

# UTILISER DES ACP PARTIELLES POUR RESTAURER CERTAINES PROPRIÉTÉS DES ÉCHELLES PSYCHOMÉTRIQUES

Marc Bourdeau<sup>1</sup> & Philippe Delmas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> École Polytechnique, CP 6079 Centre-ville, Montréal Qc, Canada H3C 3A7.

[Louis.Marc.Bourdeau@Gmail.com](mailto:Louis.Marc.Bourdeau@Gmail.com)

<sup>2</sup> Institut et Haute École de la Santé La Source, Avenue Vinet 30, 1004 Lausanne CH.

[P.Delmas@EcoleLaSource.ch](mailto:P.Delmas@EcoleLaSource.ch)

**Résumé.** En présence de multi-colinéarités entre les dimensions des échelles psychométriques, il devient presque impossible de se servir des scores des sujets sur ces dimensions construites sur les items pour prédire, à partir de modèles linéaires ordinaires ou généralisés, leurs effets sur des réponses externes qui intéressent les chercheurs. Cette situation est particulièrement fréquente dans les cas de tailles échantillonales modérées, très fréquents en pratique. Ces analyses sont cruciales pour définir, par exemple en médecine, des stimulations appropriées pour optimiser des réponses à des traitements particuliers. Nous allons utiliser l'*Index of readiness* dans une étude de cas pour obvier à cette situation grâce à une technologie statistique appropriée, et ainsi permettre l'utilisation de cette échelle pour améliorer l'observance des sidéens à leur médication complexe.

**Mots-clés.** Échelles psychométriques multidimensionnelles, multi-colinéarités, analyse en composantes principales (ACP), validation d'indices multidimensionnels sommés, modèles de régression.

**Abstract.** In the presence of large correlations between the dimensions of psychometric tests with summated scales, it is often difficult to use the scores on the dimensions to predict their effects on various responses of interest through ordinary or generalized regression models. This is especially the case when the sample sizes are moderately large (in the vicinity of 100). In our example, these analyses are crucial to develop proper stimulations of patients to optimize their responses. We will use the Index of Readiness (IR), as a case study to describe a simple statistical procedure to address this problem, in order to restore the usability of the IR scale for the improvement of adherence to treatments by HIV patients.

**Keywords.** Multidimensional scales, regression models, multicollinearity, principal component analysis (PCA), validation of psychometric summated scales, regression models.

## 1 Introduction

Les psychométriciens prennent toutes les précautions possibles pour définir et choisir les items des dimensions des construits qu'ils veulent établir de sorte qu'elles soient indépendantes, i.e. statistiquement orthogonales. Pour cela on utilise beaucoup les méthodes factorielles, surtout l'ACP (Carmines et Zeller, 1979; DeVellis, 2012 ; Grégoire et Laveault, 1997 ; Laurencelle, 1996 ; Zeller et Carmines, 1978). Les dimensions sont présumées indépendantes, au sens où un changement dans une des dimensions ne permet aucunement de prévoir le changement dans les autres. Les échantillons qui d'établissement des échelles sont en général de grandes tailles (mais c'est loin d'être toujours le cas).

Une fois les construits établis, on les rend disponibles et ils sont utilisés par la suite par des communautés de chercheurs. Dans la pratique de ces échelles cependant, on peut rarement dépasser

des tailles autour de la centaine. Les propriétés attendues sont rarement au rendez-vous de façon satisfaisante. La validation des échelles se construit peu à peu, grâce à un faisceau d'utilisations chacune dans des applications différentes, chacune apportant des confirmations supplémentaires concordantes (DeVellis, 2012). Ce problème handicape la validation et l'utilisation des échelles à long terme.

Notamment, on n'observe que rarement l'orthogonalité des dimensions, propriété cruciale de tout échelle psychométrique. Il arrive ainsi plus souvent qu'autrement que les corrélations inter-dimensionnelles soient grandes, due surtout aux corrélations inextricables entre les items sommés pour définir les dimensions. La validation prédictive, la plus importante (Zeller et Carmines, 1979), par des modèles de régression ordinaires ou généralisées, devient problématique. La validité prédictive des échelles psychométriques est une propriété cruciale. C'est même là une des grandes difficultés de la validation des échelles psychométriques (DeVellis, 2012).

C'est ainsi que les modèles usuels ou généralisés de régression ne peuvent servir à faire des prédictions pour des variables de réponse d'intérêt pour les chercheurs. Les échelles psychométriques deviennent alors purement descriptives et ne peuvent servir à une validation dite prédictive. Leur validation est mise en question.

L'exemple que nous allons illustrer ici consiste à utiliser l'indice/échelle de *Readiness* (la volonté de prendre les mesures pour changer des habitudes, et se mettre en disponibilité — *readiness* —, pour observer leur médication) pour un groupe de patients sidéens aux fins d'assurer l'observance stricte difficile à réaliser, à leur cocktail de médicaments sous peine d'en perdre rapidement l'efficacité. On trouve le même problème dans bien des maladies chroniques. Les chercheurs ont voulu dans un premier temps distinguer les patients avec un haut score de *Readiness* pour voir si ce caractère explique l'observance. Par la suite ils ont voulu profiler des interventions formatives dans le sens d'une meilleure observance. Rien de cela n'était possible sur l'échantillon observé.

## 2 Une façon d'obvier à ce problème

Nous avons établi une technologie statistique pour obvier au problème des multi-colinéarités de dimensions d'une échelle psychométrique, et ainsi rétablir leurs indépendances mutuelles, de sorte que les modèles que nous pouvons alors définir permettent d'optimiser les traitements du sida (Bourdeau & al, 2012), par une utilisation optimale des réponses aux items de l'échelle. Elle peut être généralisée à bien d'autres exemples. Nous en exposerons un autre si le temps le permet.

Quelques détails. Après bien des essais plus ou moins fructueux, de réduire *ad hoc* l'ensemble des items inspirés des méthodes séquentielles amont ou aval de choix des variables/items, qu'on trouve dans l'établissement des bons modèles linéaires, et ce, afin de rendre les dimensions plus ou moins orthogonales, nous avons pensé utiliser des ACP sur les seuls items qui servent à définir les dimensions d'origine, dimension par dimension. En effectuant ainsi des *ACP partielles* des sujets observés, nous avons pu ainsi définir des pseudo-dimensions, sémantiquement valables, pour chacune des dimensions originales de l'échelle, et reconstituer par l'ensemble des pseudo-dimensions l'indépendance des dimensions d'origine. Nous avons, au cours de la validation de cette technologie statistique sur nos données, développé des raisons de penser que cela n'est pas un artefact de l'exemple considéré, et, en retour, redonner à l'échelle originale une validation psychométrique qu'elle n'avait plus sur notre échantillon. D'une pierre, deux coups.

Par la suite, on a établi et validé des modèles de régressions sur les pseudo-dimensions, dont la variable dépendante est le taux de cellules CD4 directement lié à la santé des sidéens : plus ils sont observants de leur traitement, plus le taux de CD4 est élevé. Grâce aux retours aux items du questionnaire via les corrélations des composantes avec ceux-ci, on peut définir pour chaque sidéen une formation, ciblée sur les modifications de très peu d'items seulement de leur *readiness*, et optimiser leur taux de CD4 espérés.

Les modèles de régression permettent de prédire les taux de CD4 attendus lorsque les items prennent les valeurs optimales que nous déterminons. Il s'agit en fait d'obtenir des sujets une *readiness* exemplaire au sens de CD4 optimaux,

Une dernière validation, cruciale à vrai dire, à apporter à notre modèle consisterait à cibler des formations individuelles pour assurer le plus possible l'optimisation de ces seuls items, et par voie de conséquence optimiser les taux de CD4. Cela est encore à faire. Dès maintenant, toutefois, il apparaît que notre technologie statistique permet de valider, rétroactivement, les compositions des dimensions, donc l'échelle de *readiness* elle-même. Ce qui n'était pas clairement établi.

Dans notre exposé, nous allons développer nos idées 'dans' un tutoriel rédigé pour présenter les ACP les modèles de régression multiple, sur le cas utilisé ici, de même que toute la démarche logique de l'analyse de données qui demande, comme toute analyse de données, une validation prudente. Nous exposons notre démarche pas à pas, et laissons au lecteur la plupart des validations en exercices. L'ensemble de données est accessible par internet (Bourdeau, Delmas Sylvain, 2012)

Cette forme de document pourrait être utilisée dans une approche dite inversée de l'apprentissage de la statistique, qui est vue de plus en plus comme la forme moderne et la seule valable de sa transmission ([Portail-LeTableau](#), [Manifeste pour une pédagogie active](#), [Flipped learning Network](#)).

## Bibliographie

- [1] Bourdeau, M. (2013), [Alors vous voulez construire // valider // utiliser un test ?](#), Montréal Qc: Conférence au Collectif pour le développement des applications en mesure et évaluation, Uqàm (Université du Québec à Montréal), 22 pages
- [2] Bourdeau, M., Delmas, P. et Sylvain, H. (2012), [Using partial components to restore and use the concurrent validity of the Index of Readiness](#). (*TQMP*) *The Quantitative Methods in Psychology*, 8(2), 70-87.
- [3] Carmines, E. et A.Zeller, R. (1978), [Reliability and validity assessment](#). Beverly Hills CA: Sage Publications.
- [4] Grégoire, J. & Laveault, D. (1997), *Introduction aux théories des tests en sciences humaines*. Bruxelles BE: De Bœck Université.
- [5] Kutner, M. H., Neter, J., Nachtsheim, C. H. et Wasserman, W. (2005), *Applied linear statistical models*. 5e éd. Montréal & Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- [6] Laurencelle, L. (1996). *Théorie et techniques de la mesure instrumentale*, Québec Qc: Presses de l'Université du Québec.
- [7] Zeller, R. A. & Carmines, E. (1980), *Measurement in the social sciences. The link between theory and data*, Cambridge UK: Cambridge University Press.