



Un modèle auto-régressif multivarié et multi-niveaux de données ESM émotionnelles

Jean-Luc Kop¹, Bruno Dauvier², Sarah Le Vigouroux²,
Jean-Baptiste Pavani² et Anne Congard²

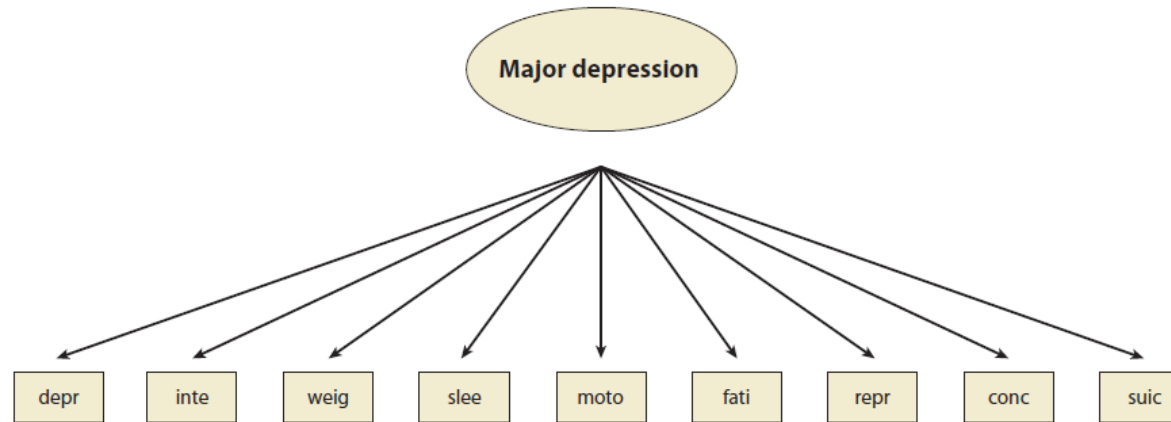
¹ Université de Lorraine

² Aix-Marseille Université

En préambule : Mais où sont les construits ?

D'une approche en variables latentes vers une approche en réseaux

Borsboom, D., & Cramer, A. O. J. (2013). Network analysis: An integrative approach to the structure of psychopathology. *Annual Review of Clinical Psychology*, 9, 91-121.



depr : Depressed mood
inte : Loss of interest
weig : Weight problems
slee : Sleep problems
moto : Psychomotor disturbances
fati : Fatigue
repr : Self-reproach
conc : Concentration problems
suic : Suicidal ideation

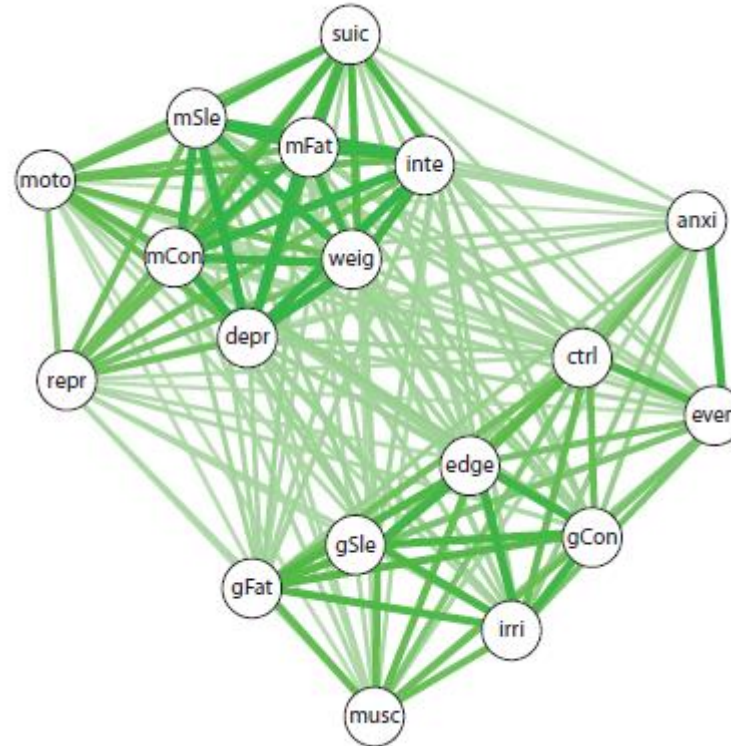
“But where is the university? I have seen where the members of the Colleges live, where the Registrar works, where the scientists experiment, and the rest. But I have not yet seen the University. . .” [Ryle’s (1949, p. 16)]

En préambule : Mais où sont les construits ?

D'une approche en variables latentes vers une approche en réseaux

Borsboom, D., & Cramer, A. O. J. (2013). Network analysis: An integrative approach to the structure of psychopathology. *Annual Review of Clinical Psychology*, 9, 91-121.

*In such approaches, disorders are conceptualized as systems of causally connected symptoms rather than as effects of a latent disorder. Network modeling has the philosophical advantage of dropping the unrealistic idea that symptoms of a single disorder share a single causal background, while it simultaneously avoids the relativistic consequence that disorders are merely labels for an arbitrary set of symptoms: It provides a middle ground in which **disorders exist as systems, rather than as entities***



Network for symptoms of major depression (MD) and generalized anxiety disorder (GAD) based on correlations based on the National Comorbidity Survey Replication data.

Depr : Depressed mood MD
Inte: Loss of interest MD
Weig : Weight problems MD
Moto : Psychomotor disturbances MD
Repr : Self-reproach MD
Suic : Suicidal ideation MD
mSle : Sleep problems MD
mFat : Fatigue MD
mCon : Concentration problems MD
Slee : Sleep problems MD/GAD
Conc : Concentration problems MD/GAD
Fati : Fatigue MD/GAD
gSle : Sleep problems GAD
gFat : Fatigue GAD
gCon : Concentration problems GAD
Anxi : Chronic anxiety/worry GAD
Even : Anxiety about >1 event GAD
Ctrl : No control over anxiety GAD
Irri : Irritable GAD
Musc : Muscle tension GAD
Edge : Feeling on edge GAD

D'une approche en variables latentes vers une approche en réseaux

Depr : Depressed mood MD
 Inte: Loss of interest MD
 Weig : Weight problems MD
 Moto : Psychomotor disturbances MD
 Repr : Self-reproach MD
 Suic : Suicidal ideation MD
 mSle : Sleep problems MD
 mFat : Fatigue MD
 mCon : Concentration problems MD
 Slee : Sleep problems MD/GAD
 Conc : Concentration problems MD/GAD
 Fati : Fatigue MD/GAD
 gSle : Sleep problems GAD
 gFat : Fatigue GAD
 gCon : Concentration problems GAD
 Anxi : Chronic anxiety/worry GAD
 Even : Anxiety about >1 event GAD
 Ctrl : No control over anxiety GAD
 Irri : Irritable GAD
 Musc : Muscle tension GAD
 Edge : Feeling on edge GAD



Comment étudier des réseaux dynamiques ?

Des techniques statistiques existent depuis longtemps pour inférer des réseaux à partir de données empiriques mais elles ne sont pas forcément adaptées aux données psychologiques :

- Les séries temporelles sont souvent courtes
- Les données sont structurées hiérarchiquement (observations emboîtées dans des personnes)

Un modèle auto-régressif multivarié et multi-niveaux (*multilevel vector autoregression (VAR) model*)

OPEN  ACCESS Freely available online



A Network Approach to Psychopathology: New Insights into Clinical Longitudinal Data

Laura F. Bringmann^{1*}, Nathalie Vissers¹, Marieke Wichers², Nicole Geschwind³, Peter Kuppens¹, Frenk Peeters², Denny Borsboom⁴, Francis Tuerlinckx¹

¹ Department of Psychology, University of Leuven, Leuven, Belgium, ² Department of Psychiatry and Neuropsychology, Maastricht University, Maastricht, The Netherlands, ³ Department of Clinical Psychological Science, Maastricht University, Maastricht, The Netherlands, ⁴ Department of Psychology, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands

Un modèle auto-régressif multivarié et multi-niveaux (*multilevel vector autoregression (VAR) model*)

AR : modèle auto-régressif (variable au temps t dépend de la même variable au temps $t-1$, $t-2$, etc...)

VAR : modèle auto-régressif multivarié (variable au temps t dépend en plus d'autres variables au temps $t-1$, $t-2$, etc.)

➔ Modélisation intra-individuelle

Modèle multi-niveaux permet de modéliser les différences inter-individuelles (i.e. les coefficients de modèles auto-régressifs peuvent varier d'un individu à l'autre [effets aléatoires])

➔ Modélisation inter-individuelle



EXEMPLE

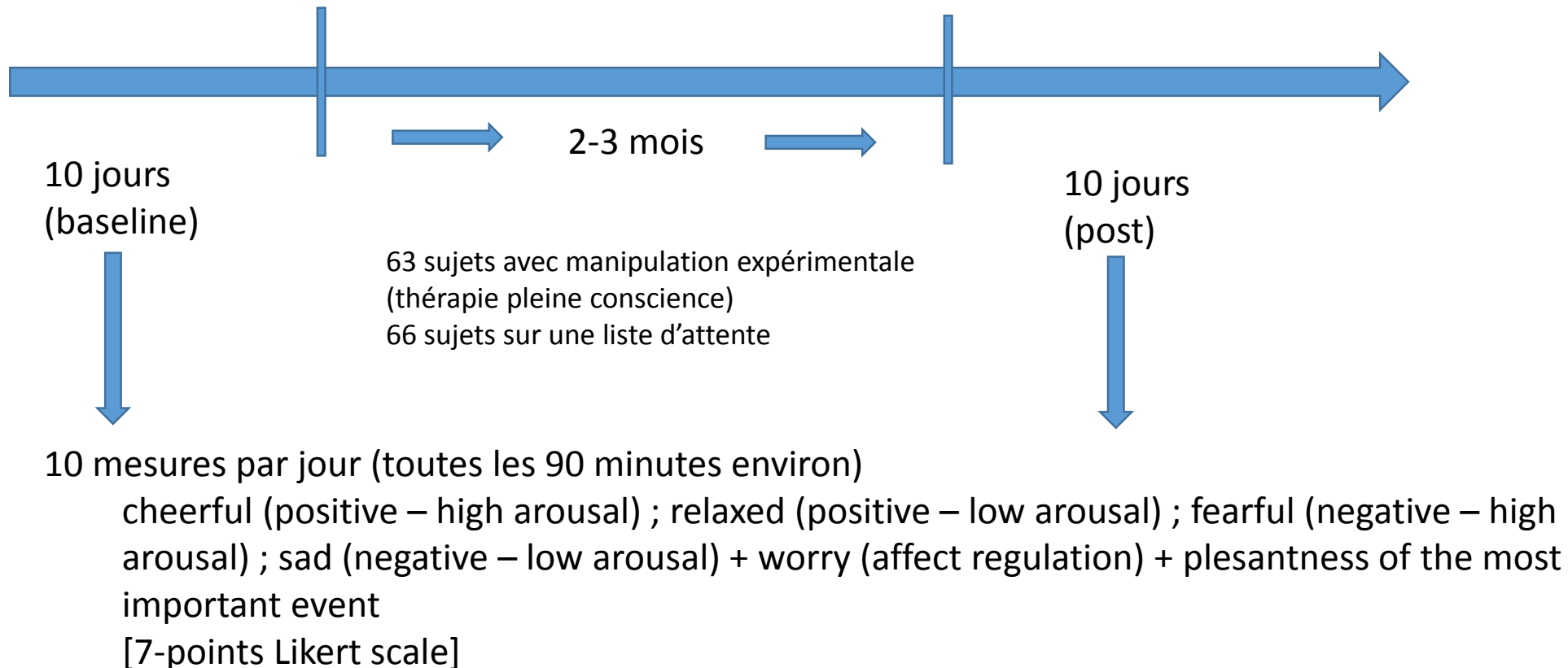
OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

A Network Approach to Psychopathology: New Insights into Clinical Longitudinal Data

Laura F. Bringmann^{1*}, Nathalie Vissers¹, Marieke Wichers², Nicole Geschwind³, Peter Kuppens¹, Frenk Peeters², Denny Borsboom⁴, Francis Tuerlinckx¹

¹ Department of Psychology, University of Leuven, Leuven, Belgium, ² Department of Psychiatry and Neuropsychology, Maastricht University, Maastricht, The Netherlands, ³ Department of Clinical Psychological Science, Maastricht University, Maastricht, The Netherlands, ⁴ Department of Psychology, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands



Le modèle

$$cheerful_{pdt} = \gamma_{0pd} + \gamma_{1pd} \times cheerful_{p,d,t-1} + \gamma_{2pd} \times sad_{p,d,t-1} + \gamma_{3pd} \times worry_{p,d,t-1} + \gamma_{4pd} \times fear_{p,d,t-1} + \gamma_{5pd} \times event_{p,d,t-1} + \gamma_{6pd} \times relaxed_{p,d,t-1} + \epsilon_{pdt}$$

p : personne
d : jour
t : moment

Effet fixe (population average effect)

$$\gamma_{0pd} = \beta_0 + b_{0p} \qquad \gamma_{1pd} = \beta_1 + b_{1p}$$

Effet aléatoire (person-specific deviation of the general effect)

MATRICE **B**

des effets fixes

	cheerful (L1)	pleasant (L1)	worry (L1)	fearful (L1)	sad (L1)	relaxed (L1)
cheerful	β_{11}	β_{12}	β_{13}	...		
pleasant	...					
worry						
fearful						
sad						
relaxed						

population average of the network structure

Estimation

MATRICE **B**

des effets fixes

	cheerful (L1)	pleasant (L1)	worry (L1)	fearful (L1)	sad (L1)	relaxed (L1)	
cheerful	β_{11}	β_{12}	β_{13}	...			] population average of the network structure
pleasant	...						
worry							
fearful							
sad							
relaxed							

- Les coefficients sont estimés à partir de 6 modèles univariés (chaque variable est prise tour à tour comme variable dépendante dans 6 modèles différents) → *pseudo-likelihood method*
- La plupart des paramètres sont estimés directement ; les autres (corrélations entre les termes d'erreur des différentes régressions univariées) ne peuvent être estimés qu'indirectement [calculées à partir des corrélations entre valeurs prédites ???].

Illustration

Le tableau de données

sujet	jour	beep	group	period	cheerful	pleasant	worry	fearful	sad	relaxed	nevroisme
10720	1	1	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	2	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	3	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	4	0	0	4	3	6	5	4	2	34
10720	1	5	0	0	2	1	5	4	4	2	34
10720	1	6	0	0	3	2	5	3	5	5	34
10720	1	7	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	8	0	0	2	2	6	5	3	2	34
10720	1	9	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	10	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	2	1	0	0	5	2	5	3	5	5	34
10720	2	2	0	0	5	-3	6	2	3	5	34
10720	2	3	0	0	3	1	6	3	5	3	34
10720	2	4	0	0	5	-2	5	3	4	4	34
10720	2	5	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	2	6	0	0	4	2	4	2	3	5	34
10720	2	7	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	2	8	0	0	4	2	5	2	2	5	34
10720	2	9	0	0	5	3	2	1	2	6	34
10720	2	10	0	0	6	3	2	1	2	5	34
10720	2	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	3	1	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	3	2	0	0	3	2	5	2	4	3	34
10720	3	3	0	0	3	-2	5	2	3	2	34

On ne tient pas
compte des
observations entre
10^e mesure du jour J
et 1^{ère} mesure du
jour J+1

129 sujets * 10
jours * (10 + 1)
beep * 2 périodes
= 28380 lignes

Illustration

Le tableau de données après ajout des variables décalées (1 seul décalage ici)

sujet	jour	beep	groupe	period	cheerful	pleasant	worry	fearful	sad	relaxed	nevtrosisme	cheerfulL1	pleasantL1	worryL1	fearfulL1	sadL1	relaxedL1
10720	1	1	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	2	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	3	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	4	0	0	4	3	6	5	4	2	34	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	5	0	0	2	1	5	4	4	2	34	4	3	6	5	4	2
10720	1	6	0	0	3	2	5	3	5	5	34	2	1	5	4	4	2
10720	1	7	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3	2	5	3	5	5
10720	1	8	0	0	2	2	6	5	3	2	34	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	9	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2	2	6	5	3	2
10720	1	10	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	1	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	2	1	0	0	5	2	5	3	5	5	34	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	2	2	0	0	5	-3	6	2	3	5	34	5	2	5	3	5	5
10720	2	3	0	0	3	1	6	3	5	3	34	5	-3	6	2	3	5
10720	2	4	0	0	5	-2	5	3	4	4	34	3	1	6	3	5	3
10720	2	5	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	-2	5	3	4	4
10720	2	6	0	0	4	2	4	2	3	5	34	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	2	7	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4	2	4	2	3	5
10720	2	8	0	0	4	2	5	2	2	5	34	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	2	9	0	0	5	3	2	1	2	6	34	4	2	5	2	2	5
10720	2	10	0	0	6	3	2	1	2	5	34	5	3	2	1	2	6
10720	2	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6	3	2	1	2	5
10720	3	1	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	3	2	0	0	3	2	5	2	4	3	34	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10720	3	3	0	0	3	-2	5	2	3	2	34	3	2	5	2	4	3

Postulats du modèle

- Egalité des intervalles temporels entre deux mesures (beep aléatoire donc pas d'égalité parfaite)
- Stationarité des séries temporelles
 - 77% des séries selon le Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) test
 - BIC de modèles sans tendance est meilleur que celui de modèles avec tendance linéaire
- Nombre de décalages
 - Décalage d'ordre 3 est le meilleur modèle... mais les coefficients de décalage 1 sont très proches dans tous les modèles
 - “the impulse response functions also did not reveal any substantive effects of interest, which could have warranted a more complex analysis, we proceeded with the order-1 results.”

Estimation des coefficients

Package `lme4` de R

Cf. infra pour l'écriture des modèles