



Us et abus de l'application du modèle de diffusion dans l'analyse de la variabilité intra-individuelle



Christian CHICHERIO & Judith Dirk
Christian.Chicherio@unige.ch & Judith.Dirk@unige.ch

Psychologie Différentielle et Développementale,
Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation,
Université de Genève, Suisse

Plan de l'exposé

- ▶ Cadre général
 - Mesurer la variabilité intra-individuelle (vii): Intérêts et limites
 - A la recherche du "meilleur indicateur" de la vii: Le drift rate ?
 - Le modèle de diffusion de Ratcliff: Principes de base
- ▶ Survol des tâches, champs d'application et logiciels associés
 - Comparaison des modèles simplifiés et complets
- ▶ Contraintes du modèle et limites de son application
 - Processus étudiés, types de tâches et réponses du sujet
- ▶ Illustration par des données empiriques
 - Etudier les différences d'âge dans la vii au travers de la vie
- ▶ Développements méthodologiques récents
 - Modèle de diffusion hiérarchique et approche bayésienne
- ▶ Discussion générale

Cadre général

▶ Intérêts de mesurer la vii

- ▶ Variabilité au sein d'une épreuve pour un même individu
 - fluctuations transitoires à court terme de la performance (voir Nesselroade & Salthouse, 2004)
 - représentative du fonctionnement dynamique du système cognitif (Hultsch et al., 2000; Lautrey, Mazoyer, & van Gert, 2002; Martin & Hofer, 2004; Strauss et al., 2002)
 - Mécanismes neurobiologiques ou physiologiques fragilisés ou déficitaires
 - » vieillissement normal, démence, maladie de Parkinson, allèle Val sur le gène COMT, TCC, schizophrénie, ADHD,...
 - » distance à la mort, déclin cognitif,...
 - Caractère adaptatif: effort de régulation pour maintenir stabilité du comportement (ou plasticité)
 - mise en œuvre de stratégies ou un apprentissage, notamment chez les enfants (voir Siegler, 1994)

Cadre général

▶ Intérêts de mesurer la vii

- ▶ Mesure fondamentale dans l'étude du fonctionnement cognitif, en particulier lorsque les ressources sont réduites
 - vii enfant et âgé > adulte jeune
 - » relat. peu d'études chez l'enfant
 - adaptative chez l'enfant vs. maladaptative chez l'âgé ?
 - caractéristique « stable » de l'individu ?

**Essentiel de mieux connaître l'ampleur et la nature de la vii
et de développer des indices permettant de distinguer la vii
du « bruit »**

Cadre général

► Limites

- Nombreuses approches utilisées pour mesurer la vii
 - ETi, CVi, déviation absolue, ANCOVA, résidus purifiés, coefficient d'inconsistance de la performance, variance consécutive,...
 - Analyses spectrales (périodicité), séries temporelles

► A la recherche du meilleur indicateur de la vii

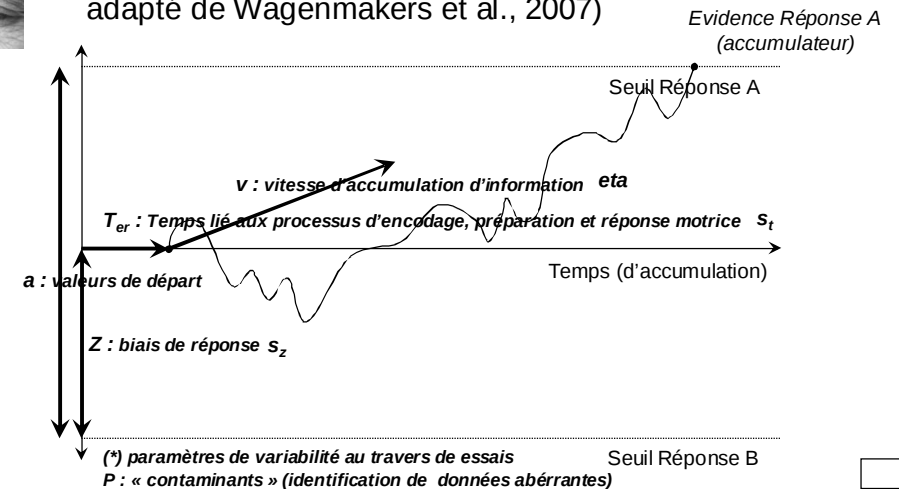
- Analyse des trajectoires individuelles dépendantes du temps
 - par ex. modélisation explicite des TR
 - *Statistique*: En partitionnant les distributions de réponses par des analyses ex-Gaussiennes: tau ?
 - *Théorique*: En adoptant des modèles stochastiques (modèle de diffusion ou plus généralement de marche aléatoire): drift rate?
 - ...

indicateur apporte plus d'information que l'ETi ?
est interprétable (rôle fonctionnel) ?
capture les aspects dynamiques ?



Cadre général

► Modèle de diffusion de Ratcliff (1978, 2004; adapté de Wagenmakers et al., 2007)



(voir aussi Ratcliff & Murdock, 1976; Ratcliff, VanZandt, & McKoon, 1999; Ratcliff & McKoon, 2008)



Tâches, champs d'application et logiciels associés



Tâches utilisées (liste non exhaustive)

- | | |
|---|--|
| • Recognition memory
(with pseudowords, random letters) | • Implicit association tests
(flower-insect) |
| • Simple signal detection
(asterisk task, distance btw 2 dots) | • Stroop |
| • Simple CRT | • Flanker task |
| • Categorization | • Perceptual matching |
| • (*) Lexical decision | • Go-nogo task |
| • Short- and long-term recognition memory | (with words, nonwords) |
| • Numerosity discrimination task | • (*) Lines comparison |
| • Visual scanning tasks | • (*) Brightness discrimination
(masked or not) |
| | • (*) Letter discrimination
(masked or not) |



Vieillessement cognitif

- (Myerson, Adams, Hale, & Jenkins, 2003; Ratcliff, 2001, 2004, 2008; Ratcliff, Thapar, & McKoon, 2001, 2003, 2004, 2006a, 2006b, 2007; Ratcliff, Spieler, & McKoon, 2004; Thapar, Ratcliff, & McKoon, 2003; Spaniol, Madden, & Voss, 2006; Spaniol, Voss, & Grady, 2008)

Développement cognitif

- Aucun article à ce jour

Corrélat neurofonctionnels

- (voir Ratcliff & McKoon, 2008; Philastides, Ratcliff, & Sajda, 2006; Ratcliff, Philastides, & Sajda, 2009; Ratcliff et al., soumis)

Mise en relations avec les distributions ex-Gaussiennes et distributions des TR

- (Matzke & Wagenmakers, soumis; Schmiedek, Oberauer, Wilhelm, Süß, & Wittmann, 2007; Spieler, 2001)
- $v \uparrow = \tau \downarrow, a \uparrow = \mu \uparrow, \dots$



9

QI ("worst performance rule")

- (Ratcliff, Schmiedek, & McKoon, 2008; Weeda, Wagenmakers, & Huizenga, 2007; Ratcliff, Thapar, & McKoon, soumis)

Effets de pratique (courbe d'apprentissage)

- (Ratcliff, Thapar, & McKoon, 2006; Brown & Heathcote, 2005; Dutilh, Wagenmakers, Vandekerckhove, & Tuerlinckx, 2008)

Décision lexicale

- (Wagenmakers et al., 2004, 2008; Ratcliff, Gomez, & McKoon, 2004)

Autres

- (Spaniol et al., 2006, 2008*; White et al., 2009, soumis**; Geddes et al., en prep.***)

* recognition memory for emotional information

** threat processing in anxiety, dysphoria (psychopathology)

*** effect of hypoglycemia



10

Différents modèles et logiciels associés

► Modèle de diffusion de Ratcliff

- Modèle classique (Ratcliff, 1978, 2002, 2004; Ratcliff & Murdock, 1976; Ratcliff & McKoon, 2008; Ratcliff & Tuerlinckx, 2002; Ratcliff, Van Zandt, & McKoon, 1999; Wagenmakers, sous presse; Wagenmakers, Grasman, & Molenaar, 2005)

- Modèle mixte ("contaminants"; voir Ratcliff & Tuerlinckx, 2002)

- DMAT (Vandekerckhove & Tuerlinckx, 2007, 2008)

Estime le modèle de diffusion complet, incl. les paramètres de variabilité

Routine d'estimation des paramètres: valeurs de départ EZ, détermination des valeurs optimales par l'approche "multinomial maximum likelihood", solution analytique (des équations différentielles partielles)

Matlab (interface GUI) <http://ppw.kuleuven.be/okp/dmattoolbox>

- Fast-dm (Voss & Voss, 2007, 2008)

Similaire à DMAT

Routine d'estimation des paramètres: valeurs de départ EZ, détermination des valeurs optimales par l'approche Komolgorov-Smirnov, solution numérique

Programme indép. de la plateforme <http://www.psychologie.uni-freiburg.de/Members/voss/fast-dm>



11

Différents modèles et logiciels associés

► Modèle de diffusion de Ratcliff

- Modèle de diffusion hiérarchique (HDM; Vandekerckhove & Tuerlinckx, sous presse; Vandekerckhove, Verheyen, & Tuerlinckx, sous presse)

R, Excel, WINBUGS prochainement disponible



12

► Modèles simplifiés

- EZ1 (Wagenmakers, van der Maas, & Grasman, 2007; voir aussi Ratcliff, 2008)
Facilite l'application du modèle de diffusion aux données (v , Ter , a ; $z=a/2$ et eta , sz , $st=0$), solution numérique (pas d'estimation, pas de procédure d'ajustement)
R <http://users.fmg.uva.nl/ewagenmakers/2007/EZ.R>
Excel <http://users.fmg.uva.nl/ewagenmakers/2007/EZ.xls>
JavaScript <http://users.fmg.uva.nl/ewagenmakers/EZ.html>
- EZ2 (Grasman, Wagenmakers, & van der Maas, 2009)
Généralisation et amélioration du modèle simplifié original (z peut varier librement, paramètres v et Ter peuvent être contraints au travers des conditions, proportions d'erreurs incluses)
JavaScript http://users.fmg.uva.nl/rgrasman/jsript/EZ2_new.html
Excel/R prochainement disponibles; contacter Raoul Grasman
- Robust EZ (Wagenmakers, van der Maas, Dolan, & Grasman, 2008)
- Ballistic linear accumulator (voir sous autres modèles)

13

► Autres modèles

- Stochastic accumulator (Usher & McClelland, 2001)
- Ballistic accumulator (Brown & Heathcote, 2005)
- Linear ballistic accumulator (LBA; Brown & Heathcote, 2008)
R, Excel, WINBUGS <http://newcl.org/members/chris.htm>

14

Modèle complet: RDM

► Ratcliff Diffusion Model

Avantages

- Prend en compte relations vitesse et précision
- Considère le TR moyen et les distributions complètes des réponses correctes et erreurs
- Estime les processus sous-jacents déterminant la performance observée
- Génère de nouvelles perspectives sur des phénomènes connus
 - WPR, Brindley plots,...
- Produit des phénomènes généraux par le biais de la modification d'un paramètre
 - par ex. drift rate
- Fournit un outil théorique pour découvrir nouvelles régularités empiriques
 - par ex. $\uparrow$ difficulté tâche, $\uparrow$ RTm et $\uparrow$ ET selon même taux

15

Modèle complet: RDM

► Ratcliff Diffusion Model

Inconvénients

- Application difficile aux données (programme/codes non accessibles)
 - nouveaux développements !!
- Nombre important de données pour estimation fiable des paramètres (200 essais, 95% RC; 10 erreurs min.)
 - approche bayésienne !!
- Tâches de TR à choix forcé seulement
- 1 processus, 1.5 sec max (Stroop non exploitable)
- Substrat neural sous-jacent à processus de prise de décision pas clarifié
 - Niveau élevé d'abstraction vs. généralisabilité
- Sur-paramétrisation. 7 à 8 paramètres nécessaires
 - Critique discutable...

16

Modèle simplifié: EZ1

► EZ1

Principes

- Obtenir les 3 paramètres principaux du modèle de diffusion
 - Taux d'accumulation de l'information (drift rate) v
 - Temps de non-décision (non-decision time) T_{er}
 - Séparation des bornes (boundary separation) a
- Pour des expériences avec moins de données + peu d'erreurs (5-10%)
- Solution numérique (vs. estimation)
- Information nécessaire
 - Moyenne de TR (MRT) en secondes
 - Proportion de réponses correctes (P_c)
 - Variance de TR (VRT) en secondes
- Correction pour performance nulle ($P_c=1/(2*n)$) ou parfaite ($P_c=1-1/(2*n)$)

17

EZ vs. SDT

Différentiation entre

processus quantifiant la difficulté tâche/habilité sujet

processus sous le contrôle du sujet

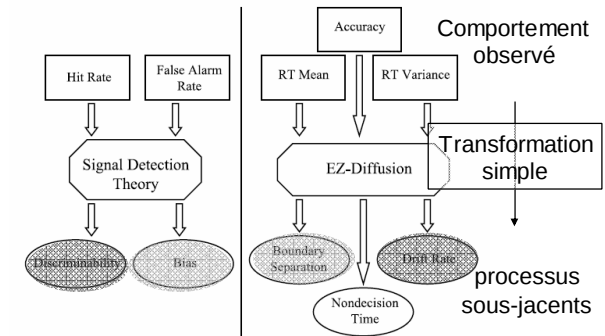


Figure 9. Schematic representation of the similarity between a signal-detection analysis and an EZ-diffusion model analysis. The circles at the bottom denote unobserved variables, and the squares at the top denote observed variables.

Basé sur la « précision »
Donnée unique

Basé sur les « TR »
Données multiples (distribution complète)

(voir Wagenmakers et al., 2007)

18

Modèle simplifié: EZ1

► EZ1

Avantages:

- Faciliter l'application du modèle aux données
- Solutions pour peu de données
- Application aisée (par ex. Excel)
- Fournit une première estimation des processus, mais nécessite une analyse plus complète

Inconvénients:

- Distribution des TR (surtout incorrects) et variabilité des paramètres à travers des items pas considérés
- $z = a/2$, biais dans les réponses pas considéré
- Seulement une condition expérimentale considérée
- Vérification recommandée des pré-requis à l'application du modèle !
- Représente une perspective « macroscopique »

19

Modèle simplifié: EZ1

► EZ1

Prérequis:

- Vérification de la forme de la distribution des TR
 - Au moins « un peu » de biais positif, qui augmente avec la difficulté de la tâche ?
 - *p.ex. test d'Agostino pour le biais (1970; implémenté en R)*
- Vérification de la vitesse relative de TR incorrects
 - TR associés aux erreurs identiques aux TR pour les réponses correctes ? Dans cas contraire, indication présence variabilité dans a , v
 - *Test statistiques standards*
- Vérification du biais dans le point de départ ($z \neq a/2$?)
 - Si présence d'un biais, alors les TR corrects diffèrent des TR incorrects pour une catégorie de stimulus vs. l'autre catégorie
 - *Test statistiques standards + vérification graphique*

20

Modèle simplifié: EZ1

▶ Exemple d'application de EZ1

- ▶ Tâche de discrimination perceptive (jugement de lignes, 3 niveaux de difficulté manipulés avec la longueur des lignes)
- ▶ Ajustement par individu, comparaison entre modèle de Ratcliff et EZ1
- ▶ Corrélation Ratcliff - EZ1: ~ 0.8
- ▶ v et a sous-estimés avec EZ1
- ▶ Vérification des pré-requis:
 - Forme de la distribution des TR
→ ok
 - Présence de variabilité dans z et v
→ problématique
 - Présence d'un biais
→ problématique

21



Contraintes du modèle et limites de son application

22

Processus, tâche, et sujet

▶ Processus en jeu

- ▶ un accumulateur unique
 - » *représentation interne unidimensionnelle de l'information*

▶ Tâche

- ▶ temps de réaction à choix binaire
- ▶ différentes conditions
- ▶ nombre d'items

▶ Réponses du sujet

- ▶ nombre d'erreurs
- ▶ durée des temps de réponse (max. 1.5 sec)

23



Illustration par des données empiriques

***n*-back study:**

EZ

Cogito study:

EZ

Geneva Variability Study (de Ribaupierre et al.):

EZ et HDM

24

Illustration I: *n*-back study

Ludwig, Chicherio, & de Ribaupierre (2008)

- Investiguer à l'aide du modèle de diffusion, les processus stochastiques de décision dans des tâches de mémoire de travail
 - Evaluer les changements au sein de ces processus en fonction de la complexité de la tâche et de la pratique
 - Confronter les résultats avec ceux obtenus en recourant à des mesures « classiques » de la vii (ETi et CVi)
- 50 jeunes adultes effectuant les tâches à deux reprises (intervalle d'une semaine)

Évidence en faveur d'une sensibilité du drift rate à la complexité et la pratique
Utilisation du modèle simplifié mais modèle complet non applicable

Illustration I: *n*-back study

Deux épreuves (verbale et spatiale) du paradigme du N-back ont été utilisées

La structure des épreuves est comparable, avec:

- 2 niveaux de complexité (ou conditions expérimentales): 0-back, 2-back
- 216 items par condition, répartis en 6 blocs;
- 1/3 de cibles par bloc

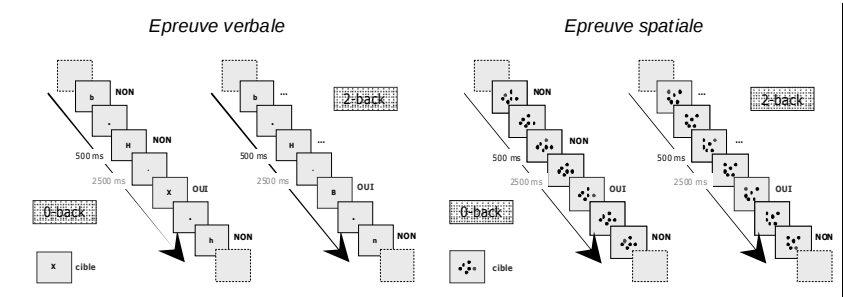
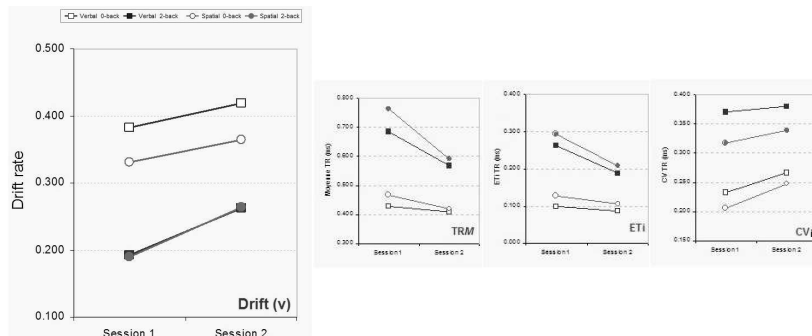


Figure 1. Exemples de séquences de présentation d'items pour les épreuves de mémoire de travail verbale (à gauche) et spatiale (à droite)

Illustration I: *n*-back study



ANOVA Session x Tâche x Condition: Synthèse des effets obtenus

	RC		TRM		ETi		CVi		Drift (v)	
	p	η_p^2	p	η_p^2	p	η_p^2	p	η_p^2	p	η_p^2
Session	0.009	0.130	<.001	0.654	<.001	0.670	<.001	0.332	<.001	0.520
Tâche	0.311	0.021	0.004	0.161	<.001	0.288	<.001	0.452	<.001	0.318
Condition	<.001	0.291	<.001	0.730	<.001	0.772	<.001	0.807	<.001	0.874
Sess.*Tâche	0.668	0.004	<.001	0.243	0.163	0.039	0.375	0.016	0.881	0.000
Sess.*Cond.	<.001	0.272	<.001	0.594	<.001	0.517	0.069	0.066	0.003	0.162
Tâche * Cond.	0.015	0.115	0.196	0.034	0.822	0.001	0.035	0.088	<.001	0.375
Sess.*Tâche*Cond.	0.806	0.001	0.143	0.043	0.823	0.001	0.759	0.002	0.695	0.003

Illustration I: *n*-back study

Tableau 3 : Corrélations entre le drift rate (v) et les autres mesures de performances, par session, tâche et niveau de complexité.

	Session 1				Session 2			
	Verbal 0-back	Verbal 2-back	Spatial 0-back	Spatial 2-back	Verbal 0-back	Verbal 2-back	Spatial 0-back	Spatial 2-back
PC	.49**	.73**	.42**	.74**	.63**	.54**	.64**	.51**
TRm	-.23	.82**	-.59**	.83**	-.41**	.85**	-.43**	.82**
ETi	-.82**	.82**	-.84**	.86**	-.70**	.89**	-.70**	.87**
CVi	-.81**	-.64**	-.83**	-.46**	-.78**	.80**	-.66**	.73**

Illustration II: Cogito study

Schmiedek et al. (sous presse)

- Tâche de n -back spatial
- 101 jeunes (20-32 ans) et 103 âgés (65-80 ans) suivis pendant ~ 101 sessions journalières
- EZ1 par individu et par session
- **Hypothèse**
 - réduction des TR avec la pratique - chez les âgés particulièrement dû à une plus grande diminution des temps de non-décision
- **Résultats**
 - AJ: plus d'amélioration avec la pratique dans le drift rate (v)
 - AA: réduction plus importante des temps de non-décision
 - « boundary separation » stable pour JA et AA

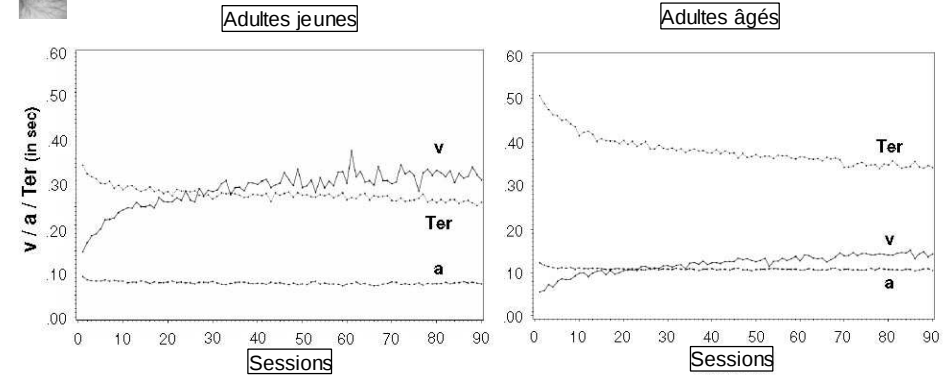
Évidence en faveur de l'hypothèse



29

Illustration II: Cogito study

Schmiedek et al. (sous presse)



30

Illustration III: GVS study - EZ1

Chicherio, Dirk et al. (GVS study; EZ1)

- Tâche de jugement de lignes (avec 1 niveau de difficulté)
- 3 groupes d'âge: enfants (9-12), jeunes adultes (20-35), adultes âgés (60-89)
- Répartition en 8 groupes expérimentaux: 9 ans, 10 ans, 11 ans, 12 ans, 2 groupes de jeunes adultes, adultes âgés < 70 ans, adultes âgés 70 ans et plus
- **Hypothèse**
 - Altération de v et Ter chez l'enfant et l'adulte âgé en comparaison des adultes jeunes
- **Résultats**
 - différence d'âge dans v et Ter
 - a plus au moins stable au travers des âges

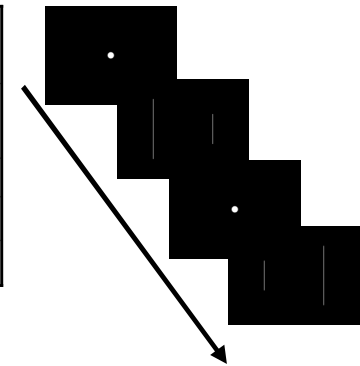


31

Illustration III: GVS study - EZ1

Epreuve de temps de réaction à choix:
Comparaison de lignes

Épreuve (à choix) : Appuyer du côté où la grande ligne apparaît
Items d'exemples (ebs)
Deux lignes sont présentées, une à droite, une à gauche
1 session
120 essais sur 5 blocs (5*24 items)
ISI de 500 ms à 1700ms



32

Illustration III: GVS study - EZ1

Différences d'âge dans le drift rate (v)

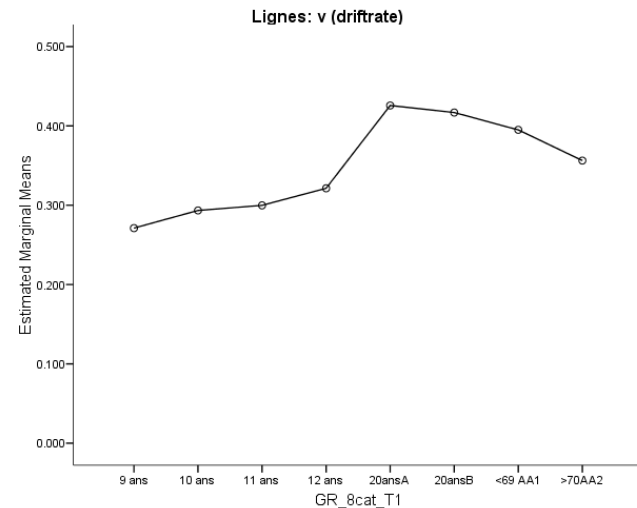


Illustration III: GVS study - EZ1

v: Distributions à travers des groupes d'âge

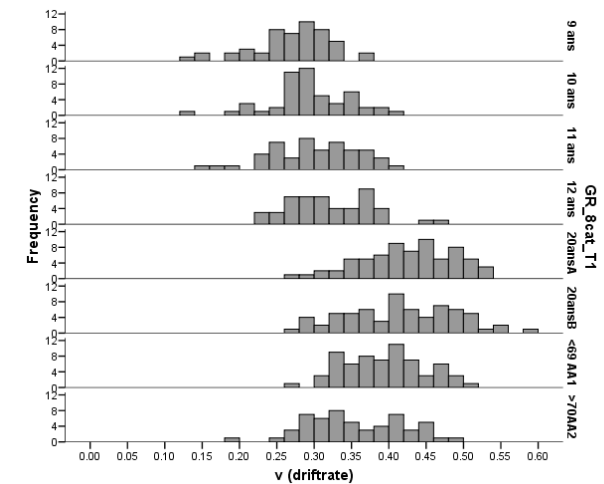


Illustration III: GVS study - EZ1

Différences d'âge dans le boundary separation (a)

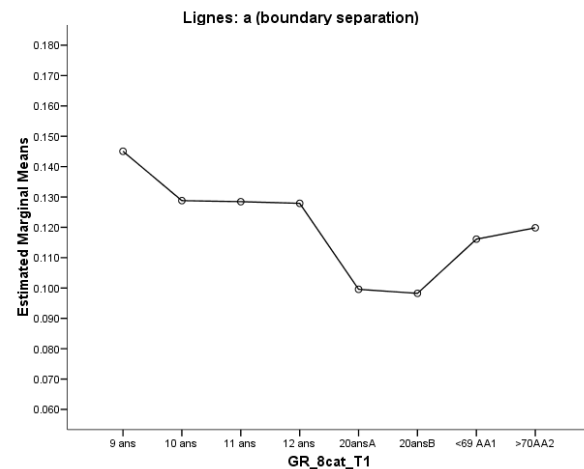
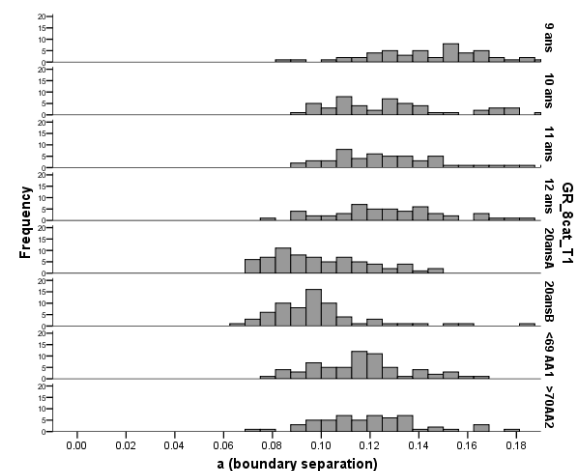
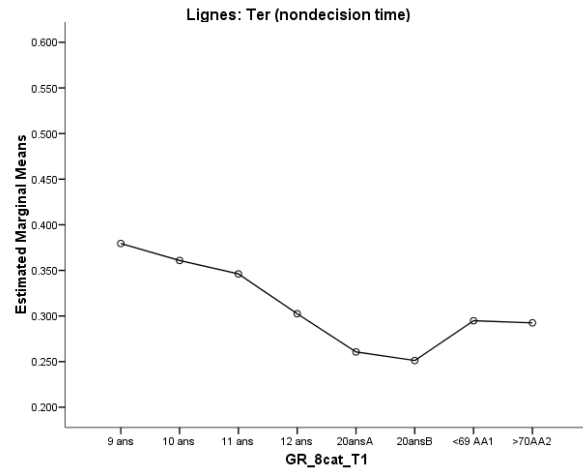


Illustration III: GVS study - EZ1

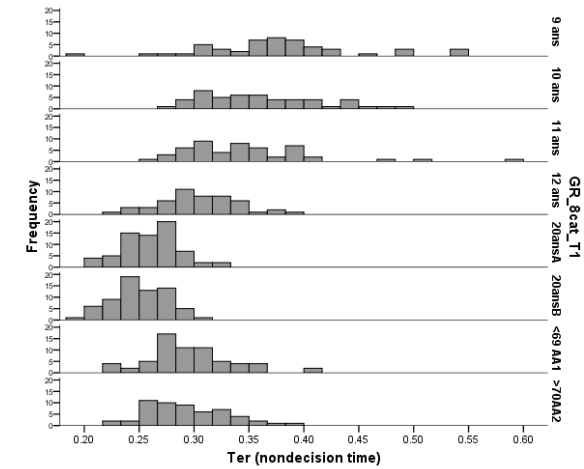
a: Distributions à travers des groupes d'âge



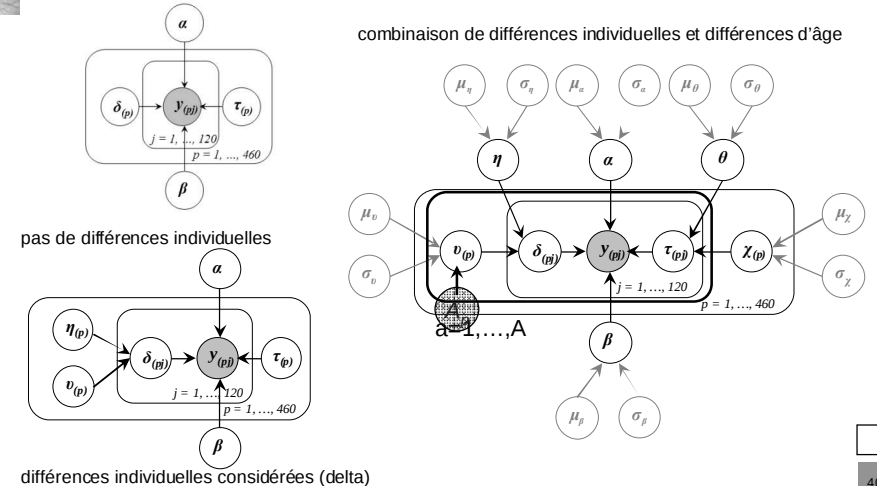
Différences d'âge dans le nondecision time (Ter)



Ter: Distributions à travers des groupes d'âge



► Comparaison de différents modèles (à partir des données de l'étude)



Développement méthodologiques récents: Le modèle HDM

Illustration III: GVS study - HDM

- **Approche Bayésienne**
- Spécification des distributions a priori (peu informatives) des différents paramètres du modèle, et des valeurs initiales
- **WinBUGS** calcule les distributions a posteriori par le biais de l'algorithme d'échantillonnage de Gibbs
 - méthode MCMC (pour **Markov chain Monte Carlo**) : 6 chaînes
 - ~15000 itérations (burn-in period de 5000)
 - estimations des paramètres du modèle
 - **WinBUGS** effectue des tests de contrôle de la convergence (avec plusieurs critères)
 - Inférences statistiques basées sur 15000 itérations

41

Illustration III: GVS study - HDM

► Combinaison approche bayésienne et hiérarchique du modèle de diffusion

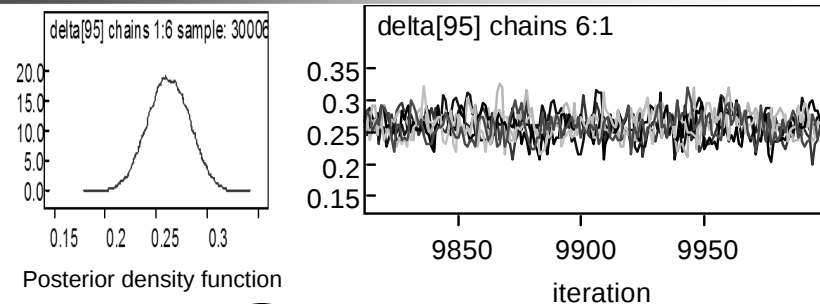
- Traiter les différences et similarités entre individus et entre items
- Utiliser une estimation bayésienne des paramètres du modèle (sur la base de la théorie des probabilités)

Avantages

- 1) facilité d'utilisation des analyses hiérarchiques dans le contexte bayésien (similarités et différences entre individus et items)
- 2) distributions initiales basées sur les estimations provenant d'autres études (sensibilité des résultats)
- 3) incertitudes reflétées directement dans les distributions postérieures (calculées même en cas de participants produisant peu d'erreurs !!)
- 4) adéquation du modèle peut être quantifiée
- 5) sélection du modèle

42

Illustration III: GVS study - HDM

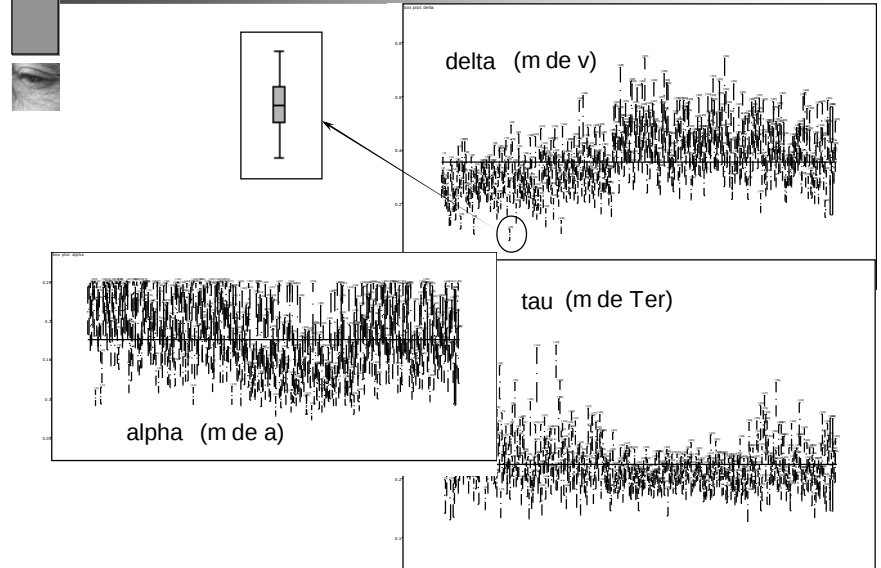


« burn-in » period
estimations initiales
à ne pas inclure
dans les inférences
statistiques

Figure 4 : An example of a sample chain. The parameter depicted is σ_e , the condition-level variability, in BM1. While the chain looks well-mixed in the right panel, the left panel shows that the first few iterations are still distinctly overdispersed. However, since this overdispersion quickly dissipates and is comfortably within the burn-in zone, it does not affect the quality of the sampling.

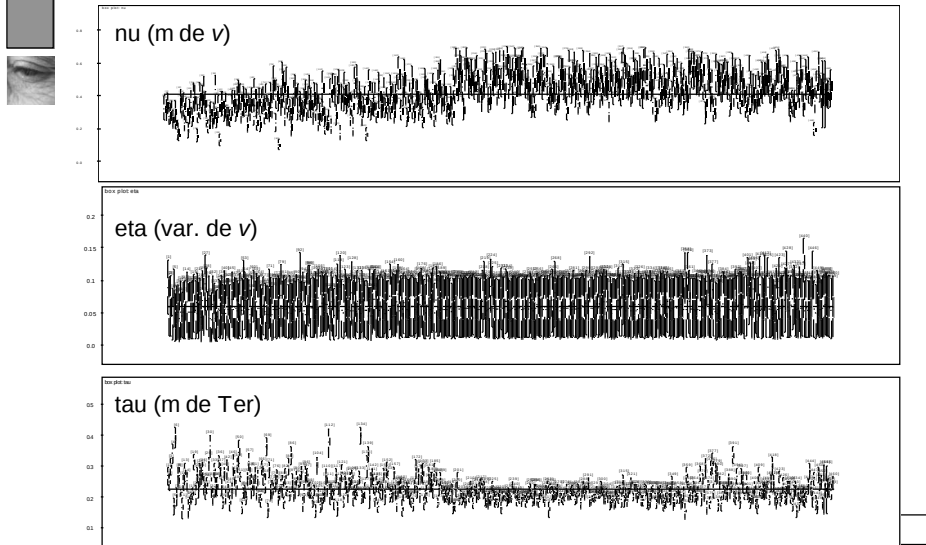
43

Illustration III: GVS study - HDM



44

Illustration III: GVS study - HDM



MODEVAIIA, Presqu'île de Saint Mandrier, 1-3 juillet 2009

45

Illustration III: GVS study - HDM

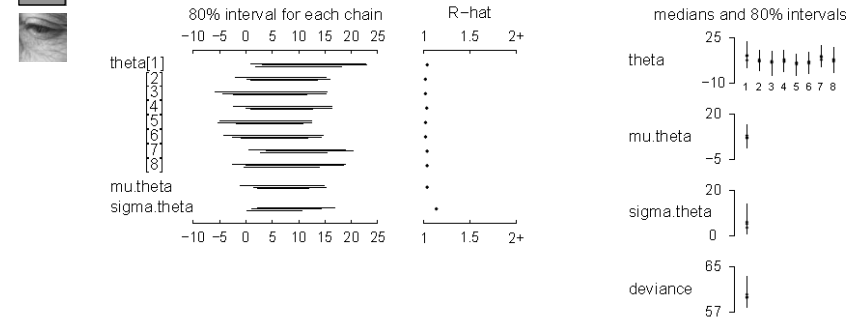


Figure C.2 Graphical output from the `bugs()` function after being fitted to the hierarchical model for the educational testing example. The left side of the display shows the overlap of the three parallel chains, and the right side shows the posterior inference for each parameter and the deviance (-2 times the log likelihood). The on-screen display uses colors to distinguish the different chains.

voir Gelman, Carlin, Stern, & Rubin (2003)

MODEVAIIA, Presqu'île de Saint Mandrier, 1-3 juillet 2009

46

Illustration III: GVS study - HDM

- **Modèle 1.** Réplication du modèle EZ (v , a , Ter)
pas de différences individuelles
- **Modèle 2.** Différences individuelles pour v , a , Ter
- **Modèle 3.** Différences indiv. pour nu , eta , a , Ter
- **Modèle 4***. Idem au modèle 3, avec âge réel en covariée
- **Modèle 5***. Idem au modèle 3, avec diff. d'âge (3 gr.)
pour v , Ter
- **Modèle 6***. Idem au modèle 4, avec diff. d'âge (7 gr.)
pour v , Ter
- **Modèle 7***. Idem au modèle 6, avec diff. d'âge (7 gr.)
pour nu et eta (v), chi (Ter)
- ...

* modèles en cours d'évaluation

MODEVAIIA, Presqu'île de Saint Mandrier, 1-3 juillet 2009

47

Illustration III: GVS study - HDM

► Complexité du modèle et indices d'ajustement :

	Dbar	Dhat	pD	DIC
► Modèle 1	-	-	-	-
► Modèle 2	-79819.2	-80976.9	1157.7	-78661.6
► Modèle 3	-79814.4	-80972.3	1157.9	-78656.5
► Modèle 4	en cours			
► ...				

MODEVAIIA, Presqu'île de Saint Mandrier, 1-3 juillet 2009

48

Illustration III: GVS study - HDM

► Comparaison des paramètres EZ1 et HDM

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
v (driftrate)	458	.121	.588	.35499	.082320
a (boundary separation)	458	.064	.205	.11862	.026966
Ter (nondecision time)	458	.196	.591	.30594	.061892
mod2_delta	460	.083	.668	.35632	.098157
mod2_a	460	.082	.245	.17513	.038818
mod2_tau	460	.156	.401	.22422	.038681
mod2a_nu	460	.100	.627	.41060	.096957
mod2a_eta	460	.040	.128	.05979	.010561
mod2a_a	460	.057	.238	.11795	.034104
mod3_tau	460	.155	.401	.22421	.038676
	458				

Illustration III: GVS study - HDM

► Comparaison des paramètres EZ1 et HDM

Correlations

		v (driftrate)	mod2_delta	mod2a_nu	mod2a_eta
v (driftrate)	Pearson Correlation	1	.962**	.964**	-.039
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.407
	N	458	458	458	4
mod2_delta	Pearson Correlation	.962**	1	.935**	-.065
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.161
	N	458	460	460	4
mod2a_nu	Pearson Correlation	.964**	.935**	1	.019
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.684
	N	458	460	460	4
mod2a_eta	Pearson Correlation	-.039	-.065	.019	1
	Sig. (2-tailed)	.407	.161	.684	
	N	458	460	460	4

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		Ter (nondecision time)	mod2_tau	mod3_tau
Ter (nondecision time)	Pearson Correlation	1	.712**	.712**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	458	458	458
mod2_tau	Pearson Correlation	.712**	1	1.000**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	458	460	460
mod3_tau	Pearson Correlation	.712**	1.000**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	458	460	460

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		a (boundary separation)	mod2_a	mod2a_a
a (boundary separation)	Pearson Correlation	1	.795**	.951**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	458	458	458
mod2_a	Pearson Correlation	.795**	1	.774**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	458	460	460
mod2a_a	Pearson Correlation	.951**	.774**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	458	460	460

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Illustration III: GVS study - HDM

► Comparaison des paramètres EZ1 et HDM

Correlations

		v (driftrate)	a (boundary separation)	Ter (nondecision time)
v (driftrate)	Pearson Correlation	1	-.456**	-.380**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	458	458	458
a (boundary separation)	Pearson Correlation	-.456**	1	.491**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	458	458	458
Ter (nondecision time)	Pearson Correlation	-.380**	.491**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	458	458	458

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

	mod2a_nu	mod2a_eta	mod2a_a	mod3_tau
mod2a_nu	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	1 .019 .684 460	.521** .000 460	-.184** .000 460
mod2a_eta	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	.019 .684 460	1 .111* .017 460	-.127** .007 460
mod2a_a	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	.521** .000 460	.111* .007 460	1 .460** .000 460
mod3_tau	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	.184** .000 460	.127** .007 460	.460** .000 460

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

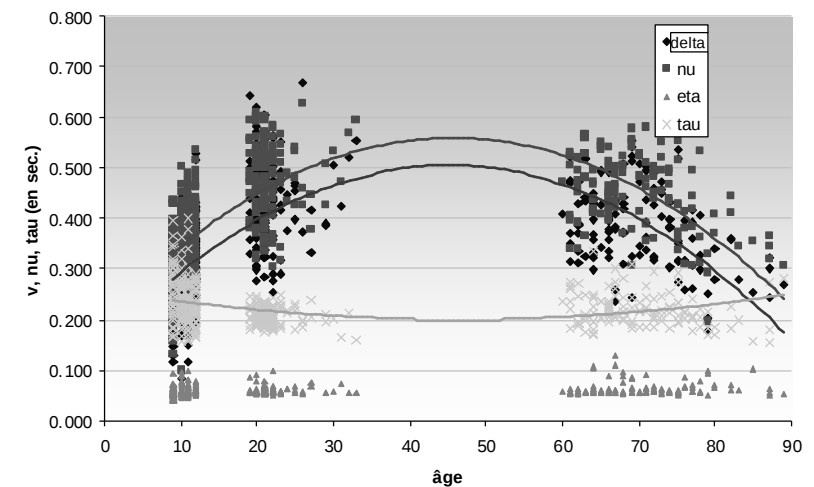
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations

		mod2_delta	mod2_a	mod2_tau
mod2_delta	Pearson Correlation	1	-.054	-.075
	Sig. (2-tailed)		.247	.110
	N	460	460	460
mod2_a	Pearson Correlation	-.054	1	.350
	Sig. (2-tailed)	.247		.000
	N	460	460	460
mod2_tau	Pearson Correlation	-.075	.350	1
	Sig. (2-tailed)	.110	.000	
	N	460	460	460

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Illustration III: GVS study - HDM





Perspectives et conclusion générale

Perspectives I

► Exploration plus approfondie du modèle de diffusion hiérarchique

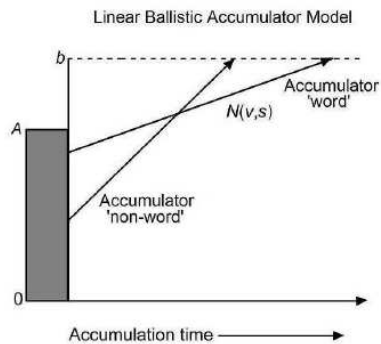
- Comparaison de différentes manières de traiter l'âge
- Comparaison de différentes manières de traiter les différences individuelles et différences entre items (implémentation de η vs. v)
- Exploration du modèle avec d'autres plans expérimentaux (+items, +conditions vs. 1 condition, -items)
- Interprétation des processus sous-jacents (autres indicateurs, en partic. de la vii)

► Confrontation du modèle HDM avec le modèle de diffusion balistique linéaire (LBA)

- Comparaison de modèles
 - processus stochastique vs. déterministe (*enjeu*: validation théorie de la neuromodulation)
 - un accumulateur unique vs. deux accumulateurs +/- indépendants ?
- Interprétation des processus sous-jacents ?
 - Comparaison des paramètres entre les modèles

Perspectives I

► modèle de diffusion balistique linéaire (LBA; Brown & Heathcote, 2005, 2008)



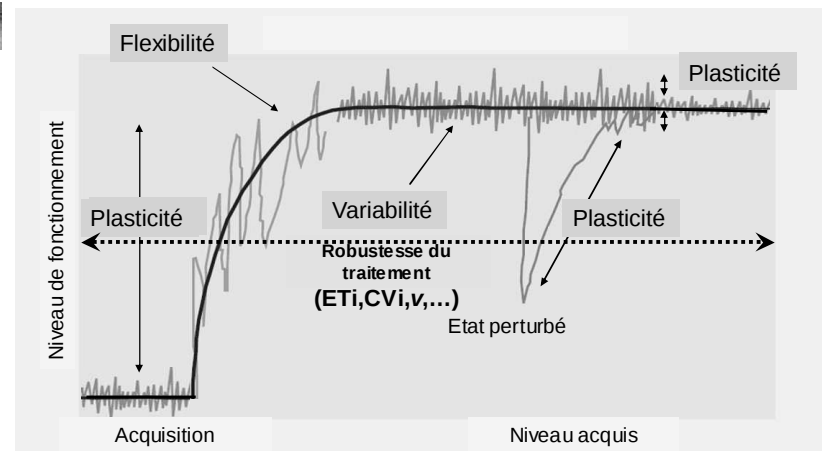
Parameters

1. upper response boundary, b
2. non-decision time, T_{er}
3. between-trial variability in drift rate, s
4. mean of between-trial drift rate distribution for correct response, v_c
5. mean of between-trial drift rate distribution for incorrect response, v_e
6. value of uniform start point distribution, A

voir Donkin, Averell, Brown, & Heathcote (sous presse)

Perspectives II

► Rôle fonctionnel des fluctuations individuelles



Modifié d'après Li et al. (2004; taxonomie des «dynamiques intra-individuelles »)

► Intérêt potentiel du modèle de diffusion

- combinaison précision et vitesse
- processus sous-jacents

► Importantes limitations

- différences individuelles
- tâches utilisées

► Précautions

- choix de l'approche
- Interprétation des processus
 - *rôle fonctionnel des paramètres reste à explorer (au-delà des paramètres du modèle, dont v)*

► Développements méthodologiques prometteurs

- application du modèle aux données facilité
- *évaluation systématique/rigoureuse reste nécessaire*

