

Modélisation GAMM

de la variabilité intra-individuelle

des comportements stratégiques

sur les matrices de Raven



Corentin Gonthier

corentin.gonthier@univ-rennes2.fr



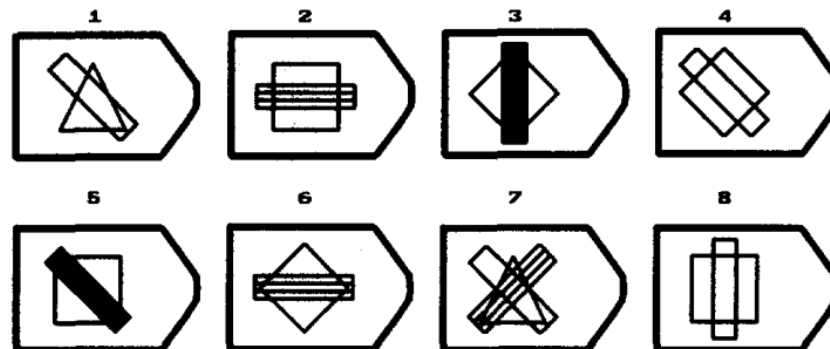
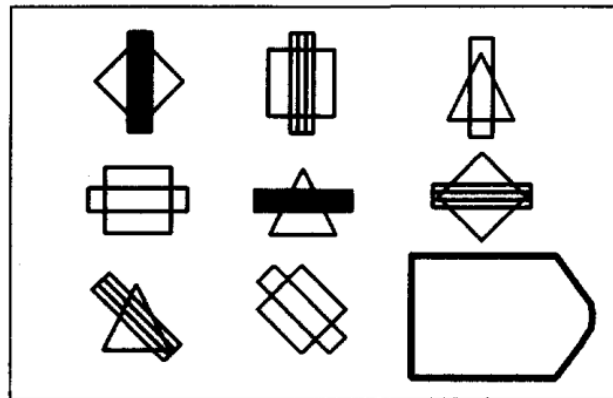
"Oups ! J'ai raté le train des GAMM !"

Plan

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

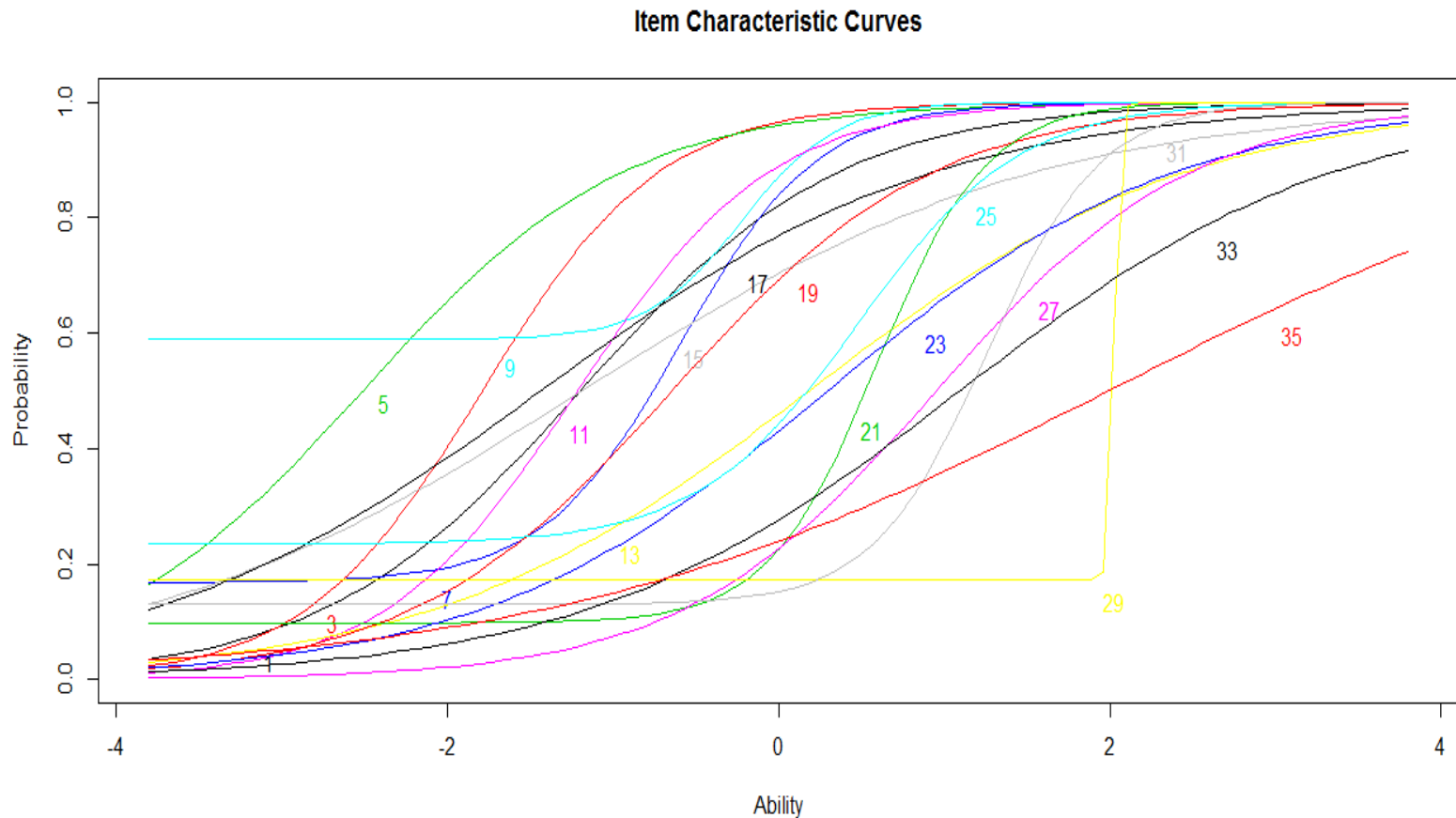
1. Variabilité intra-individuelle

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



1. Variabilité intra-individuelle

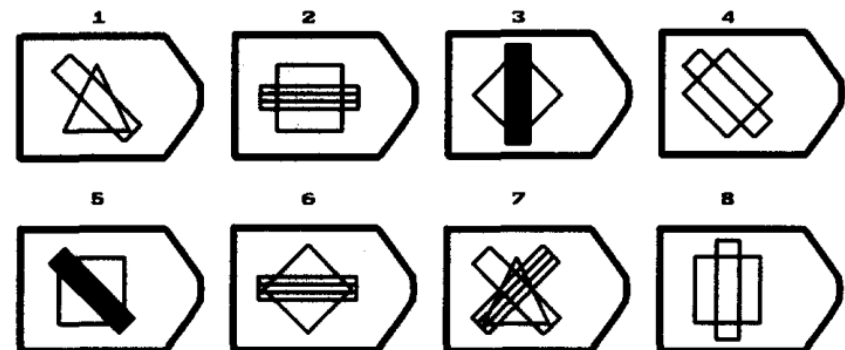
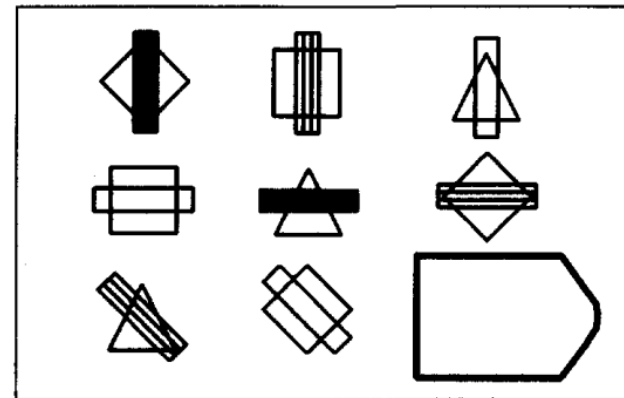
- La difficulté croissante implique une variabilité intra-individuelle...



1. Variabilité intra-individuelle

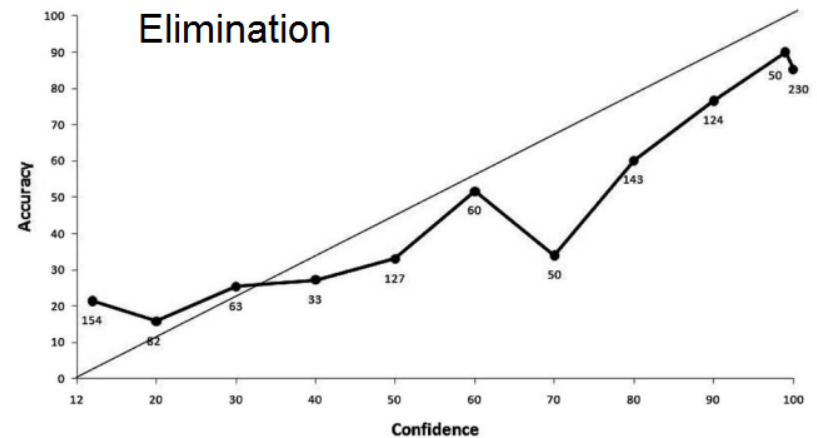
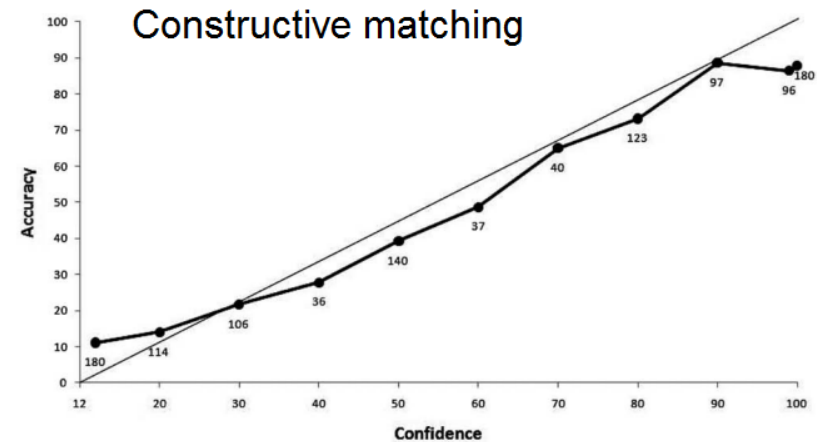
➤ Deux stratégies possibles :

- 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

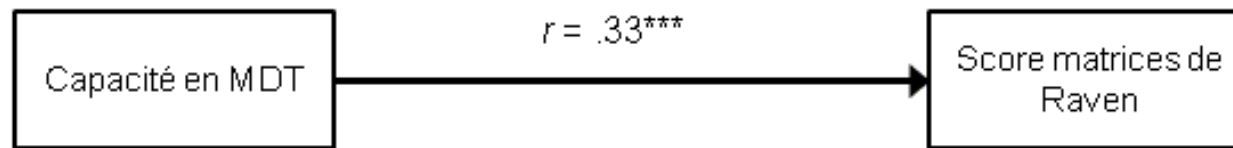
- Quatre aspects de la variabilité stratégique :
 1. Quelles stratégies je connais ?
 2. Avec quelle fréquence je les utilise ?
 3. Comment j'adapte mes stratégies à la situation ?
 4. Avec quelle efficacité je les utilise ?

(Lemaire & Siegler, 1995)

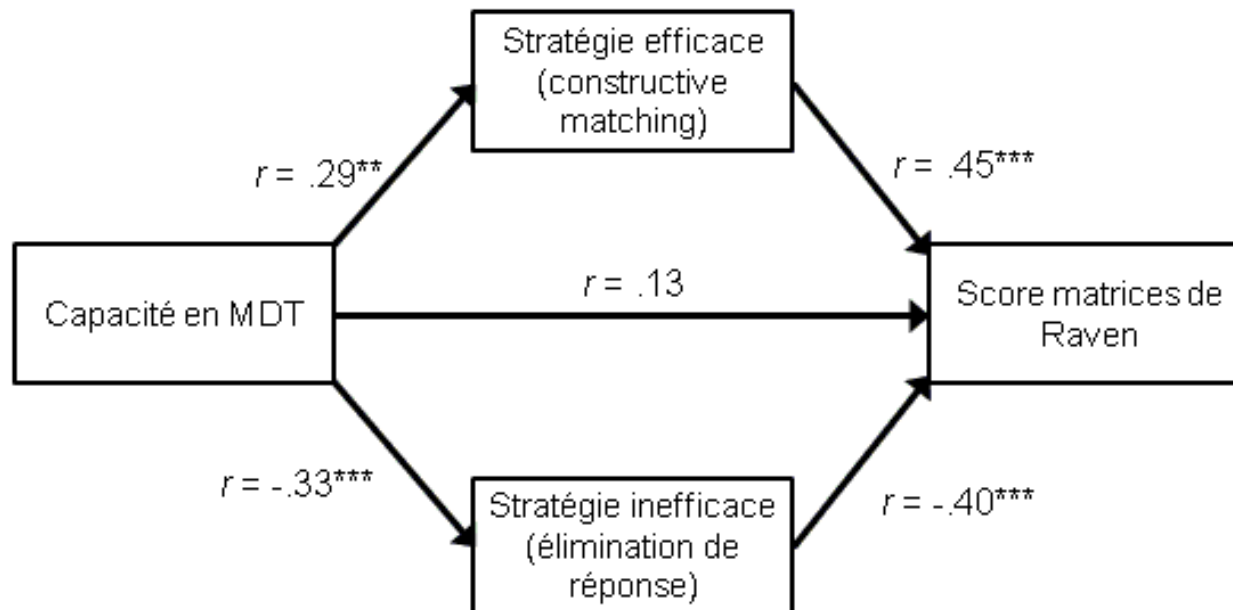
1. Variabilité intra-individuelle

➤ Variation inter-individuelle des stratégies

A



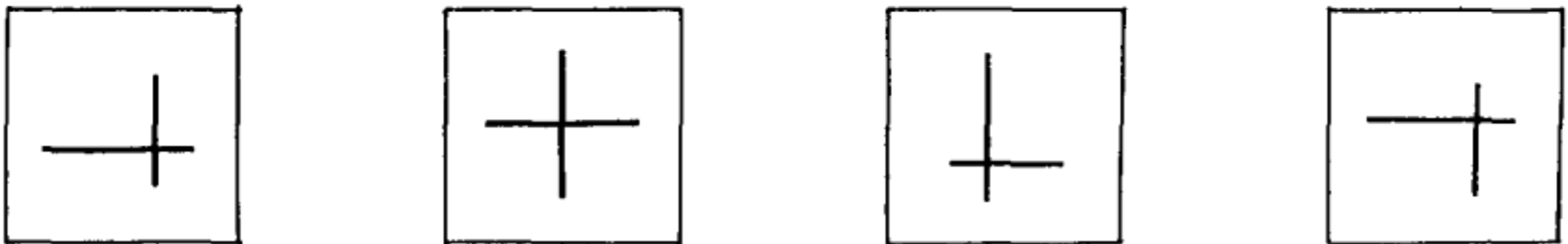
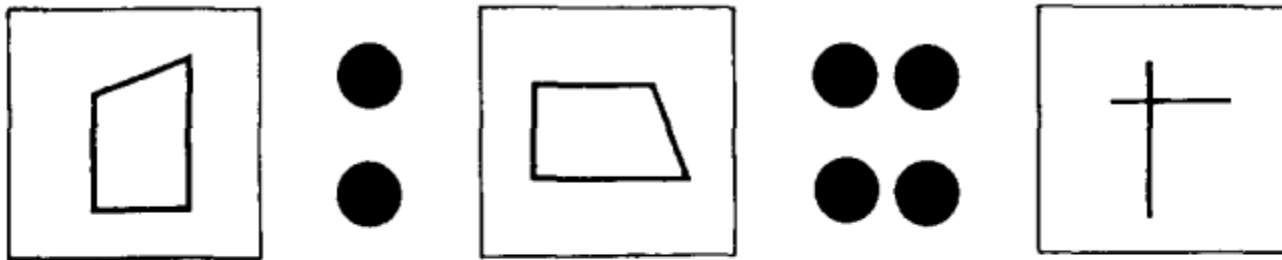
B



(Gonthier & Thomassin, 2015)

1. Variabilité intra-individuelle

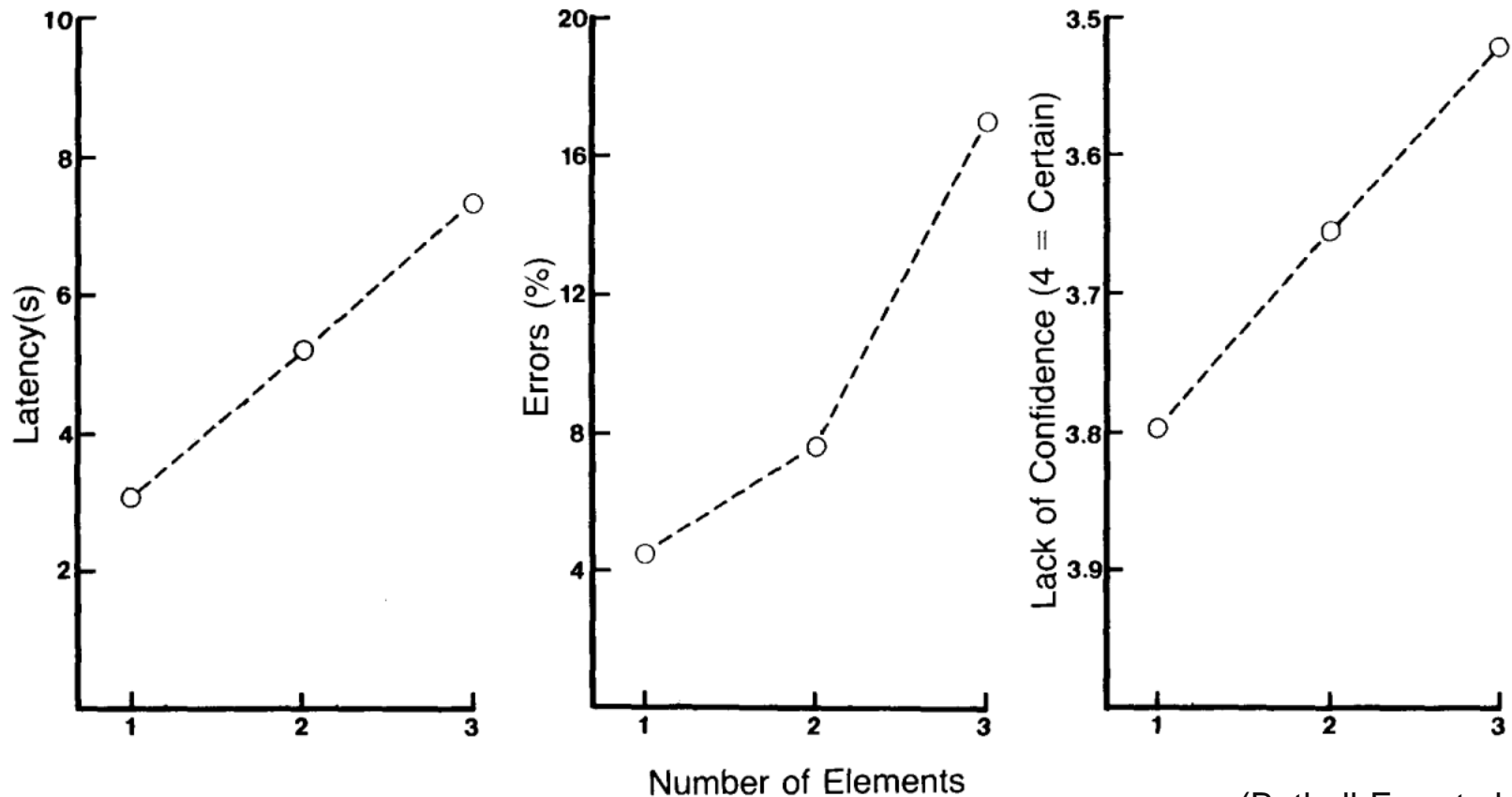
- Et la variation intra-individuelle ?
- Quelques indices sur une tâche d'analogies...



(Bethell-Fox et al., 1984)

1. Variabilité intra-individuelle

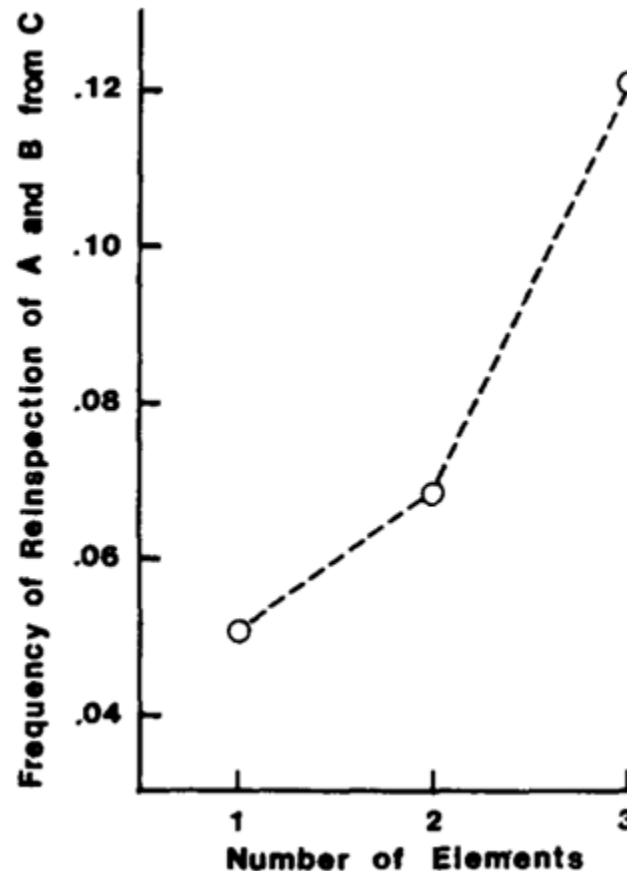
- La difficulté influence les patterns de réponse. Un indice d'un shift stratégique ?



(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

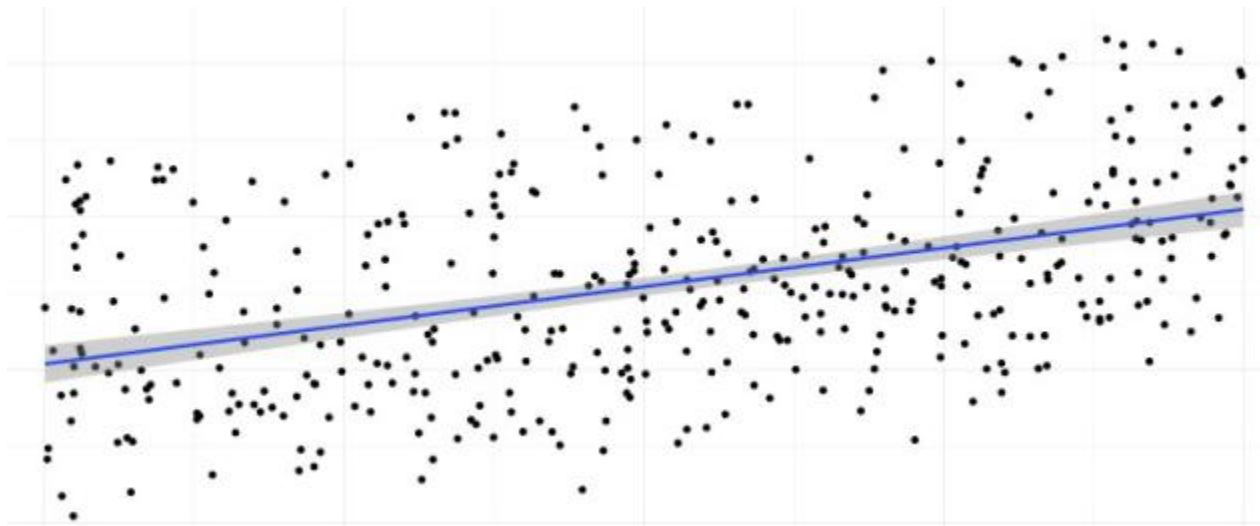
Modélisation GAMM

- 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

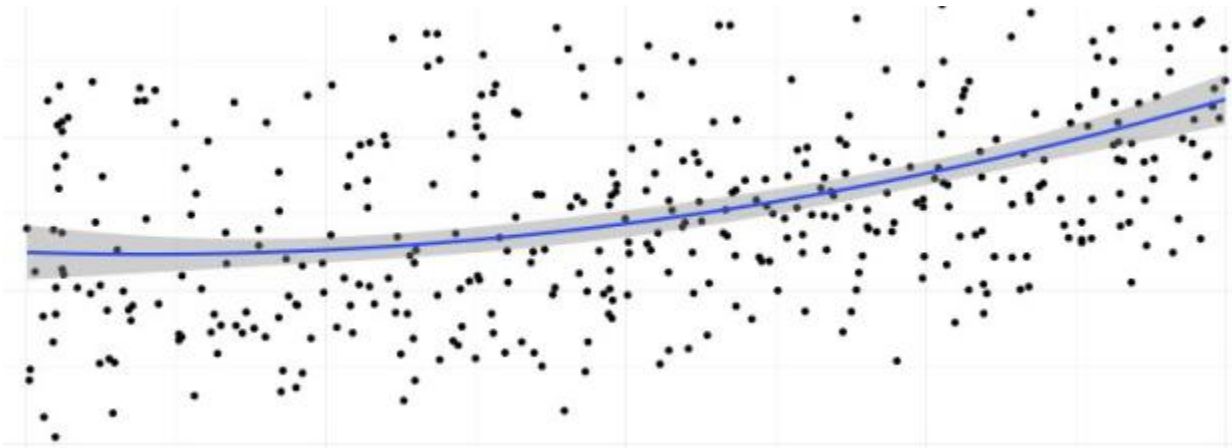
- $Y = b_0 + b_1X + e$



(Miller, 2016)

Modélisation GAMM

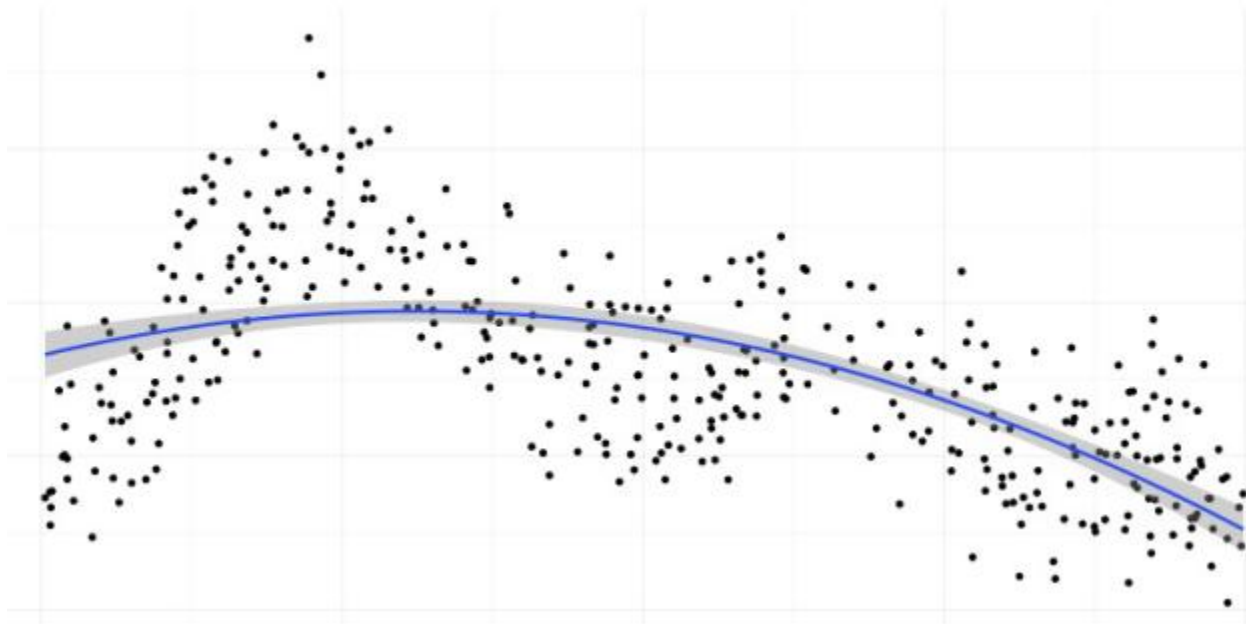
- Et s'il y a un effet non linéaire de la VI ? Possible de tricher avec des polynômes...
- $Y = b_0 + b_1(X) + b_2(X^2) + e$



(Miller, 2016)

Modélisation GAMM

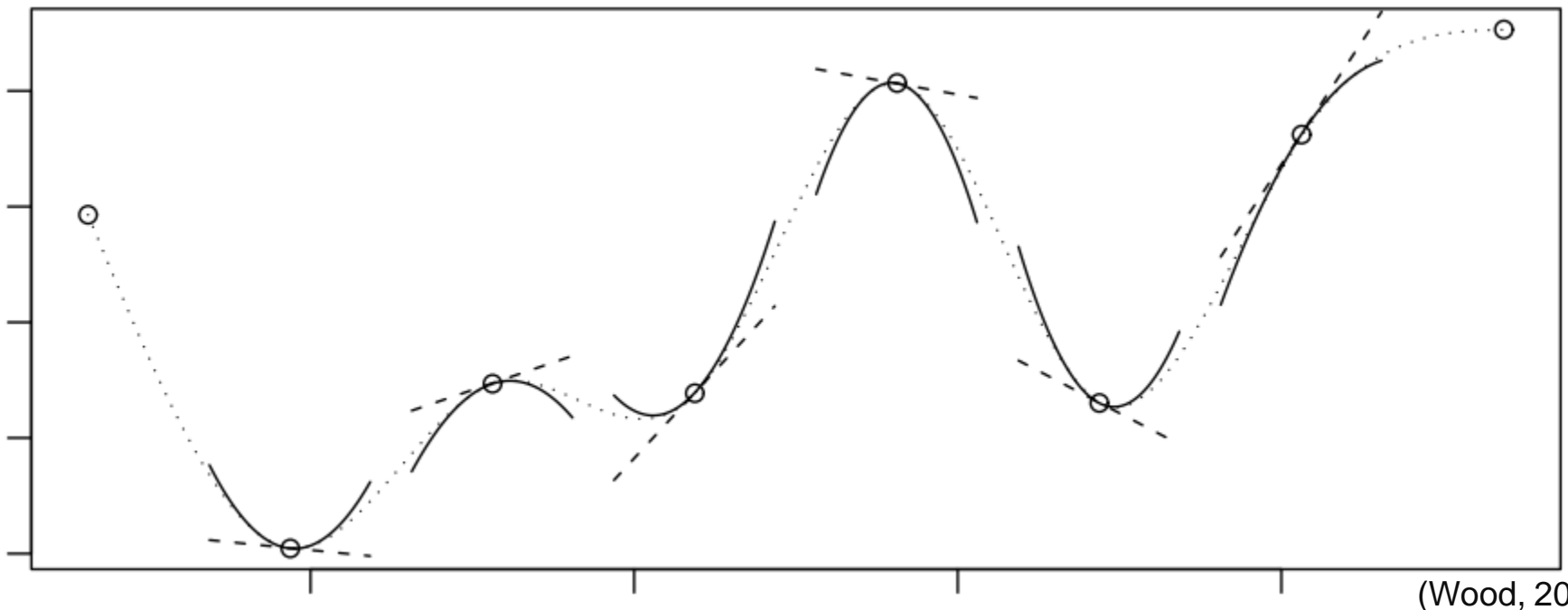
- ...mais demande de spécifier une forme générale précise
- Et maintenant ?



(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 $s(X) = b_1 f_1 X$ puis $b_2 f_2 X$ puis...

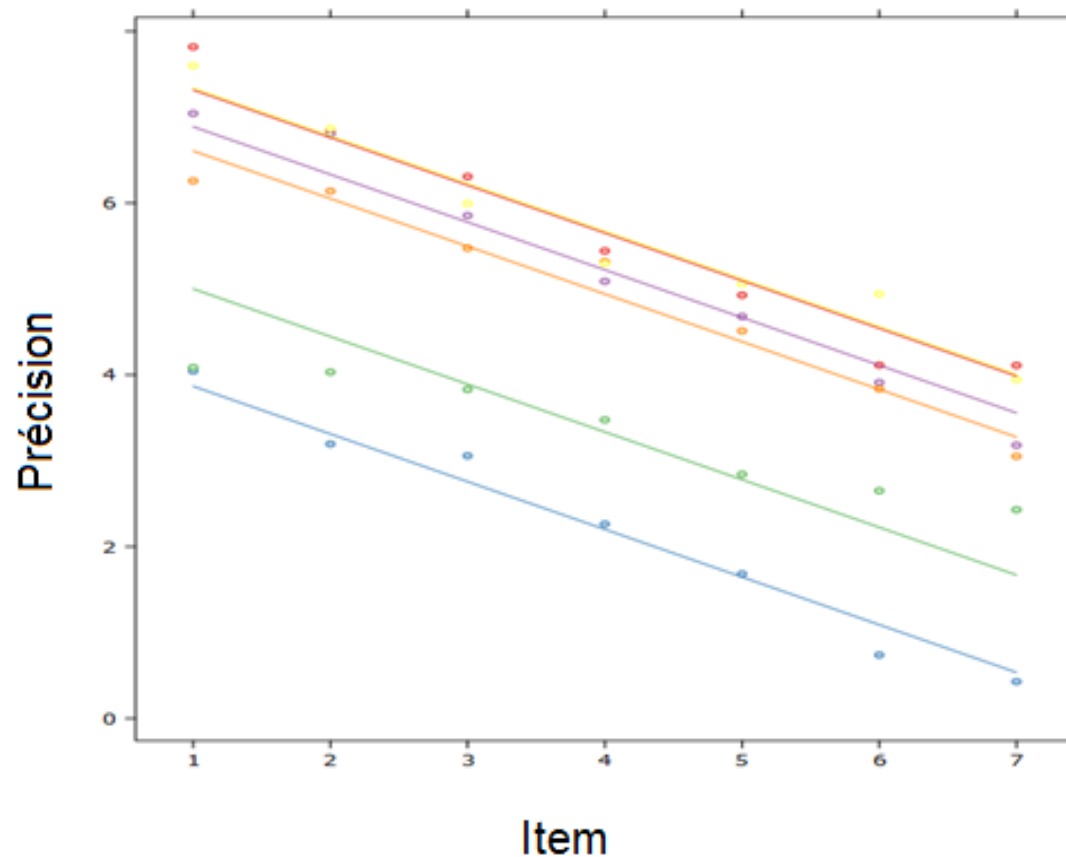


Modélisation GAMM

- 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

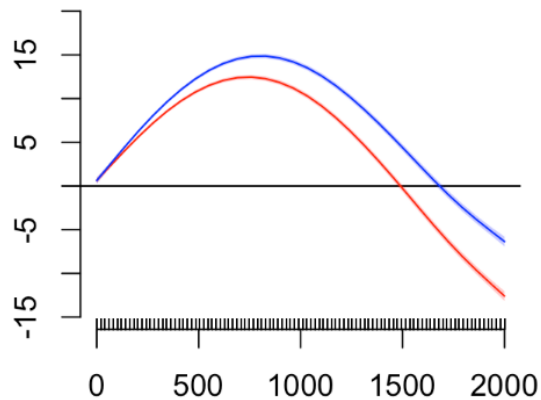
- Problème des séries temporelles : autocorrélation des résidus
- GLMM : une trajectoire par participant



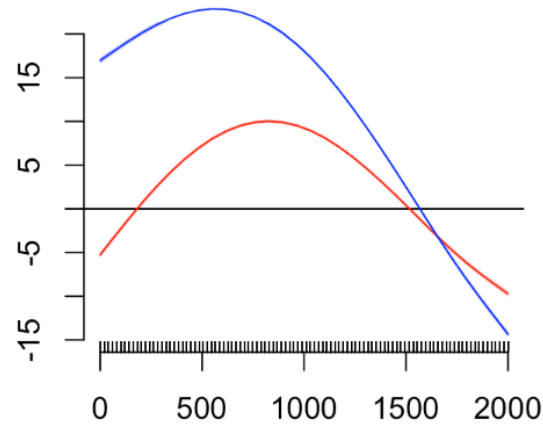
Modélisation GAMM

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

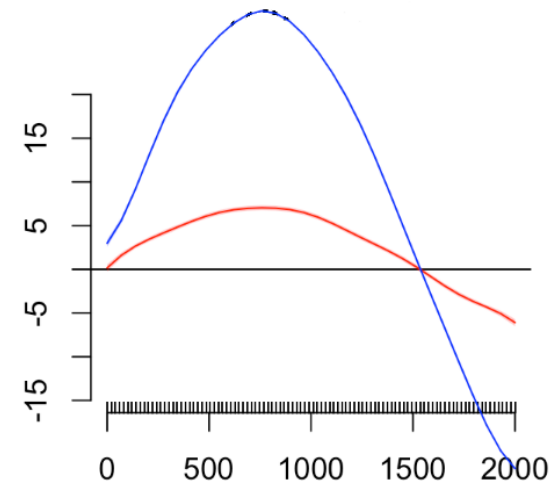
+s(Sujet, bs="re")



+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

Résultats

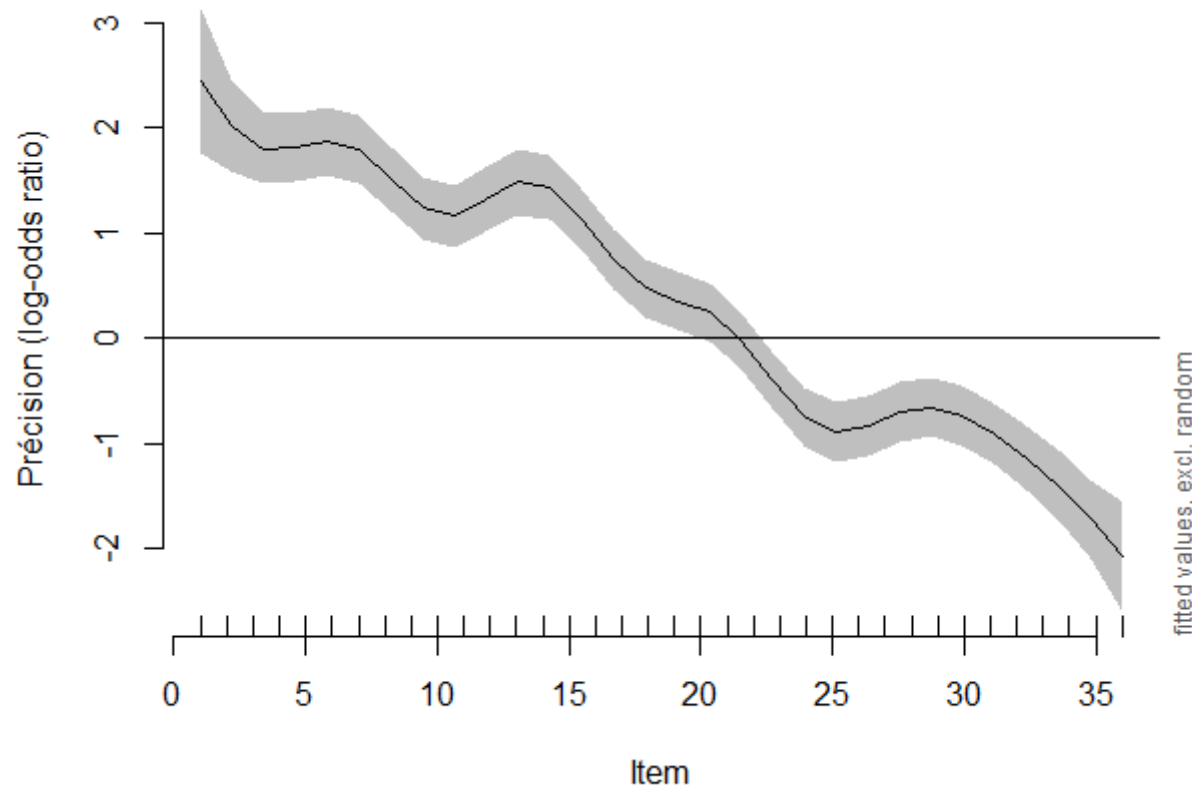
- **Question 1.** Quelle forme prend la variabilité intra-individuelle sur les matrices de Raven ?

Résultats

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

VI = Numéro d'item

VD = Précision

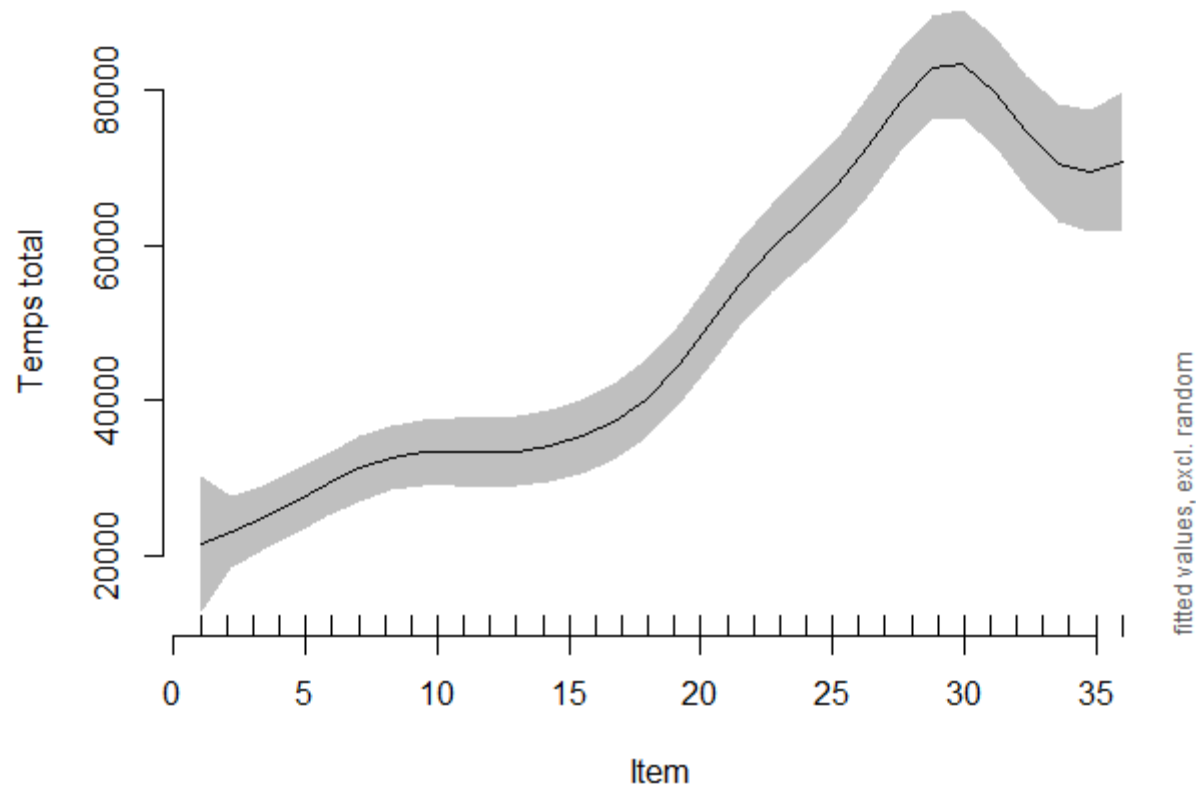


Effet item : $p < .001$, EDF = 12.53

Résultats

VI = Numéro d'item

VD = Temps de réponse

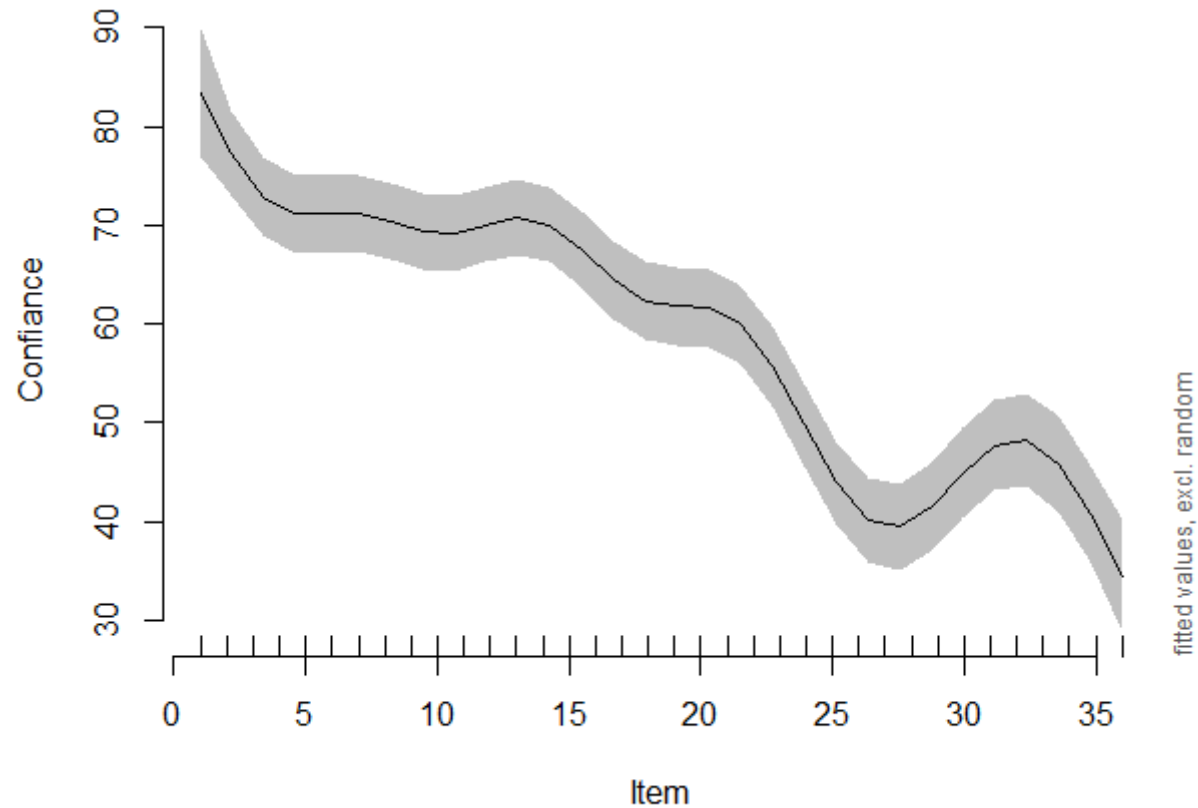


Effet : $p < .001$

Résultats

VI = Numéro d'item

VD = Confiance

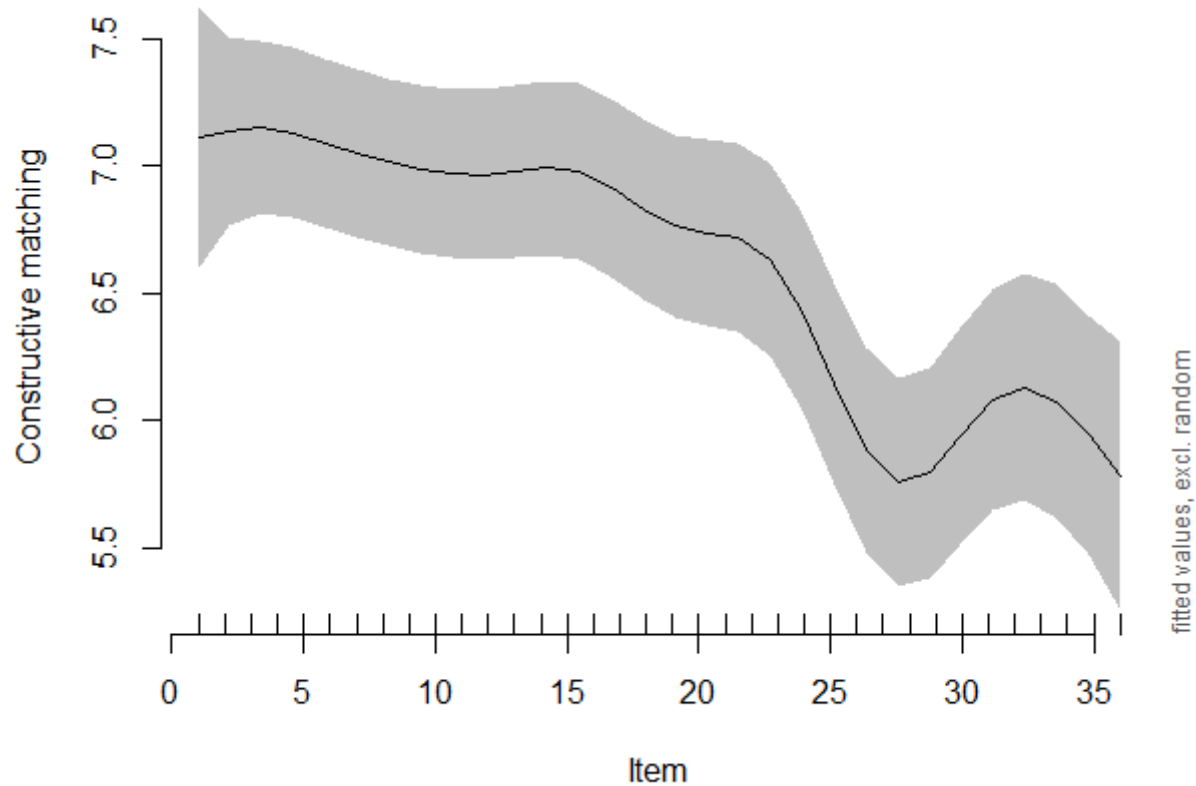


Effet : $p < .001$

Résultats

VI = Numéro d'item

VD = Constructive matching

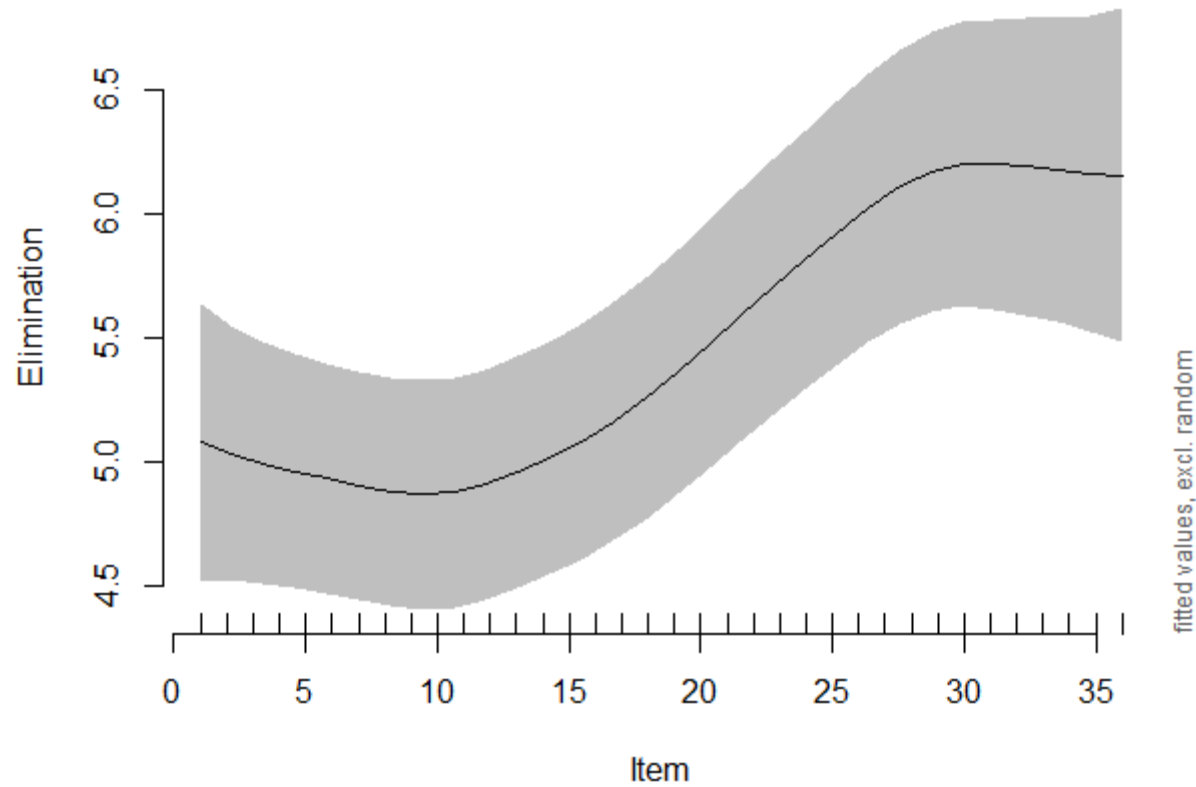


Effet : $p < .001$

Résultats

VI = Numéro d'item

VD = Elimination

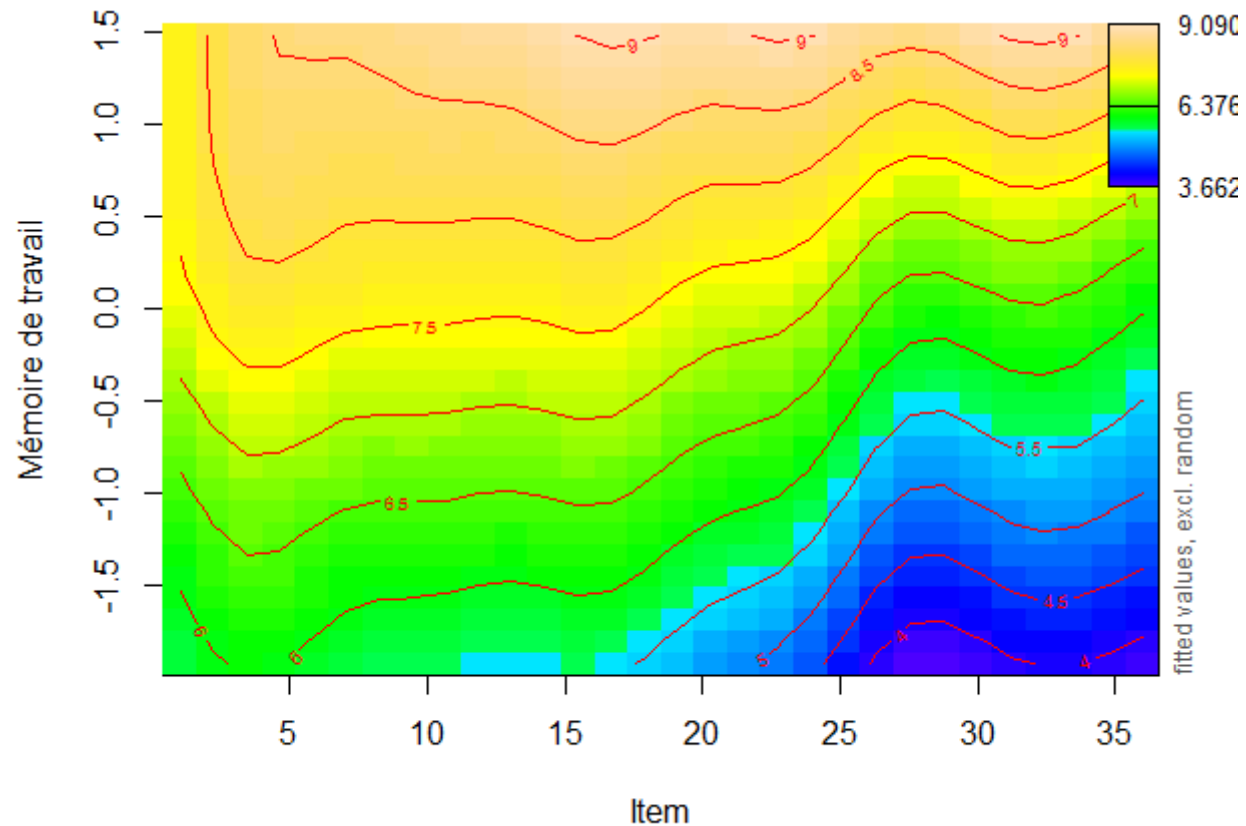


Effet : $p < .001$

- **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")

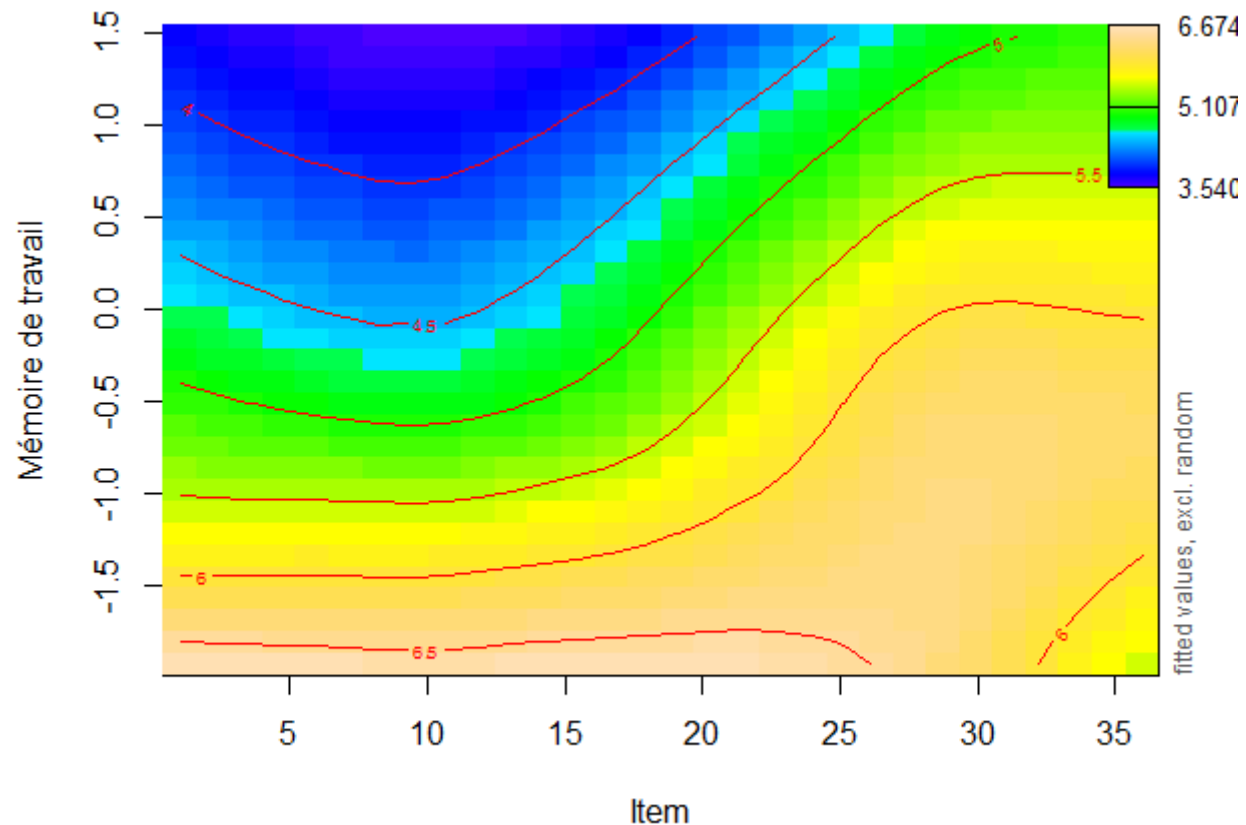


Interaction : $p = .002$

Résultats

VI = Numéro d'item * Mémoire de travail

VD = Elimination

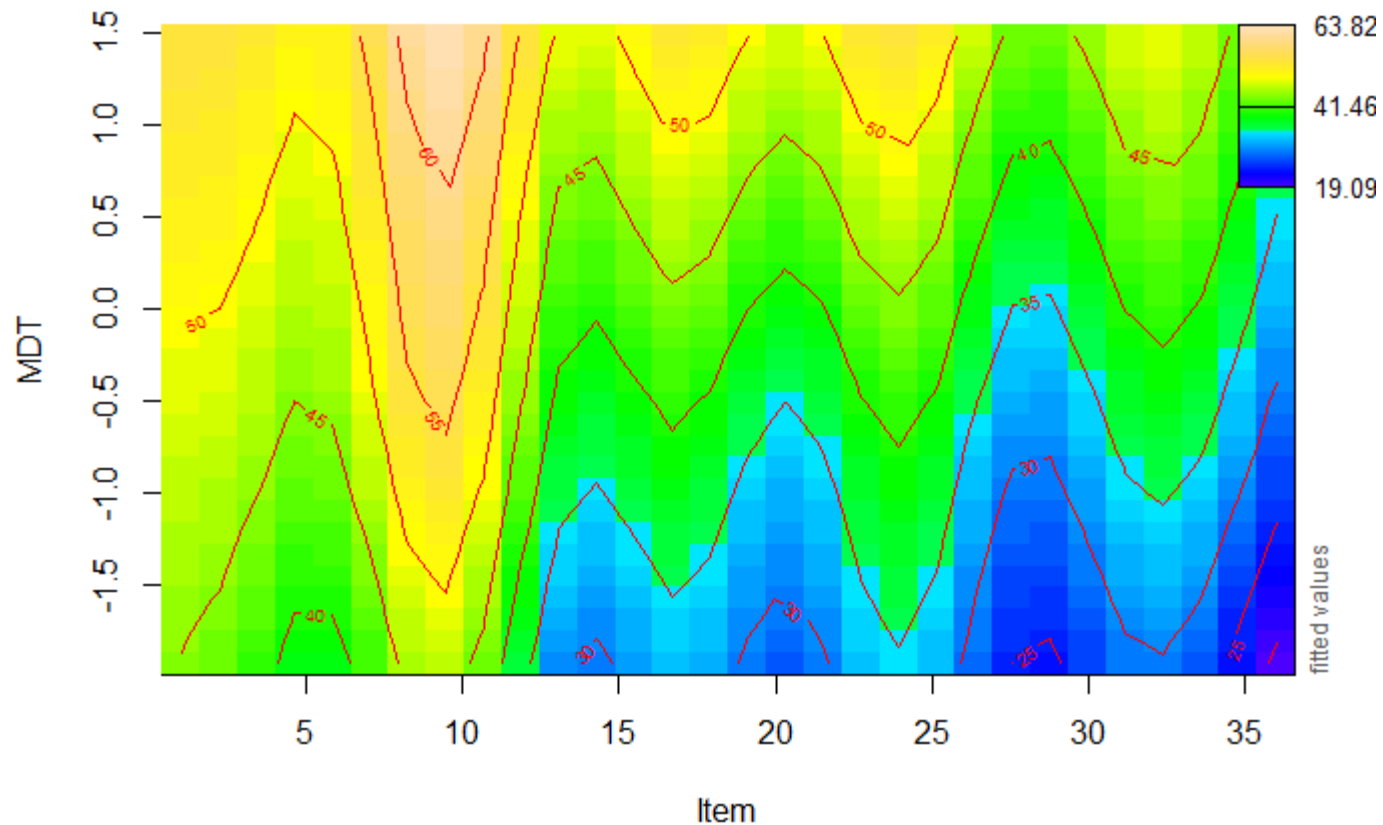


Interaction : $p = .027$

Résultats

VI = Numéro d'item * Mémoire de travail

VD = % temps sur la matrice

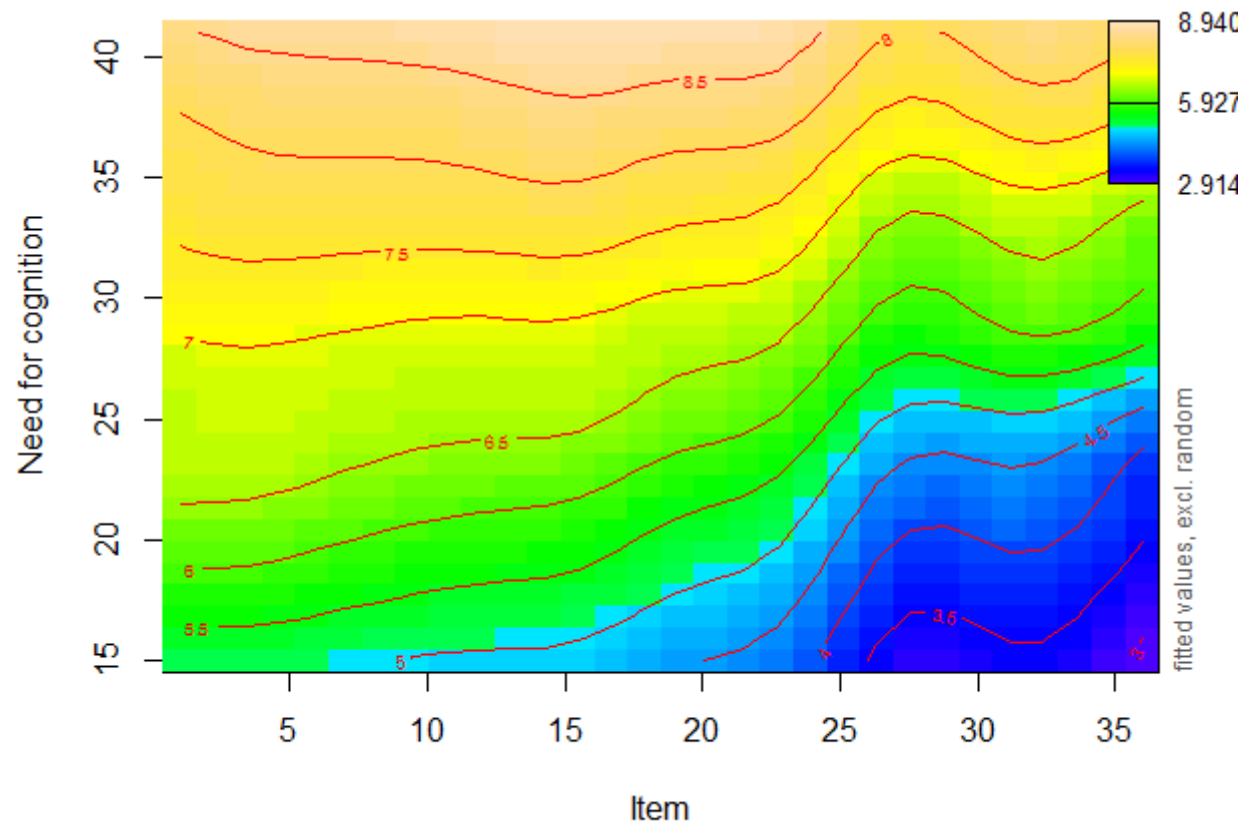


Interaction : $p = .530$

Résultats

VI = Numéro d'item * Need for cognition

VD = Constructive matching

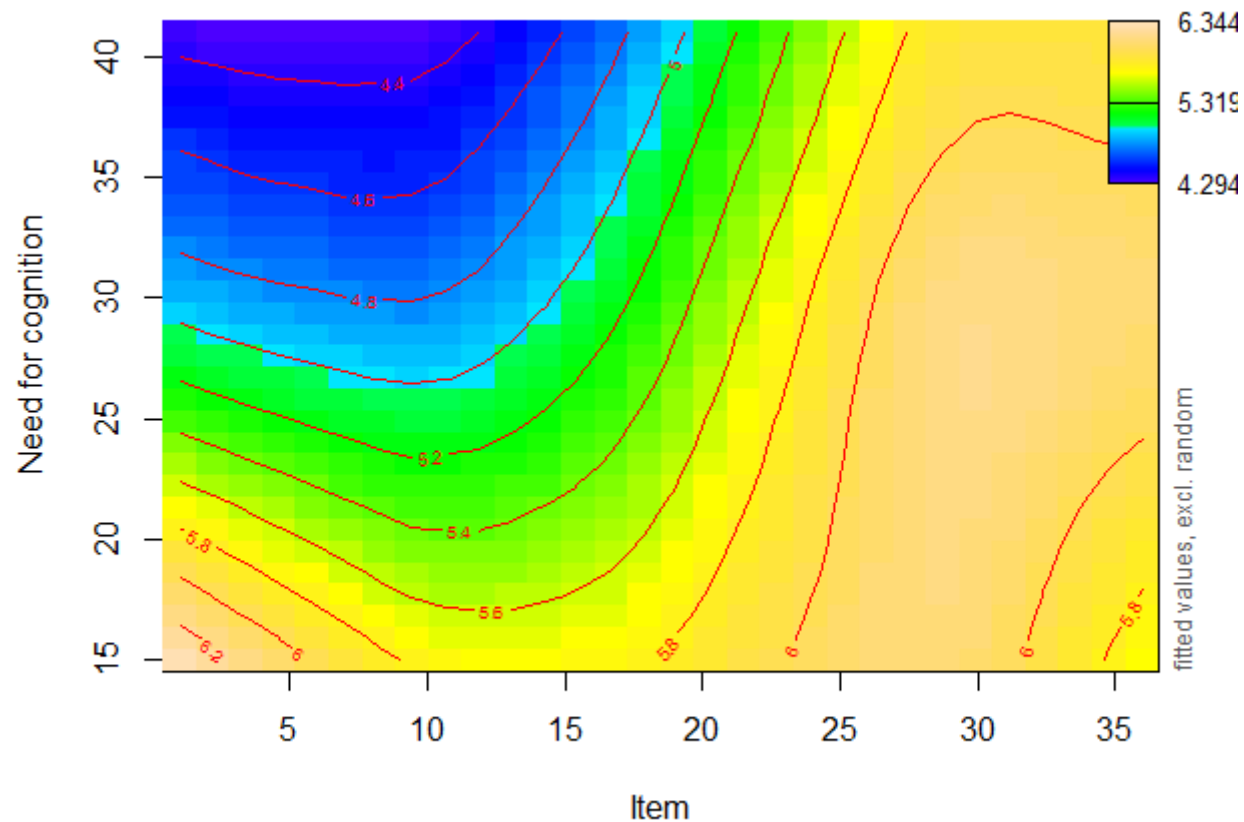


Interaction : $p < .001$

Résultats

VI = Numéro d'item * Need for cognition

VD = Elimination



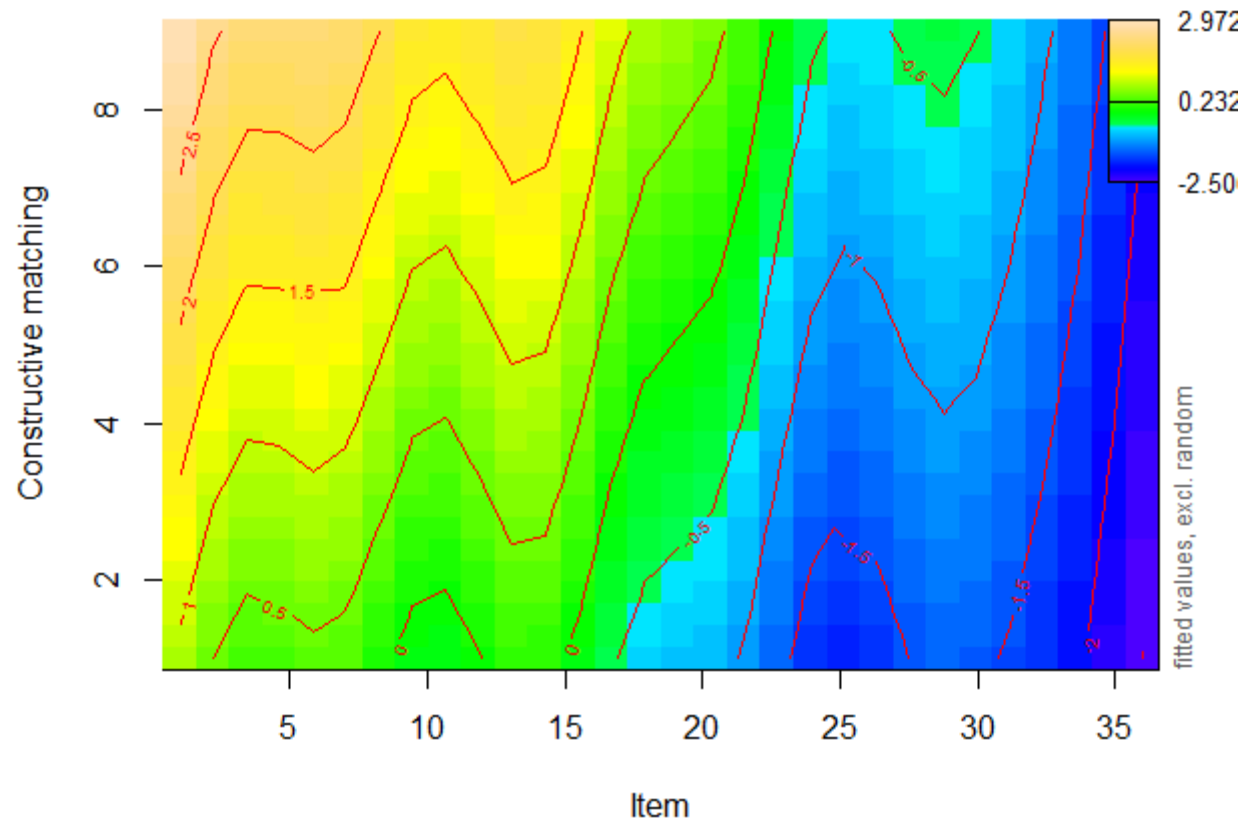
Interaction : $p = .369$

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

Résultats

VI = Numéro d'item * Constructive matching

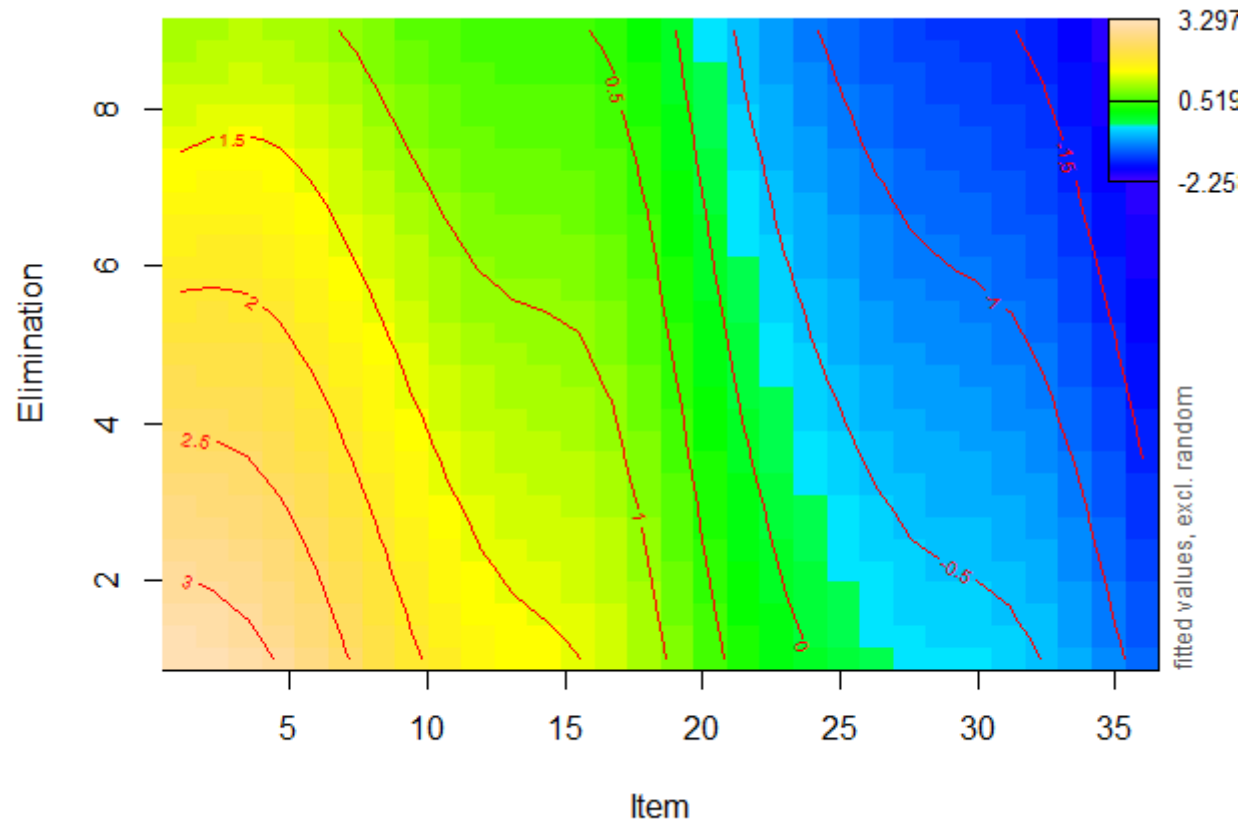
VD = Précision



Résultats

VI = Numéro d'item * Elimination

VD = Précision

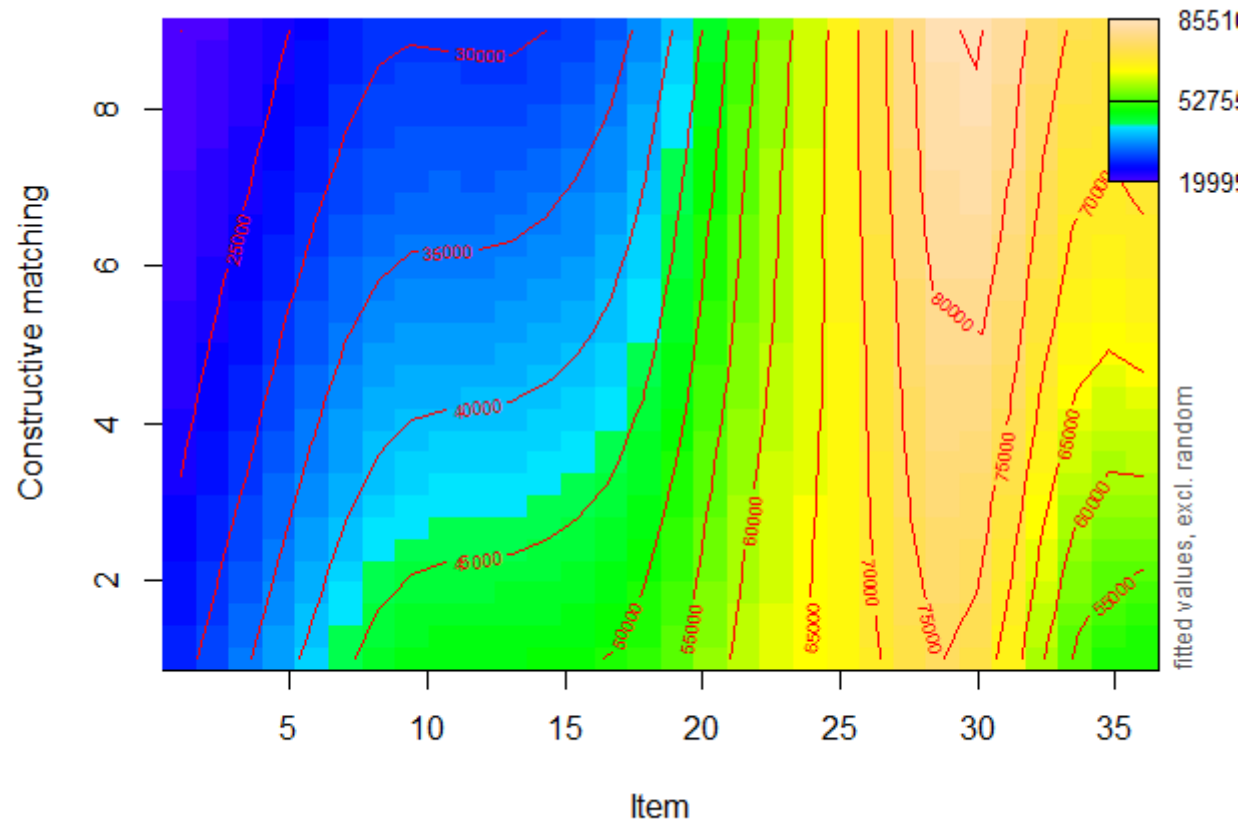


Interaction : $p = .050$

Résultats

VI = Numéro d'item * Constructive matching

VD = Temps de réponse

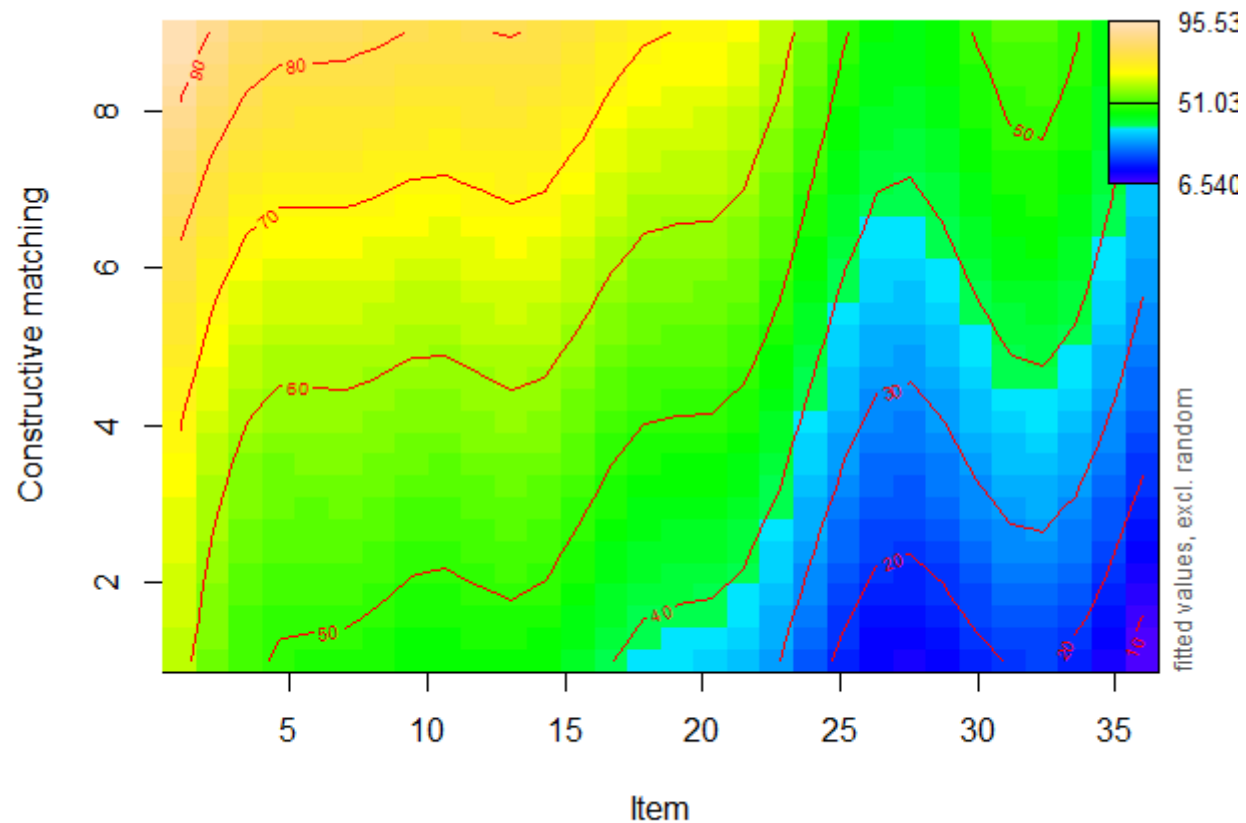


Interaction : $p < .001$

Résultats

VI = Numéro d'item * Constructive matching

VD = Confiance



Interaction : $p = .022$

Résultats

➤ Question 4. Lien entre mémoire de travail et stratégies

~~✓ 1^{er} paramètre : répertoire de stratégies~~

✓ 2nd paramètre : tendance à utiliser chaque stratégie

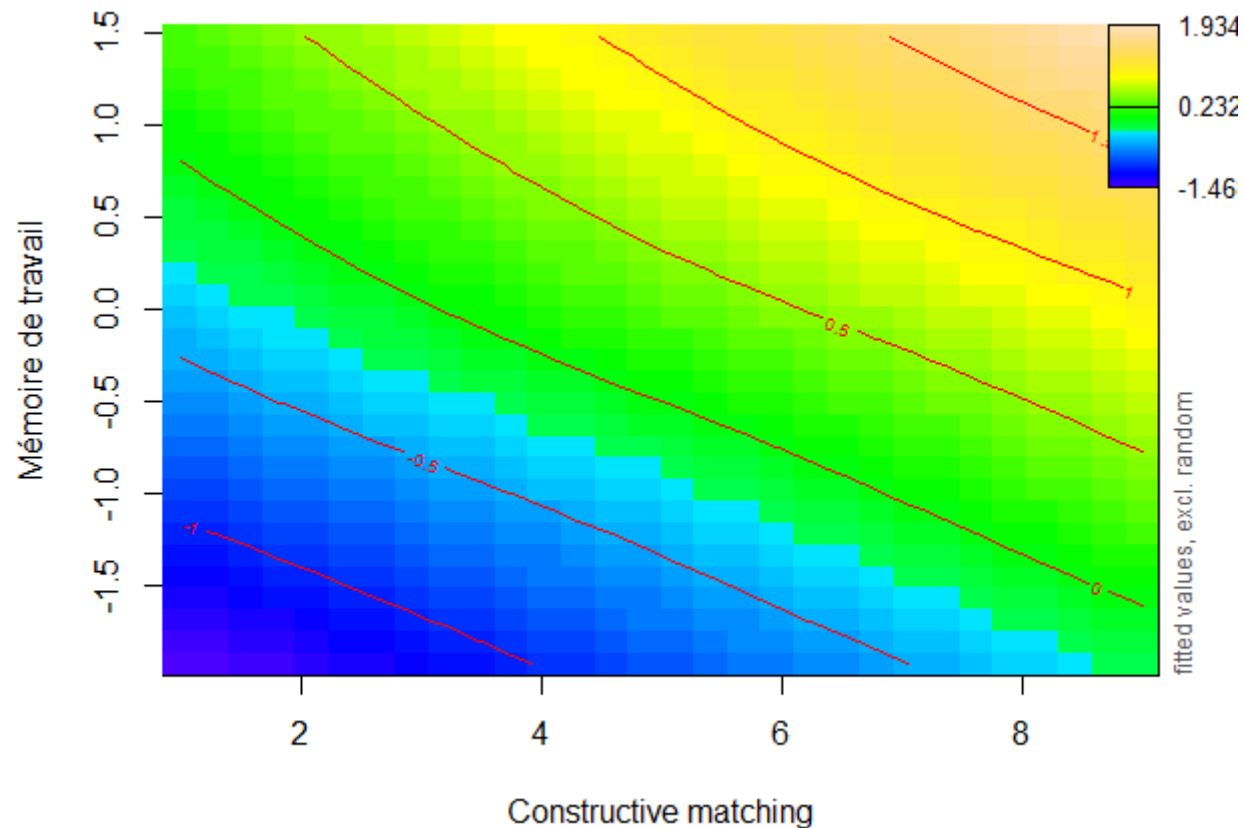
✓ 3^{ème} paramètre : changement adaptatif de stratégies

- 4^{ème} paramètre : efficacité d'utilisation ?

Résultats

VI = Mémoire de travail * Constructive matching

VD = Précision

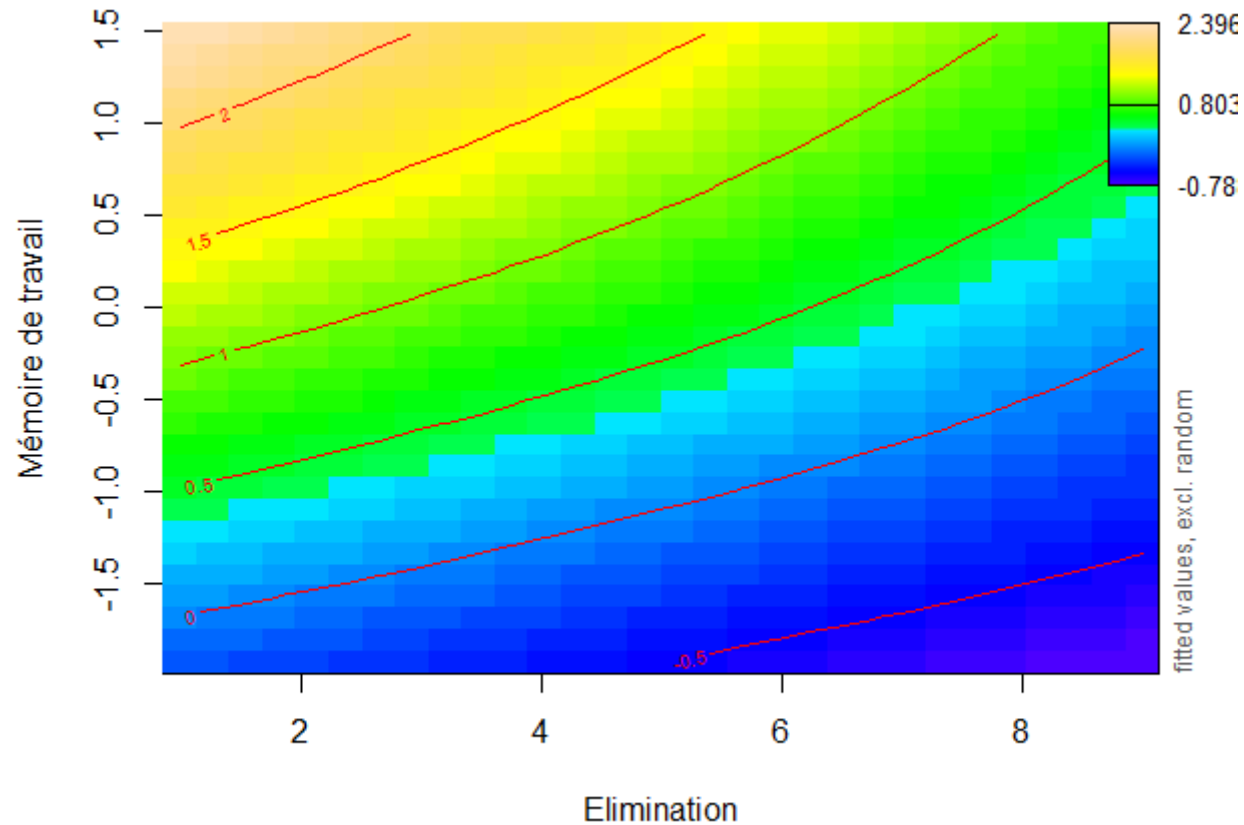


Interaction : $p = .810$

Résultats

VI = Mémoire de travail * Elimination

VD = Précision



Interaction : $p = .032$

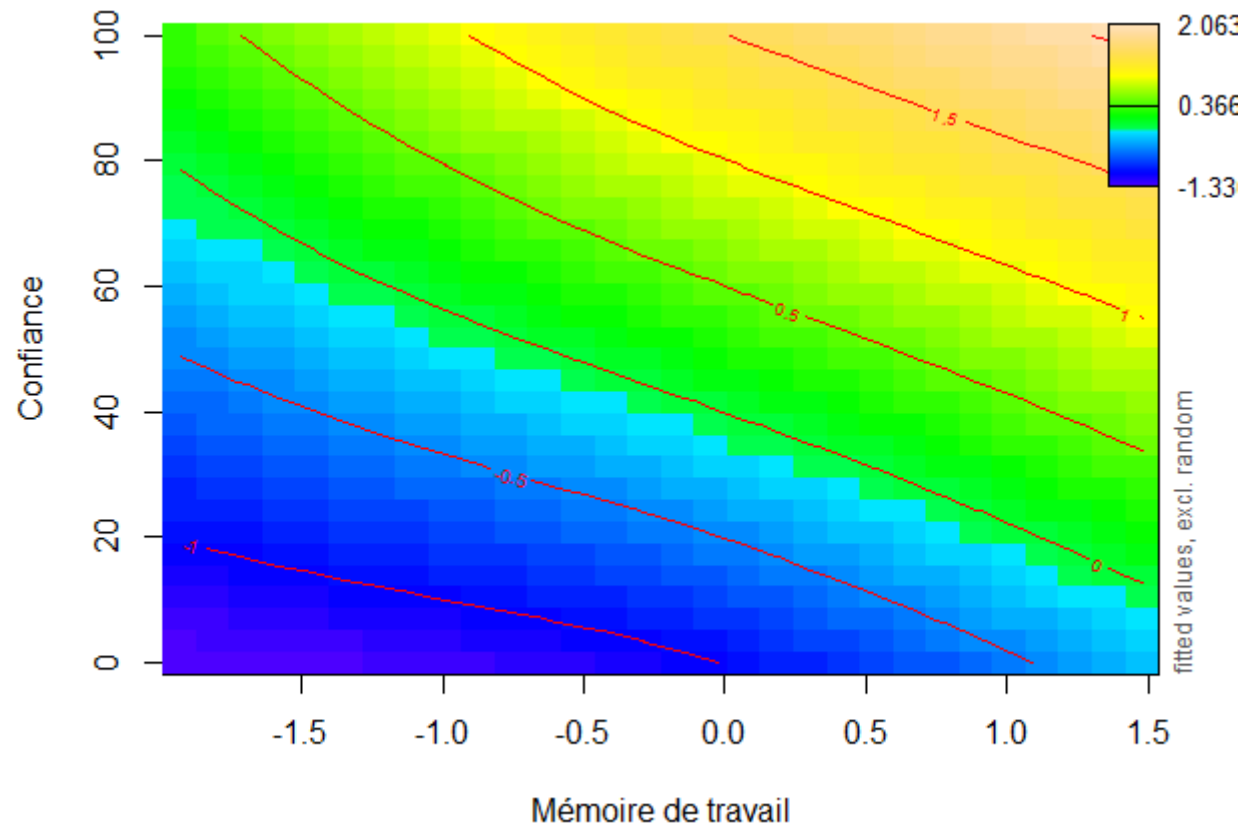
➤ **Question 5.** Mémoire de travail et métacognition

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

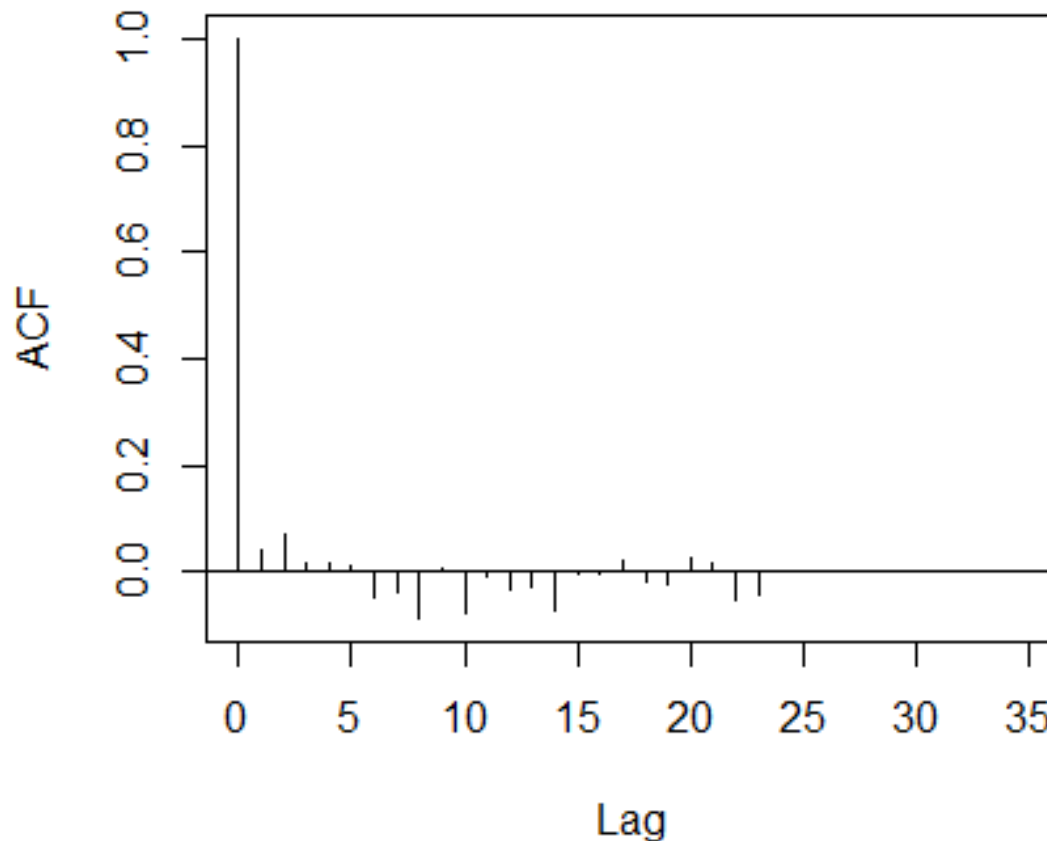
```

      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

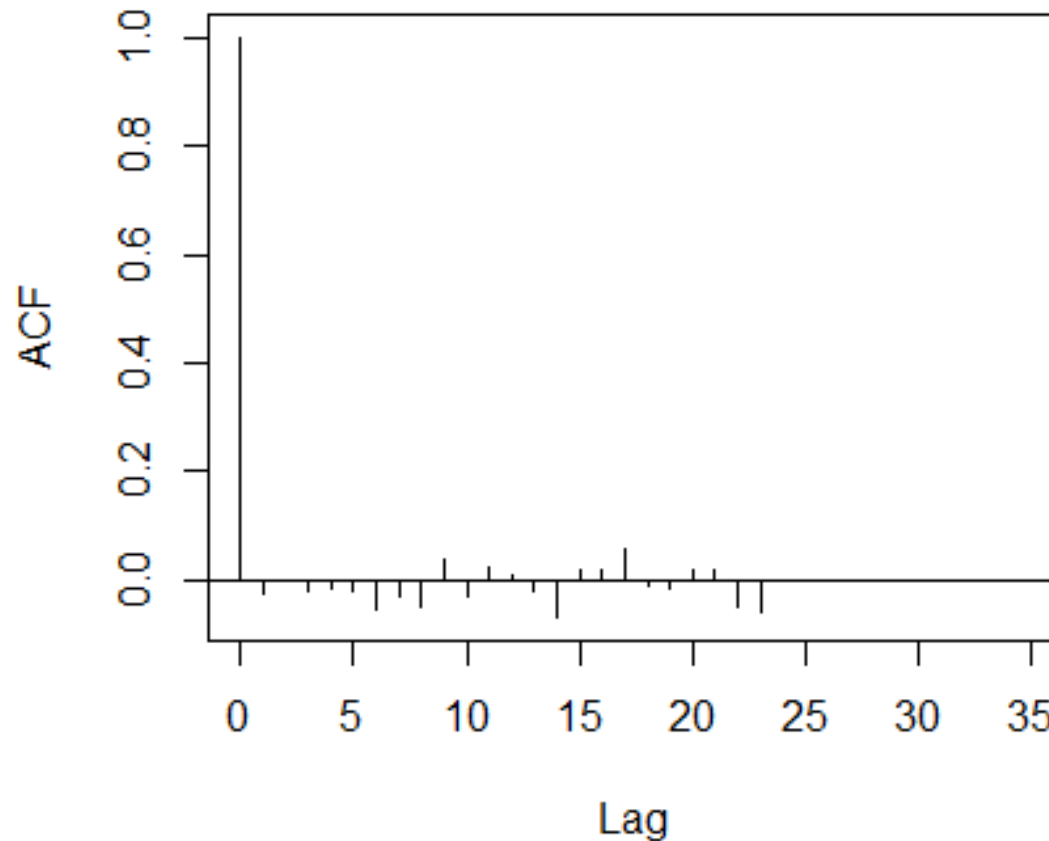
- Précision $\sim s(\text{Item}, k=12) + s(\text{Sujet}, \text{bs}="re")$



Déviance expliquée : 51.1%

➤ Quels effets aléatoires ? Le problème de la multiconcurvité

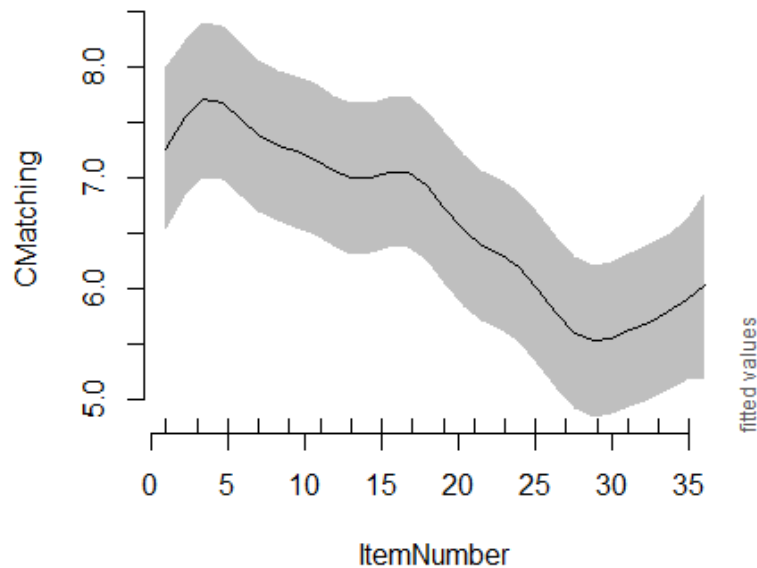
- Précision $\sim s(\text{Item}, k=12) + s(\text{Sujet}, \text{bs}="re") + s(\text{Sujet}, \text{Item}, \text{bs}="re")$



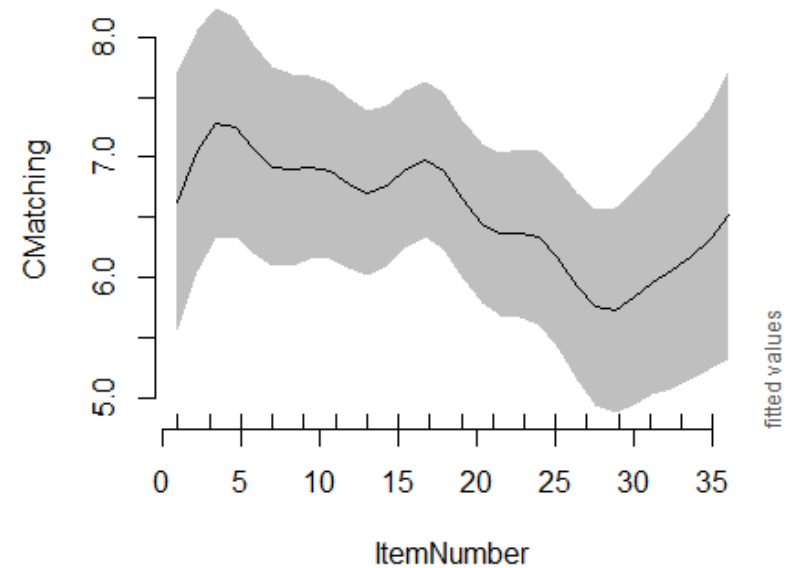
Déviance expliquée : 59.1%

➤ Quels effets aléatoires ? Le problème de la multiconcurvité

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

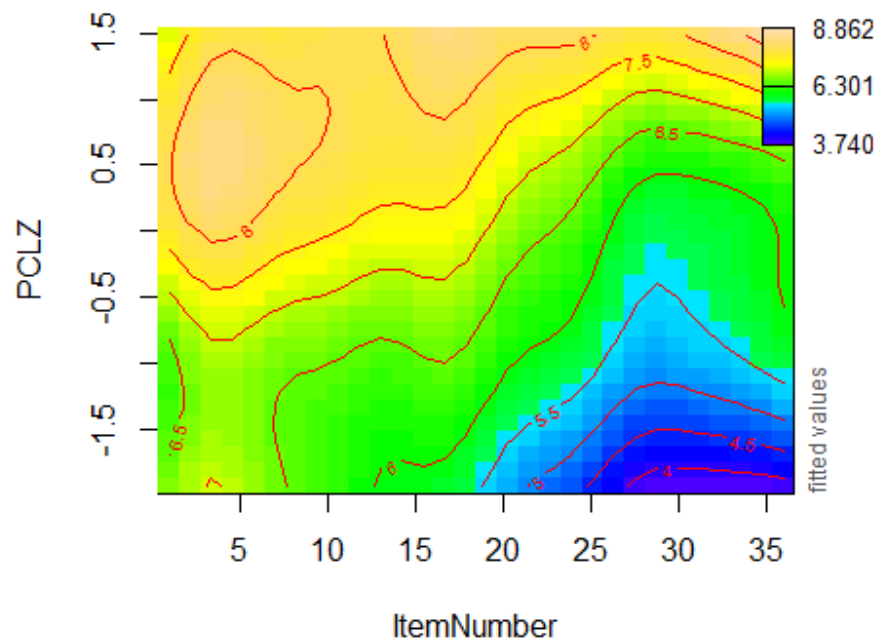


- + s(Sujet, bs="re")
+ s(Sujet, Item, bs="re")

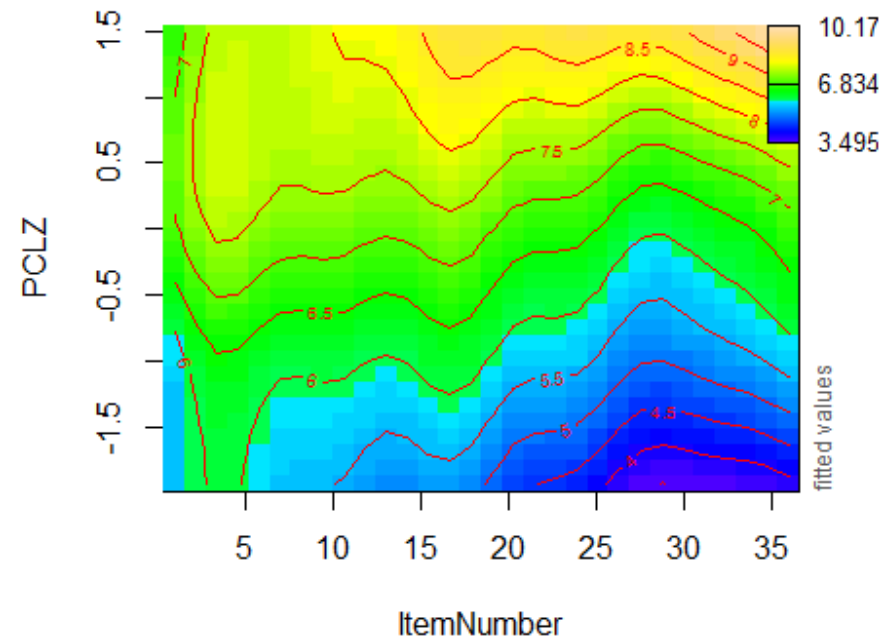


➤ Quels effets aléatoires ? Le problème de la multiconcurvité

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



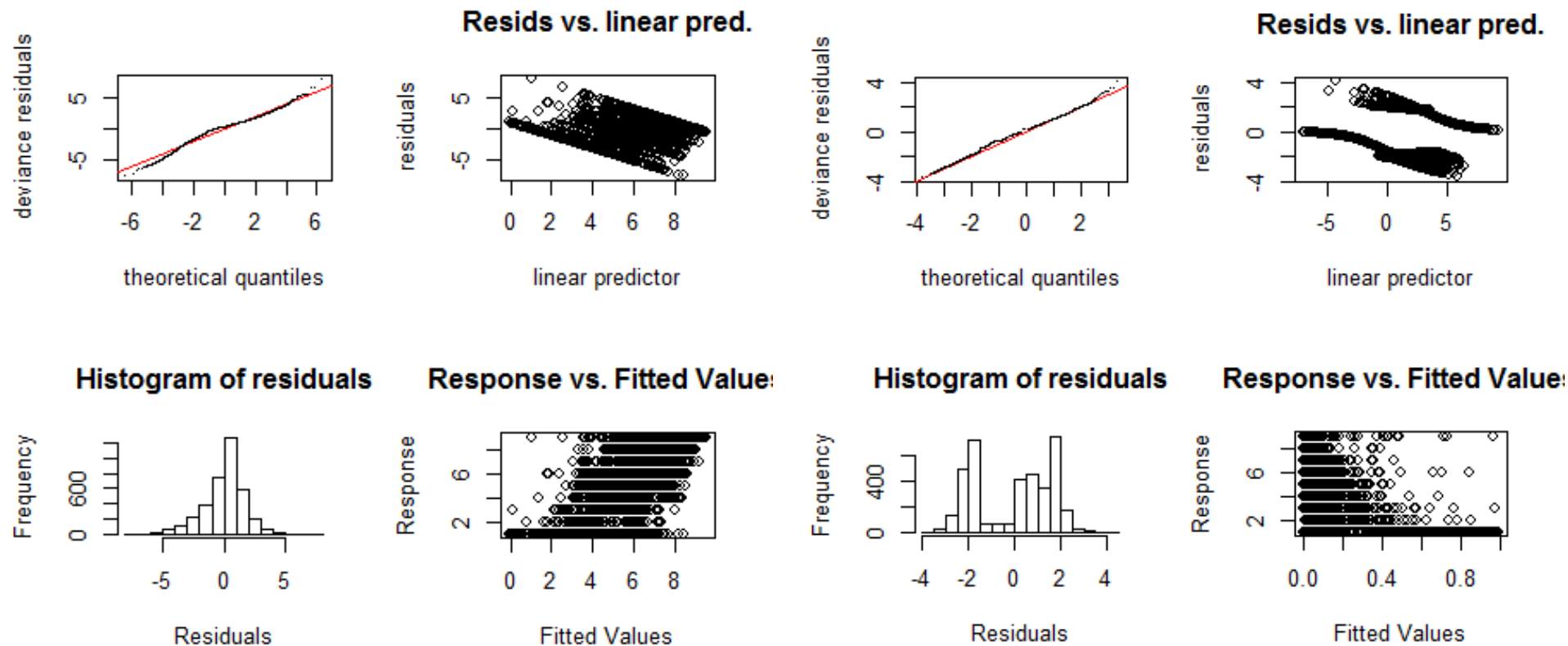
- + s(Sujet, bs="re")
+ s(Sujet, Item, bs="re")



➤ Quelle distribution pour les différentes VD ?

- Gaussienne

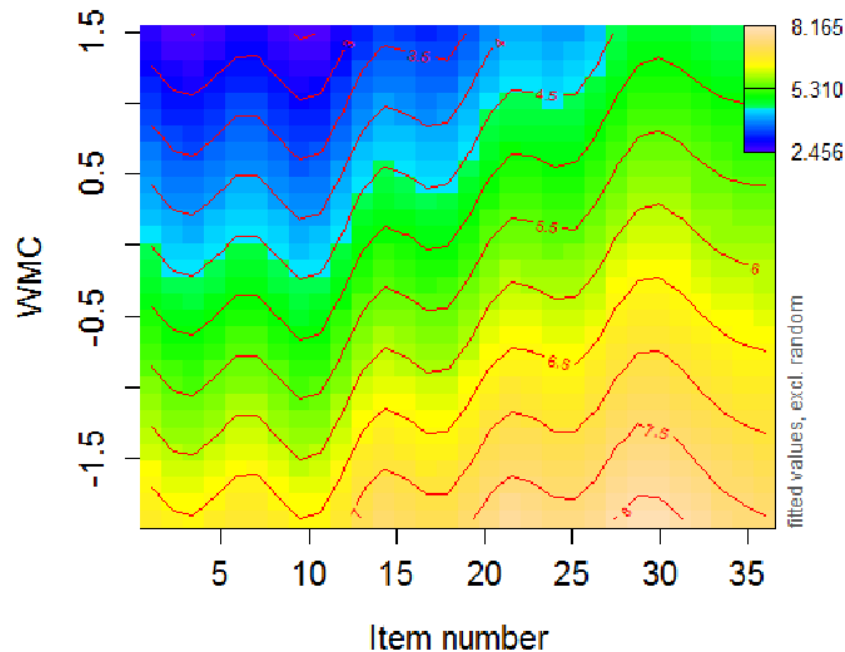
- Ordered categorical



➤ Différences d'ajustement en fonction du codage des VI

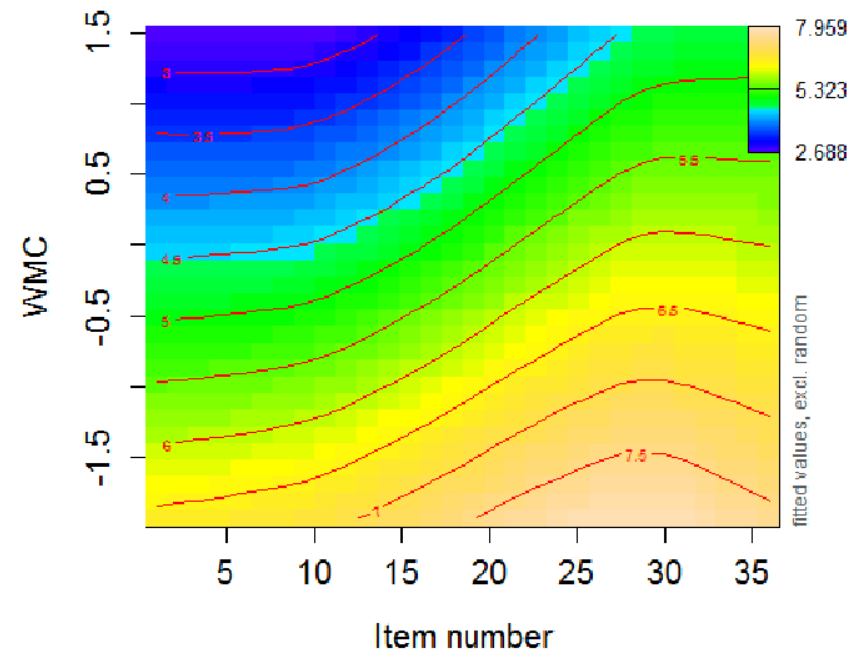
`as.factor(Condition)`

Condition Impair :



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

Condition Impair :





That's all Folks!