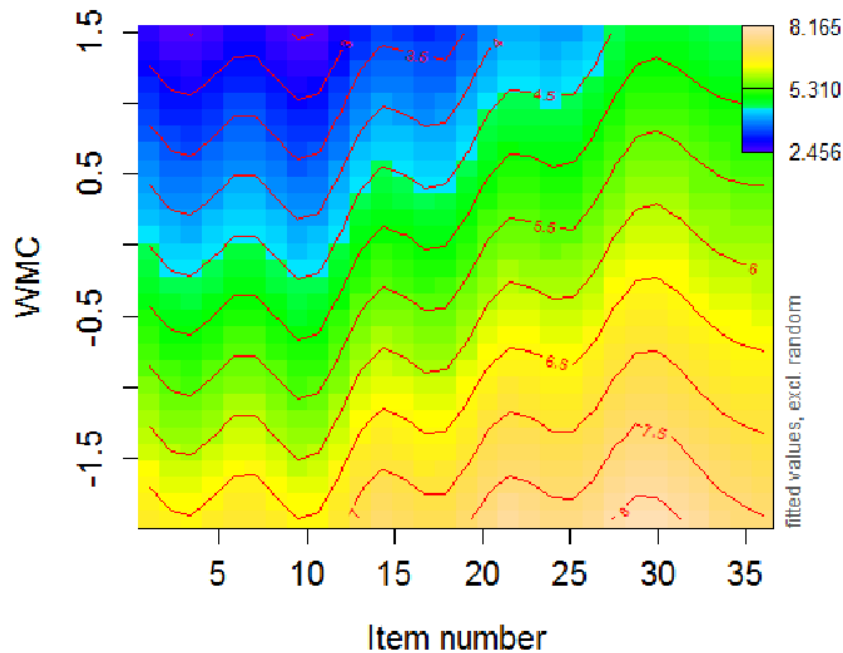
- Ordered categorical



➤ Différences d'ajustement en fonction du codage des VI

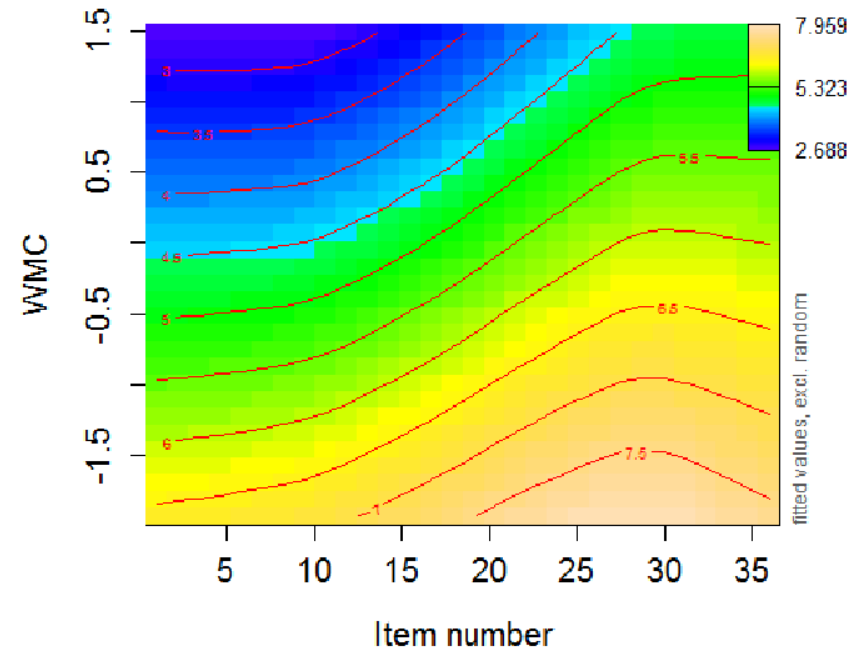
`as.factor(Condition)`

Condition Impair :



`as.factor(Condition, ordered=T)`

Condition Impair :





*That's all Folks!*