Arielle Bonneville-Roussy
Fabien Fenouillet
Yannick Morvan

Introduction aux analyses par équations structurelles

Applications avec Mplus en psychologie et sciences sociales

DUNOD

Cet ouvrage est un retirage corrigé de l'édition
parue en septembre 2021 sous le même titre.

Maquette intérieure :
www.atelier-du-livre.fr
(Caroline Joubert)

© Dunod, 2022
11 rue Paul Bert – 92240 Malakoff
ISBN 978-2-10-083977-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Introduction 7

1. Pourquoi un livre sur les modèles d'équations structurelles ? 9
2. Pourquoi Mplus ? 10
3. Un livre sans (ou presque sans) équations 10
4. La structure du livre 11

Remerciements 13

Partie 1
Concepts de base

Chapitre 1 – Définir la modélisation par équations structurelles 17

1. Que sont les modèles par équations structurelles ? 19
2. Concepts liés aux MES 21
3. Comment commencer ? Les grandes étapes des MES 26

Chapitre 2 – L'environnement Mplus 35

1. Fichier de données 37
2. Fichier script (aussi appelé Syntaxe, dans Mplus Input, .inp) 39
3. Fichier output (Résultats) 47
4. Autres fonctionnalités utiles 49

Partie 2
Modèles de base

Chapitre 3 – Analyses par pistes causales avec variables observées 53

1. Comment modéliser une régression simple ? 56
2. Comment interpréter les résultats ? 64
3. Comment modéliser une analyse en pistes causales ? 65
4. Comment interpréter les résultats ? 73
5. Comment modéliser une analyse de médiation avec variables observées ? 76

Chapitre 4 – Les modèles de mesure : analyse factorielle 85

1. Introduction : principe de l'analyse factorielle 87
2. Analyse factorielle confirmatoire 88

© Dunod. Toute reproduction non autorisée est un délit.

3. Respécifier le modèle (étape 5) 100
4. Un entre-deux : modèles par équations structurelles exploratoires 103
5. Les modèles bifactoriels 109

Chapitre 5 – L'invariance des mesures et l'équivalence des modèles entre différents groupes 123
1. Principe de l'invariance 125
2. Les principales étapes de l'invariance 126
3. Invariance de la mesure : la méthode simple 131
4. Invariance de la mesure : deuxième approche 140
5. Comparer les moyennes latentes 155

Chapitre 6 – Modélisation par équations structurelles avec variables latentes 161
1. Combiner les modèles de régression et les modèles de mesure 163
2. Mettre en œuvre et tester un modèle par équations structurelles 163
3. MES entre différents groupes : la mesure d'équivalence 172

Partie 3
Modèles longitudinaux

Chapitre 7 – Analyse longitudinale en courbes latentes LGCM 191
1. Exemple d'un protocole longitudinal 193
2. Comment modéliser les trajectoires ? 196
3. Comment modéliser une trajectoire linéaire ? 196
4. Adéquation des modèles à nos données 207
5. Comment modéliser des trajectoires non linéaires ? 212
6. Les covariables qui varient et ne varient pas au cours du temps 223
7. Comment modéliser l'effet d'une trajectoire sur une variable dépendante distale 234
8. En résumé 237

Partie 4
Modèles multi-niveaux (hiérarchiques)

Chapitre 8 – Analyses factorielles confirmatoires multi-niveaux 241
1. Introduction aux analyses multi-niveaux 243

2. L'importance d'analyser des données hiérarchiques à l'aide d'analyses multi-niveaux 244
3. Notation graphique 245
4. Spécifier un modèle multi-niveau 245
5. Identification et estimation 249
6. Les analyses factorielles multi-niveaux 250

Chapitre 9 – Analyses par pistes causales multi-niveaux 271
1. La régression multi-niveaux 273
2. Les analyses par pistes causales multi-niveaux 291

Chapitre 10 – Les modèles par équations structurelles multi-niveaux 311

Partie 5
S'y retrouver dans les MES

Chapitre 11 – Suggestions de solutions à des problèmes courants. Ce chapitre est peut-être celui que vous désirerez lire en premier… 343
1. Glossaire des termes anglais-français utilisés en MES 345
2. Glossaire anglais-français des commandes Mplus 348
3. Un problème fréquent : la taille d'échantillon 349
4. Les vingt sources d'erreurs fréquentes et leurs messages 358

Épilogue 369

Bibliographie 371

Index 375

© Dunod. Toute reproduction non autorisée est un délit.

Introduction

1. Pourquoi un livre sur les modèles d'équations structurelles ?

Arielle : L'idée de ce livre est venue en 2014 lorsque j'enseignais les modèles d'équations structurelles (MES) à l'université de Cambridge, en Angleterre. Le cours que je donnais était accessible aux chercheurs et étudiants des cycles supérieurs du monde entier et se voulait une introduction aux MES par le biais d'exemples concrets proches des besoins encourus dans les universités et grandes écoles. C'est en enseignant ce cours en anglais et en rencontrant des chercheurs francophones qui venaient y assister que je me suis rendu compte du besoin criant de démocratiser les MES par des ressources en français. J'y ai fait la rencontre de Yannick Morvan. Puis quelques mois plus tard, Fabien Fenouillet et moi avons présenté dans le même colloque et avons découvert cet intérêt commun aux MES.

Yannick : Après m'être formé aux MES avec Mplus à Londres avec Chris Stride en 2014 puis à Cambridge à deux reprises en 2014 et 2015 auprès d'Arielle Bonneville-Roussy et de Gabriela Roman, j'étais convaincu de l'intérêt de transmettre ces techniques de modélisation auprès d'un public francophone. Avec l'aide de ma collègue Laurence Kern, nous avons organisé une formation à l'université Paris-Nanterre en juillet 2016 et eu le plaisir d'y accueillir Arielle Bonneville-Roussy comme formatrice. Nous nous y sommes retrouvés avec Fabien Fenouillet qui était déjà un participant avancé et également très intéressé pour diffuser ces techniques.

Fabien : Mon intérêt pour les MES a émergé aux alentours des années 2010. Après m'être arraché les cheveux sur nombre d'ouvrages et d'articles en anglais, j'ai eu le plaisir de rencontrer le regretté Pierre Vrignaud qui en était l'un des premiers spécialistes français. Quelques années plus tard, à l'occasion de différents colloques au Canada sur mes thématiques de recherches, j'ai croisé la route d'Arielle Bonneville-Roussy que j'ai eu l'agréable surprise de retrouver la même année mais cette fois comme formatrice sur invitation de Yannick Morvan et Laurence Kern. Il est vite apparu que nous partagions le même goût pour la compréhension de l'immense famille des MES et qu'il aurait été dommage de s'arrêter en si bon chemin.

C'est en discutant tous les trois que nous nous sommes rendu compte du besoin criant d'un ouvrage savant traitant des MES de la manière la plus simple possible. En effet, les MES sont devenues l'une des méthodes les plus utilisées en psychologie et en sciences sociales. Cependant, la majorité des ouvrages traitant des MES ont été écrits en anglais, souvent en utilisant un jargon opaque peu accessible à un public francophone. De plus, les ouvrages existants utilisent fréquemment des équations statistiques comme outil de base de la compréhension, ce qui rend d'autant plus ardue la découverte des MES pour les chercheurs et étudiants en psychologie et sciences sociales. Ce livre se veut donc une réponse à ces deux problématiques.

© Dunod. Toute reproduction non autorisée est un délit.

Le but de cet ouvrage est d'offrir une introduction aux MES qui est à la fois accessible et complète. Son objectif principal est de fournir un guide pratique des MES à l'aide de Mplus. En ce sens, il est écrit pour les chercheurs qui connaissent peu ou qui ne connaissent pas les MES et le logiciel Mplus. En fait, le seul prérequis de ce livre est d'avoir une connaissance de base de la corrélation et de la régression. Il cible tant les étudiants aux cycles supérieurs et les chercheurs postdoctoraux que les chercheurs établis. Ce livre ne cible pas de domaine de recherche spécifique, si ce n'est que les exemples sont tirés majoritairement des domaines de la psychologie, des sciences sociales et de l'éducation. En somme, nous espérons que les chercheurs en psychologie et en sciences sociales débutants puissent acquérir par les premiers chapitres de cet ouvrage une connaissance de base des techniques liées aux MES, et qu'ils puissent les appliquer dans leurs propres recherches. Nous espérons aussi que les chercheurs plus aguerris puissent y découvrir des techniques plus avancées qui sont introduites dans les derniers chapitres du livre.

2. Pourquoi Mplus ?

Plusieurs logiciels sont aptes à faire de la modélisation par équations structurelles. Mentionnons ici les logiciels AMOS, LISREL, R et bien entendu Mplus. Cependant, Mplus est un logiciel relativement facile à utiliser qui peut être considéré comme le « couteau suisse » des MES. Non seulement peut-il analyser des données continues, mais aussi catégorielles de toutes sortes. Il traite aussi les données manquantes et nous permet de combiner des analyses telles que les régressions logistiques et linéaires. Avec Mplus le chercheur peut analyser des données tant corrélationnelles que transversales, longitudinales et multi-niveaux. Enfin, Mplus nous permet de voir graphiquement les résultats des analyses par MES. Il est à noter que tous les scripts ont été testés à l'aide de la version Mplus 8.5 (Mplus 2017-2021).

Bien que ce live traite des MES avec Mplus, le lecteur intéressé à avoir une introduction plus générale aux MES pourra facilement s'y retrouver puisque chaque chapitre commence par une introduction aux concepts de base des analyses préconisées dans ce chapitre.

3. Un livre sans (ou presque sans) équations

Le présent ouvrage est pensé comme une introduction à l'analyse et l'interprétation de données avec les MES et Mplus. L'accent est mis sur la compréhension

des concepts de base. Il ne s'agit pas d'un livre de statistiques. L'ouvrage se veut comme un guide pratique, l'attention est portée sur l'analyse et l'interprétation à l'aide d'applications pratiques et d'exemples concrets. En ce sens chacun des chapitres commence par l'énoncé d'un problème de recherche concret, tiré bien souvent des recherches antérieures des auteurs, suivi de l'énoncé d'hypothèses qui seront évaluées à l'aide de la technique préconisée dans le chapitre. Chacun des problèmes de recherche sera aussi illustré par des schémas et graphiques propres aux MES. De plus, les scripts et paramètres d'entrée (fichiers scripts, INPUT) Mplus seront précisés et les fichiers de sortie (OUTPUT) interprétés en détail. Enfin, une interprétation globale des résultats sera donnée.

Afin de préserver l'aspect pratique du livre, les équations statistiques sont donc réduites au minimum. Les lecteurs plus friands de formules mathématiques et d'équations statistiques élaborées ne seront pas en reste puisque chaque chapitre inclut des références à des ouvrages plus théoriques où les concepts mathématiques sous-jacents sont expliqués en profondeur.

4. La structure du livre

Le livre comprend cinq parties. La première partie introduit les concepts de base du livre. Le chapitre 1 s'attarde sur les concepts de base des MES, ainsi que leurs notations standardisées et une proposition de marche à suivre pour commencer l'analyse des MES. Le chapitre 2 s'attarde à l'environnement Mplus et introduit aux lecteurs francophones la définition des fichiers, des syntaxes de base et des fonctionnalités de Mplus.

La deuxième partie permettra au chercheur de se familiariser avec les techniques de base des MES ainsi que de leurs applications dans Mplus. Ainsi, nous y introduirons les analyses par piste causale (chapitre 3), les modèles de mesures (chapitres 4 et 5) ainsi que les modèles d'équations structurelles proprement dites (chapitre 6).

La troisième partie s'attarde aux modèles longitudinaux avec des analyses de trajectoires (chapitre 7). La quatrième partie offre un aperçu des analyses MES multi-niveaux (8, 9 et 10). Finalement, la cinquième partie offre des solutions et astuces de dépannages pour vous aider en cas de problèmes avec vos analyses (chapitre 11). À l'heure où nous finalisons la rédaction de cet ouvrage, tous les fichiers Mplus ont été vérifiés à l'aide de la version Mplus 8.6. Ces fichiers sont disponibles sur notre site web compagnon : mesmodelisations.fr.

© Dunod. Toute reproduction non autorisée est un délit.

Remerciements

Le parcours de la conception à la parution de ce livre a été marqué par plusieurs événements de vie, notamment une pandémie et trois naissances chez les auteurs. Nous tenons donc à remercier en premier lieu nos familles pour leur soutien infaillible, Florence, Guilhem, Camille, Constance, Cécile, Julie, Jeanne…

Nous voulons aussi remercier le Centre de Psychométrie de l'Université de Cambridge, son directeur émérite le Professeur John Rust ainsi que Dr. Gabriela Roman (co-directrice, avec Arielle Bonneville-Roussy, du cours de modélisation par équations structurelles avec Mplus, donné à Cambridge de 2013 à 2016). Sans le soutien du Centre et la complicité et le soutien de Gabriela, le cours, et par extension l'idée de ce livre, n'auraient jamais vu le jour. Merci aussi à l'Université de Roehampton où la majorité du livre a été écrite.

Nous souhaitons également remercier l'Institut de Psychiatrie ainsi que l'université Paris Nanterre et plus particulièrement le Dr. Laurence Kern pour nous avoir permis d'organiser en 2016 une première formation francophone nationale sur Mplus qui a constitué une des sources de motivation de cet ouvrage, ainsi que les Pr. Krebs et Dr. Chaumette du Centre d'Evaluation des Jeunes Adultes et Adolescents dont l'activité clinique et de recherche a inspiré certaines des modélisations présentées dans cet ouvrage.

Un grand merci à nos relecteurs qui ont fait un travail formidable en nous disant que notre travail en valait la chandelle et surtout en nous aidant à clarifier les passages difficiles : Pr. Jérémie Verner-Filion ainsi que les doctorantes Élisa Grenon et Élizabeth Parent-Taillon.

Finalement, un grand merci à l'équipe des éditions Dunod qui, compte-tenu du contexte sanitaire, a fait preuve d'une grande patience et résilience dans l'attente du résultat final.

© Dunod. Toute reproduction non autorisée est un délit.

Partie 1

Concepts de base

Chapitre 1

Définir la modélisation par équations structurelles

Sommaire

1. Que sont les modèles par équations structurelles ? 19
2. Concepts liés aux MES 21
3. Comment commencer ? Les grandes étapes des MES 26