



L'approche des moindres carrés partiels (PLS-SEM) dans les recherches en sciences de gestion : applications et enjeux méthodologiques

Ridouan NEJJARI

Docteur

Laboratoire de recherche et d'Etudes en Management, Entrepreneuriat et Finance (LABEMEF)
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion - Fès (ENCGF)

Chafik ECHINE

Doctorant

Laboratoire de recherche et d'Etudes en Management, Entrepreneuriat et Finance (LABEMEF)
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion - Fès (ENCGF)

Jawad KIBOU

Maître de conférences habilité

Laboratoire de recherche et d'Etudes en Management, Entrepreneuriat et Finance (LABEMEF)
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion - Fès (ENCGF)

Résumé : L'adoption de la modélisation par équations structurelles basée sur les moindres carrés partiels (PLS-SEM) dans le champ des sciences de gestion constitue une orientation méthodologique et empirique à fort potentiel. Elle permet d'articuler des données empiriques avec des hypothèses théoriques explicites sur la causalité, en intégrant des variables observées et des construits latents. Le présent article s'attache à expliciter les conditions méthodologiques d'utilisation de l'approche PLS-SEM, à définir les étapes de validation des construits et à synthétiser les critères d'évaluation du modèle structurel afin d'améliorer la qualité des implications théoriques et empiriques. A cet effet, la recherche s'appuie sur une revue systématique de la littérature fondée sur l'analyse d'une trentaine d'articles scientifiques issus de revues de référence en sciences de gestion et marketing, indexées dans des bases de données telles que Web of Science, Scopus et ScienceDirect. Cette démarche permet d'identifier les bonnes pratiques relatives à la modélisation de relations complexes, à la validation de la fiabilité et de la validité des construits, ainsi qu'au test des hypothèses et à l'évaluation de la capacité prédictive et explicative du modèle structurel.

Mots-clés : PLS-SEM, Modélisation par Equations Structurelles, modèle de mesure, modèle structurel.

Abstract: The adoption of partial least squares structural equation modelling (PLS-SEM) in the field of management science is a methodological and empirical approach with great potential. It allows empirical data to be linked to explicit theoretical hypotheses on causality, integrating observed variables and latent constructs. This article aims to clarify the methodological conditions for using the PLS-SEM approach, define the steps for validating constructs, and summarise the criteria for evaluating the structural model in order to improve the quality of theoretical and empirical implications. To this end, the research is based on a systematic review of the literature based on the analysis of some thirty scientific articles from leading management science journals indexed in databases such as Web of Science, Scopus and ScienceDirect. This approach makes it possible to identify best practices for modelling complex relationships, validating the reliability and validity of constructs, testing hypotheses, and evaluating the predictive and explanatory power of the structural model.

Keywords: PLS-SEM, Structural Equation Modelling, measurement model, structural model

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.18403098>

1 Introduction

Pendant plusieurs décennies, la méthode des équations structurelles fondée sur la covariance (CB-SEM) s'est imposée comme la méthode privilégiée pour l'analyse des interrelations complexes entre variables observées et latentes dans les sciences sociales (Hair et al., 2019). Ce paradigme méthodologique a connu une transformation majeure au cours de la dernière décennie. Alors que la CB-SEM dominait incontestablement le paysage des publications scientifiques jusqu'au début des années 2010, la modélisation par équations structurelles à moindres carrés partiels (PLS-SEM) a amorcé une trajectoire ascendante remarquable, s'établissant progressivement comme approche de référence dès 2015 (Hair et al., 2019).

En ce sens, l'application de la méthode PLS-SEM occupe une place prépondérante dans de nombreuses disciplines, notamment dans les sciences de gestion et du marketing (Ringle et al., 2019 ; Hair et al., 2012). Cette approche méthodologique a évolué au cours des dernières années afin de répondre aux besoins croissants des chercheurs en matière d'analyse de modèles complexes et de relations causales. Bien que les développeurs de logiciels dédiés au PLS-SEM ainsi que des chercheurs de renom contribuent régulièrement à l'enrichissement de cette méthode par de nouvelles avancées théoriques et lignes directrices méthodologiques, les études qui synthétisent cette évolution demeurent relativement rares dans la littérature. Seuls quelques travaux de recherche ont apporté une contribution majeure en conduisant des revues systématiques de la littérature dans des domaines spécifiques, permettant de suivre et de cartographier les développements méthodologiques successifs du PLS-SEM (Shela et al., 2023).

L'attrait majeur de la modélisation par l'approche PLS-SEM réside dans sa capacité à estimer des modèles d'une complexité substantielle, intégrant simultanément de multiples construits latents, variables indicatrices et relations structurelles, tout en s'affranchissant des contraintes relatives aux hypothèses de distribution des données. Cette flexibilité méthodologique s'avère précieuse dans les contextes de recherche où les conditions de normalité multivariée ne peuvent être satisfaites (Hair et al., 2019).

Au-delà de cette souplesse technique, l'approche PLS-SEM se distingue par sa nature d'approche prédictive causale. Cette dualité conceptuelle confère à la méthode une portée analytique singulière : elle privilégie l'optimisation de la capacité prédictive lors de l'estimation des paramètres, tout en maintenant une architecture structurelle orientée vers l'identification et la validation de relations causales entre construits théoriques. Cette double vocation prédictive et explicative positionne la PLS-SEM comme un outil méthodologique adapté aux recherches visant à la fois la compréhension des mécanismes sous-jacents et l'anticipation de phénomènes organisationnels ou comportementaux.

A cet effet, une revue systématique de la littérature a été conduite conformément aux principes méthodologiques établis dans les lignes directives de référence, garantissant la transparence de la démarche de recherche. L'interrogation des bases de données a été effectuée en fonction de leur pertinence et leur couverture disciplinaire : Web of Science, Scopus, ScienceDirect et Google Scholar. Des critères d'inclusion ont été définis autour de dimensions clés telles que la pertinence thématique des publications et l'alignement méthodologique avec l'approche PLS-SEM. Parallèlement, des critères d'exclusion ont été appliqués afin d'éliminer les études reposant sur des méthodologies non appropriées ainsi que les contributions ne satisfaisant pas aux standards de qualité méthodologique requis.

La structure de cet article s'articule autour de trois axes principaux et complémentaires. Le premier expose les principes fondamentaux et les composantes essentielles de la modélisation par équations structurelles, en distinguant les deux approches majeures d'analyse des relations entre construits théoriques : l'approche à base de covariance (CB-SEM) et l'approche par moindres carrés partiels (PLS-SEM). Cette première partie vise à offrir aux lecteurs une compréhension approfondie de la nature épistémologique et de la logique méthodologique qui fondent cette technique d'analyse. Le deuxième axe offre une analyse détaillée du processus de validation des éléments qui forment le modèle conceptuel, en s'appuyant sur l'examen des critères de fiabilité, de validité convergente et de validité discriminante. Le troisième axe explore les critères et méthodes d'évaluation des hypothèses de recherche ainsi que de la capacité explicative du modèle structurel.

2 La méthode d'équations structurelles (PLS-SEM) pour un modèle de recherche complexe

La Méthode d'Equations Structurelles (MES) est connue sous l'appellation anglo-saxonne Structural Equation Modeling (SEM). Elle correspond aux méthodes d'analyse multivariées de deuxième génération qui représente la version avancée des méthodes de modélisation linéaire, telle que la méthode de régression multiple. Elle est de plus en plus utilisée dans les recherches académiques en sciences sociales (management stratégique, marketing, psychologie).

La Méthode d'Equations Structurelles (MES) présente l'avantage de tester les relations de dépendance à multiples niveaux dans une séquence de relations où une même variable peut être expliquée et explicative au même temps (des modèles complexes comprenant des relations de médiation, de modération et d'interactions multiples). Elle se présente, ainsi, comme un ensemble de techniques d'analyse multivariée pour tester et estimer les relations causales et/ou hypothétiques simultanément (Astrachan et al., 2014).

Plusieurs études ont fait une revue de littérature sur l'utilisation la méthode SEM dans les travaux de management et du marketing (Shela et al., 2023; Ali et al., 2018; Line & Runyan, 2012; Nunkoo et al., 2013), reflétant ainsi l'intérêt des chercheurs. D'après la littérature, la CB et la PLS sont deux versions de la SEM qui sont fréquemment utilisées.

2.1 L'approche CB-SEM versus l'approche PLS-SEM

Selon Ali et al. (2018), deux approches sont utilisées pour analyser les relations entre les construits théoriques :

- L'approche basée sur la covariance (co-variance based SEM) appelée (CB-SEM) qui repose sur la méthode de maximum de vraisemblance ;
- L'approche basée sur la variance appelée (PLS-SEM) qui repose sur la méthode des moindres carrées partielles.

La CB-SEM est relativement ancienne et bien établie et précède clairement la PLS-SEM. En revanche, la PLS-SEM est dans ses débuts, mais elle a connu une avancée et un intérêt croissant dépassant ainsi l'approche CB-SEM.

Les deux approches diffèrent quant à leurs postulats de base, leur méthode d'estimation, et leurs résultats (Sarstedt et al., 2016), ce qui est à l'origine d'un vif débat et un désaccord au sein de la communauté scientifique sur la meilleure approche.

Ainsi, Ali et al. (2018) a mené à une revue de littérature systématique sur l'utilisation de la PLS-SEM et de la CB-SEM dans le tourisme et l'hôtellerie, comme le montre le tableau suivant qui permet de comparer les deux méthodes.

Tableau 1. L'usage de la SEM dans la littérature de tourisme et l'hôtellerie

Année	Les recherches en hôtellerie			Les recherches en tourisme		
	CB-SEM	PLS-SEM	TOTAL	CB-SEM	PLS-SEM	TOTAL
2001	6	0	6	4	0	4
2002	4	0	4	9	0	9
2003	6	1	7	6	0	6
2004	12	0	12	13	0	13
2005	9	0	9	9	0	9
2006	16	0	16	14	0	14
2007	13	0	13	20	0	20
2008	24	0	24	29	2	31
2009	29	1	30	19	3	22
2010	36	2	38	38	3	41
2011	51	2	53	30	5	35
2012	44	1	45	56	9	65
2013	53	8	61	77	13	90
2014	56	6	62	69	7	76
TOTAL	359	21	380	393	42	435

Source : Ali et al. (2018)

Selon (Ali et al., 2018), plusieurs raisons expliquent le choix de la méthode PLS-SEM. Les caractéristiques liées à l'étude motivent le recours à l'utilisation de la méthode PLS-SEM au détriment de la méthode CB-SEM :

- La petite taille de l'échantillon,
- La non normalité des données,
- Le développement d'une théorie et de nouveaux concepts,
- La présence des construits formatifs et avec des items uniques dans le modèle,
- Le niveau de complexité du modèle théorique,
- Présence des effets de modération dans le modèle de recherche,
- La prédominance de la prédiction.

2.2 Les construits de second ordre : une tendance de recherche en management

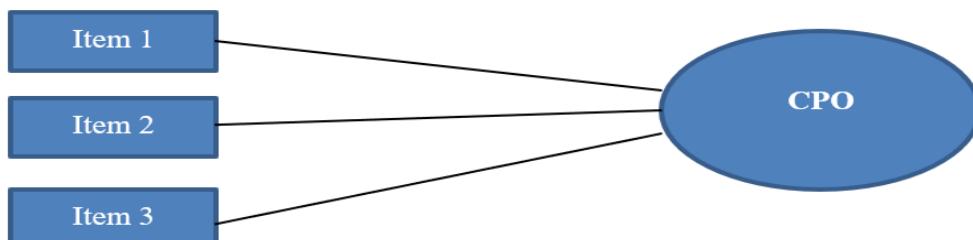
Pour les chercheurs en management, les construits de second ordre constituent un atout majeur, ils présentent des construits de niveau supérieur qui intègrent les construits de premier ordre situés à un niveau inférieur. Plusieurs types des construits de second ordre sont mis en évidence dans la littérature.

2.2.1 La distinction entre modèle de mesure de premier ordre et de second ordre

Les construits des variables en marketing et management peuvent être distingués en deux types :

- Les Construits de Premier Ordre (CPO) appelés First Order Construct (FOC) ou Lower Order Construct (LOC),
- Les Construits de Second Ordre (CSO) appelés Second Order Construct (SOC) ou Higher Order Construct (HOC).

Les deux figures ci-dessous illustrent la structure des CPO et des CSO.



Source : nos propres soins

Figure 1. Les Construits Premier Ordre (CPO)

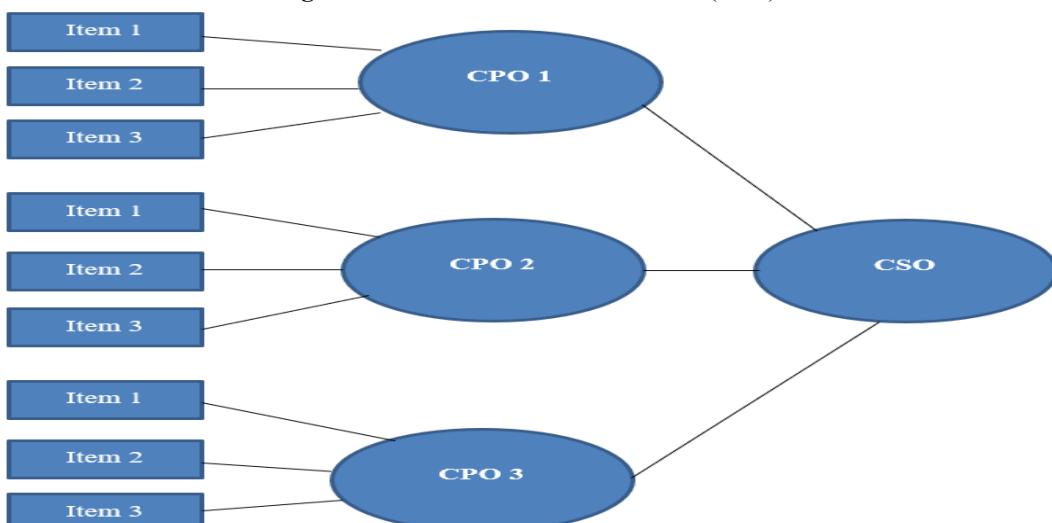


Figure 2. Les Construits Second Ordre (CSO)

Source : nos propres soins

Les deux types des construits sont visualisés par les figures ci-dessus dans le but de faire ressortir la différence qui les caractérise. Les items font ainsi partie d'un CPO alors que les CSO englobent les CPO avec leurs items.

2.2.2 Les types des construits de second ordre (CSO)

Sarstedt et al. (2019) distinguent quatre types des CSO :

- Les construits réflexifs-formatifs : les items reflètent les Construits du Premier Ordre (CPO), alors que ces derniers forment les Construits Second Ordre (CSO),
- Les construits formatifs- réflexifs : les items forment les Construits du premier Ordre (CPO), alors que ces derniers reflètent les Construits Second Ordre (CSO),
- Les construits réflexifs- réflexifs : les items reflètent les Construits du Premier Ordre (CPO), qui reflètent également les Construits Second Ordre (CSO),
- Les construits formatifs-formatifs : les items forment les Construits du Premier Ordre (CPO), qui forment à leur tour les Construits Second Ordre (CSO).

Ces quatre types des Construits Second Ordre (CSO) sont visualisés et illustrées par la figure ci-dessous.

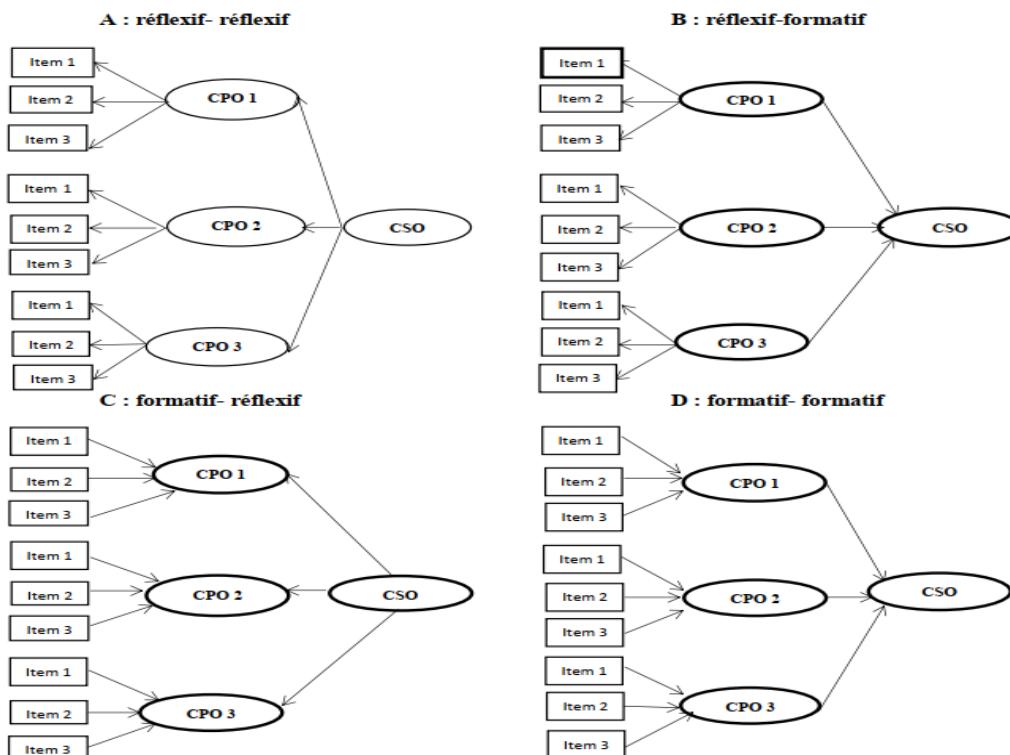


Figure 3. Les types des Construits Second Ordre (CSO)

Source : adapté et traduit de Sarstedt et al. (2019)

Le sens de la flèche détermine la nature de la relation entre les items et les CPO d'une part, et entre ces derniers et les CSO d'autre part. La relation peut être ainsi de nature réflexive ou formative.

L'adoption des CSO se justifie par les avantages méthodologiques qu'ils offrent aux recherches en management. En effet, ces construits permettent de réduire la complexité des modèles théoriques tout en préservant leur richesse conceptuelle, facilitant ainsi l'opérationnalisation et l'interprétation des phénomènes organisationnels complexes.

2.2.3 Les avantages du modèle de recherche à construits de second ordre (CSO)

Les chercheurs en management tendent, dans ces dernières années, à construire des modèles complexes avec des CSO. Selon (Sarstedt et al., 2019), les CSO permettent un certain nombre d'avantages :

- Réduire le nombre des relations dans le modèle aboutissant ainsi à le rendre parcimonieux,
- Dépasser le problème de la profondeur et la fiabilité de l'information associée au construit,

- Réduire la colinéarité entre les indicateurs formatifs d'un construit, puisqu'une forte corrélation (la multi-colinéarité) entre les construits entraîne un biais dans le modèle structurel.

Pour tirer pleinement profit de ces construits de second ordre, il faut prendre en considération trois préoccupations :

- La conceptualisation et la spécification des CSO ordre doit être ancrée dans une théorie déjà développée,
- L'identification de ces construits doit être effectuée par deux approches dominantes qui sont l'approche répétée des indicateurs ou l'approche de deux étapes,
- La validation de la qualité de modèle de mesure doit être effectuée en respectant les normes de fiabilité, de validité, de colinéarité et de pertinence et de signification des poids extérieurs des mesures.

Certes, les CSO permettent de réduire la complexité des modèles de recherche, cependant, leurs avantages sont conditionnés par la prise en considération des chercheurs d'un certain nombre de défis en matière d'évaluation des modèles de mesure et du modèle structurel.

En somme, de ses avantages par rapport aux anciennes méthodes, et par rapport à l'approche CB-SEM, la méthode PLS-SEM s'impose comme pertinente pour une recherche en management et en marketing. Elle répond aux exigences des modèles de recherches complexes avec des échantillons de petite taille.

Quelle que soit la méthode utilisée, les deux approches de la méthode d'équations structurelles suivent deux étapes indispensables :

- L'évaluation des modèles de mesure et conceptuel : afin de vérifier les qualités psychométriques des échelles de mesures des variables,
- Le test d'hypothèses : afin de confirmer ou de rejeter les hypothèses avancées.

Cette recherche met en évidence la pertinence de l'approche PLS-SEM (mise en œuvre à l'aide du logiciel SmartPLS4), pour répondre aux objectifs de la recherche. Dans ce qui suit, nous présenterons le processus de validation des modèles de mesure et du modèle structurel ainsi que les méthodes et les critères retenus pour le test des hypothèses.

3 Le processus de validation des construits constitutifs du modèle conceptuel

La conduite d'une étude quantitative exploratoire s'impose lorsque les échelles de mesure relatives aux construits étudiés n'ont pas fait l'objet d'un développement préalable dans la littérature. En effet, l'existence d'échelles de mesure établies pour l'ensemble des variables du modèle de recherche dispense le chercheur de cette étape méthodologique, lui permettant de s'appuyer directement sur les construits existants pour mener son investigation. L'étude quantitative conduite par un questionnaire poursuit un double objectif méthodologique. D'une part, elle permet de valider les modèles de mesure des échelles relatives aux différentes variables. D'autre part, elle permet de procéder au test les hypothèses de recherche formulées.

L'évaluation des modèles de mesure vise à valider les items de mesure des construits du modèle en vérifiant leur fiabilité et leur validité convergente et discriminante. En revanche, l'évaluation du modèle structurel consiste à vérifier sa capacité explicative. Nous mettons en œuvre la démarche méthodologie ci-dessous en utilisant la méthode des équations structurelles mobilisée par le logiciel SmartPLS4.

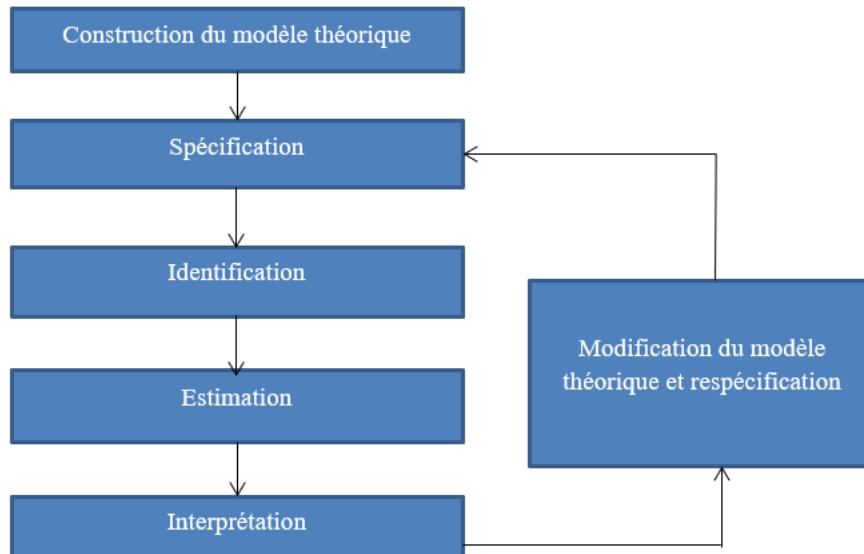


Figure 4. Processus de validation des modèles de mesure et structurel

Source : Igalens & Roussel (1998)

3.1 La spécification

Elle consiste à relier les items au CPO et CSO en spécifiant le sens de la relation. Celui-ci renseigne sur le type du construit, qui peut être réflexif comme il peut être formatif. Cette étape concerne donc les construits de mesure et leur relation avec leurs composantes.

Dans le cas où le modèle contient uniquement des construits de premier ordre, on se contente de relier les items au construit de premier ordre en spécifiant le sens de la relation.

Alors que pour spécifier les construits de second ordre, deux approches sont disponibles (Sarstedt *et al.* (2019): l'approche répétée des indicateurs ou l'approche étendue des indicateurs répétés (The Extended Repeated Indicators Approach) et l'approche de deux étapes (The Two-Stage Approach).

L'approche étendue des indicateurs répétés consiste à spécifier les construits de premier ordre en leur assignant les items qui les concernent. Pour les construits de second ordre, tous les items qui mesurent les CPO sont utilisés également pour assigner le CSO qui les composent.

L'approche de deux étapes comprend deux versions distinctes :

- L'approche de deux étapes intégrées (embedded two-stage approach)
- L'approche de deux étapes séparées (disjoint two-stage approach).

Pour spécifier, selon l'approche de deux phases intégrées, le chercheur doit respecter deux phases :

- Dans la première phase, on spécifie les construits de second ordre par tous les items de leurs construits de premier ordre, ce qu'on appelle l'approche répétée des indicateurs. Puis, on enregistre tous les scores de tous les construits qui doivent alors être rajoutées à la base des données comme nouvelles variables.
- Dans la seconde phase, les scores des construits de premier ordre sont utilisés comme des indicateurs (items) des CSO. Par conséquent, les CSO seront mesurés juste par les scores de leur construits de premier ordre.

Tandis que pour spécifier, selon l'approche de deux phases séparées, le chercheur doit également respecter deux phases :

- Dans la première phase, on ne prend en considération que les construits de premier ordre. Ainsi, tous les CPO qui composent un CSO sont directement reliés à tous les CPO d'un autre CSO.
- Dans la seconde phase, les scores qui résultent de la première phase sont enregistrés pour servir dans la seconde phase. Les CSO sont ainsi mesurés par les scores des CPO.

La spécification des deux approches est différente dans les deux phases, mais elles conduisent toutes les deux à des résultats similaires (Sarstedt *et al.* (2019)).

Selon Sarstedt *et al.* (2019), l'approche étendue des indicateurs répétés conduit à des résultats peu biaisés de l'estimation des construits de second ordre. En outre, l'adoption de l'approche de deux phases séparées est plus facile et plus pertinente à manipuler par rapport à l'approche de deux phases intégrées.

3.2 L'identification

L'identification consiste à connecter un construit (de premier ou de second ordre) avec un ou plusieurs autres construits. Chaque connexion reflète une relation d'impact.

Une fois les construits sont connectés, ils sont ensuite reliés ensemble par leur data.

3.3 L'estimation

Pour estimer les construits, Sarstedt *et al.* (2019) distinguent deux modes d'estimation :

- Le Mode A : qui est utilisé pour les construits réflexifs (réflexif-réflexif ou formatif-réflexif),
- Le Mode B : qui est conçu pour les construits de type formatif (formatif-formatif et réflexif-formatif).

3.4 Les critères de validation des construits et du modèle structurel

Les chercheurs procèdent à la validation des modèles de mesure des construits pour passer à la validation de l'ensemble du modèle structurel. Cette validation est conditionnée par la satisfaction des critères reconnus par la communauté scientifique.

3.4.1 La validation des construits

Pour valider les construits selon Sarstedt *et al.* (2019), les critères sont différents selon qu'il s'agit des CPO ou de CSO.

- **Les construits de premier ordre (CPO)**

Pour les CPO, le chercheur vérifier trois critères :

- ❖ La fiabilité,
- ❖ La validité convergente,
- ❖ La validité discriminante.

La fiabilité ou la cohérence interne reflète la capacité d'un construit à mesurer ce qu'il est censé de mesurer et se réfère à la qualité de l'instrument de mesure. Elle concerne tant les items que les construits.

Au niveau des items, la fiabilité est mesurée par la contribution factorielle (factor loading) qui doit être supérieur à 0.5.

Au niveau des construits, la fiabilité est mesurée par un ou deux des trois critères différents :

- ❖ Alpha de Cronbach,
- ❖ Coefficient de rho de Joreskog (r),
- ❖ Fiabilité composite (Composite reliability)

Quel que soit le critère utilisé, le coefficient de référence doit être supérieur à 0.7 ou à 0.8 selon les auteurs.

Quant à la validité, elle représente la capacité du construit à mesurer effectivement le concept qu'il est supposé mesurer. Dans ce cas, il faut prendre en considération deux critères de validité : la validité convergente et discriminante.

La validité convergente vérifie la relation de corrélation entre les multiples indicateurs qui visent à mesurer un phénomène identique. La variance moyenne extraite (Average Variance Extraction) est utilisée comme critère de vérification et de validation de construit. Par conséquent, un coefficient supérieur à 0.5 signifie que le construit en question est capable de mesurer le concept lié. Il est confirmé comme valide.

La validité discriminante permet de vérifier dans quelle mesure deux construits théoriquement différents sont distincts pratiquement. Ainsi, pour qu'un construit différent théoriquement soit distinct pratiquement, il doit être corrélé davantage à ses items ou à ses indicateurs en comparaison avec les items ou indicateurs des autres construits. On utilise la racine carrée de Rho de Joreskog (r) qui se réfère la corrélation moyenne. Par conséquent, un construit valide doit avoir une racine carrée de Rho de Joreskog (r) supérieur aux corrélations avec les autres construits.

- **Les construits de second ordre**

Pour les CSO, la validation dépend de deux éléments :

- Les types des construits du modèle de recherche (réflexif ou formatif),
- La méthode de spécification utilisée (l'approche étendue des indicateurs répétés ou l'approche de deux phases).

Compte tenu de la nature réflexive-formative des CSO mobilisée dans la recherche, la spécification de ces construits s'effectuera selon l'approche séquentielle en deux phases, dans sa version dite des deux phases séparées. Selon Sarstedt *et al.* (2019), les éléments suivants doivent alors faire l'objet de vérification:

- ❖ La validité convergente,
- ❖ La colinéarité,
- ❖ La pertinence et la signification des poids extérieurs.

La validité convergente est vérifiée par l'analyse de redondance qui s'opère entre le CSO et son unique item de mesure. Cette analyse de redondance doit donner lieu un coefficient qui est proche de 0.7 pour montrer que le construit est valide.

Selon Bollen & Lennox (1991) pour les échelles de mesure formatives, les tests de fiabilité et de validité ne sont pas bien appropriés. Il est donc recommandé de faire des tests de multi-colinéarité des items ou des construits formatifs. Un des deux indicateurs ci-dessous est utilisé :

- L'inflation de la variance des facteurs (VIF) qui doit être inférieur à 5 ;
- Les indices de tolérance, un indice de tolérance doit être supérieur à 0.1

Chacun de ces deux indicateurs permet de réfuter l'hypothèse de multi-colinéarité des construits formatifs.

Quant à la pertinence et la signification des poids extérieurs, les CPO d'un CSO doivent montrer des poids extérieurs pertinents et significatifs, ce qui signifie que les composants (les construits de premier ordre) participent effectivement et significativement à former un CSO.

3.4.2 La validation du modèle structurel

En général, le modèle structurel, qui est composé des CPO et de CSO, doit être validé en vérifiant sa capacité prédictive ou explicative par les critères suivants :

- ❖ La significativité de relations (test des hypothèses),
- ❖ Le coefficient de détermination R^2 (capacité prédictive ou explicative),
- ❖ L'effet de taille f^2 ,
- ❖ La pertinence prédictive Q^2 ,
- ❖ Goodness of fit du modèle.

Etant donné la portée confirmatoire de la recherche, l'analyse se concentre uniquement sur la significativité des relations (coefficients standard beta) pour tester les hypothèses, et les coefficients de détermination pour vérifier la capacité d'explication des variables indépendantes sur les variables dépendantes dans le modèle.

Sur la base de l'analyse des données, deux cas de figures peuvent se révéler :

- Si le modèle structurel s'adapte aux données (bien ajusté aux données) : les modèles de mesure respectent les indices recommandés. Le chercheur peut décider de la validité du modèle pour pouvoir passer au test des hypothèses,
- Dans le cas contraire : le chercheur est amené à modifier le modèle en le respécifiant (étape 1).

Une fois les modèles de mesure des construits sont fiables et le modèle structurel s'adapte bien aux données, on passe au test des hypothèses, qui devient alors possible. Par conséquent, la validation des modèles de mesure et structurel constitue une étape préalable indispensable au test des hypothèses de recherche.

4 Les critères et méthodes de test des hypothèses et de la capacité d'explication du modèle de recherche

Pour un modèle de recherche comprenant des relations directes et d'autres indirectes (médiation ou modération), quatre critères renseignant sur la significativité de la relation sont utilisés pour tester les hypothèses et vérifier les relations entre les variables ou les construits :

- ❖ Le coefficient de régression (path coefficient ou standard beta),
- ❖ L'écart type (Standard deviation),
- ❖ Le ratio critique de T-Student (T statistics ou t-value),
- ❖ Le seuil de probabilité ou de risque (p-value).

Ces éléments représentent les points de vérification de la significativité de la relation et permettent par conséquent aux chercheurs de décider à rejeter ou à accepter l'hypothèse en question.

Alors que la capacité d'explication du modèle de recherche est renseignée par les coefficients de détermination des différentes variables à expliquer du modèle de recherche. Le coefficient de détermination est connu sous l'abréviation R².

4.1 Le test des relations directes : impact direct

Pour tester les relations directes, on utilise les quatre critères ci-dessus pour vérifier l'impact direct d'un construit sur un autre construit. Une relation directe peut être schématisée comme suit :

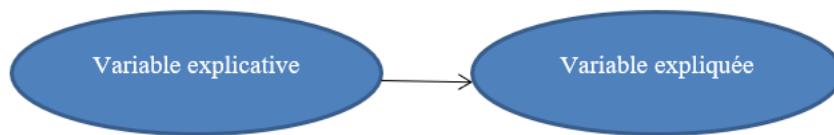


Figure 5. La relation directe entre deux variables

Source : établi par nos soins

Cette figure illustre une relation directe dans laquelle une variable explique une autre. Le chercheur s'intéresse donc à vérifier dans quelle mesure la variable dite explicative arrive à expliquer la variable dite expliquée, en se basant sur le coefficient de régression, l'écart-type, le ratio critique et le seuil de signification.

Le coefficient de régression (path coefficient ou standard beta) renseigne sur le niveau d'impact d'un construit sur un autre. Il reflète le degré de changement de la variable dépendante (expliquée) lorsque la variable indépendante (explicative) change d'une unité. Il doit varier entre 0 et 1, plus il est proche de 1 plus l'impact est fort. Au contraire, plus il est proche de 0, l'impact est faible. Habituellement, une valeur supérieure à 0.1 reflète une relation significative (Lohmöller & Lohmöller, 1989).

L'écart-type (Standard deviation) est une mesure statistique de la précision d'une estimation, qui se réfère à l'étendue de l'éloignement de la moyenne de l'échantillon par rapport à la moyenne de la population. Plus l'écart-type est proche de 0, plus l'impact causal est significatif.

Le ratio critique (T statistics ou t-value) doit être supérieur à plus ou moins 1.96 (+/-1.96), avec la signification statistique de paramètre basé sur le niveau de probabilité de 0.05. Il montre dans quelle mesure les données analysées s'éloignent de l'hypothèse de nullité (absence de relation). Une valeur supérieure à 1.96 (bilatéral) montre donc une relation significative.

Le seuil de signification (p-value) reflète le niveau de probabilité ou de risque de la relation. La relation est significative au niveau de 0.01 ou de 0.05 bilatéral ou unilatéral. Elle est encore très significative au niveau de 0.001 (p value), ce qui signifie que l'hypothèse est vérifiée. Dans le cas contraire, si p-value est supérieur à 0.05, la relation n'est pas significative et l'hypothèse est donc rejetée.

4.2 Le test des effets de médiation

L'effet indirect, l'effet de médiation ou l'effet médiateur est largement testé par les chercheurs en management et marketing. Elle se réfère à la présence d'une ou plusieurs variables qui interviennent entre une variable explicative et une variable expliquée afin de transmettre l'impact. Une relation de médiation peut être schématisée comme suit :

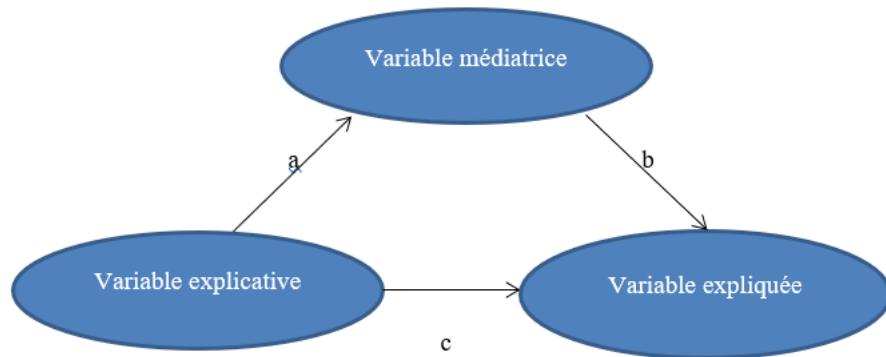


Figure 6. La relation de médiation

Source : nos propres soins

L'effet de médiation se réfère à une variable dite médiatrice par laquelle une variable endogène, explicative ou indépendante impacte une variable exogène, expliquée ou dépendante. Pour décider de l'hypothèse de l'existence ou de l'absence de médiation, plusieurs effets doivent être analysés.

Pour tester les effets de médiation, plusieurs démarches méthodologiques ont été proposées par les chercheurs au fil du temps :

- Le test de Sobel (1982),
- L'approche de Baron & Kenny (1986) des séquences causales,
- L'approche de Preacher & Hayes, (2008) mise à jour par Hayes & Scharkow, (2013),
- L'approche de Zhao et al., (2010) confirmée par Hair Jr et al., (2021).

4.2.1 Le test de Soble (1982)

Le test de Sobel (1982) est la plus ancienne des méthodes et constitue la base sur laquelle les autres méthodes se sont développées. Elle implique le calcul du ratio (ab) par rapport à l'erreur standard estimé (estimated standard error SE). Elle est bien adaptée aux études dont la taille d'échantillon est large (lorsque n est supérieur à 400) puisqu'elle repose sur le critère de la normalité de la distribution.

4.2.2 L'approche de Baron et Kenny (1986)

L'approche de Baron & Kenny (1986) a été largement et pour longtemps utilisée du fait qu'elle est facile à mettre en œuvre. Cependant, elle a été critiquée puisqu'elle conduit à des résultats erronés et biaisés car elle ne permet pas de quantifier l'effet indirect. Elle est donc devenue dépassée en faveur des autres approches plus modernes.

4.2.3 L'approche de Preacher et Hayes (2008)

Elle constitue l'approche alternative et surtout après sa mise à jour par Hayes & Scharkow (2013). Elle est connue par sa capacité certaine à déterminer l'effet de médiation et elle est relativement plus forte par rapport aux autres méthodes et surtout par rapport à la méthode de Sobel (Hadi et al., 2016). En outre, elle est plus pratique car elle n'est pas sujette au problème de la taille de l'échantillon ou de la normalité de distribution, ce qui la rend pertinente pour les études de petites tailles.

Depuis son apparition, la méthode de Hayes & Scharkow (2013) a pris une importance considérable dans les recherches en marketing puisqu'elle constitue la mise à jour de l'approche de Preacher & Hayes (2008).

4.2.4 L'approche de Zhao et al. (2010) confirmée par Hair Jr et al. (2021)

La distinction classique de médiation partielle et totale est largement critiquée, du fait de son caractère irréaliste (Hayes & Scharkow, 2013). Zhao et al. (2010) proposent une nouvelle classification des effets de médiation qui distingue la médiation complémentaire de la médiation concurrence ou compétitive.

De même, Hair Jr et al. (2021) proposent de dépasser la distinction classique de médiation partielle et totale et confirment également la nouvelle distinction de la médiation complémentaire et de la médiation concurrence. La figure de Hair Jr et al. (2021) ci-dessous indique les procédures nécessaires à réaliser pour tester les effets de médiation.

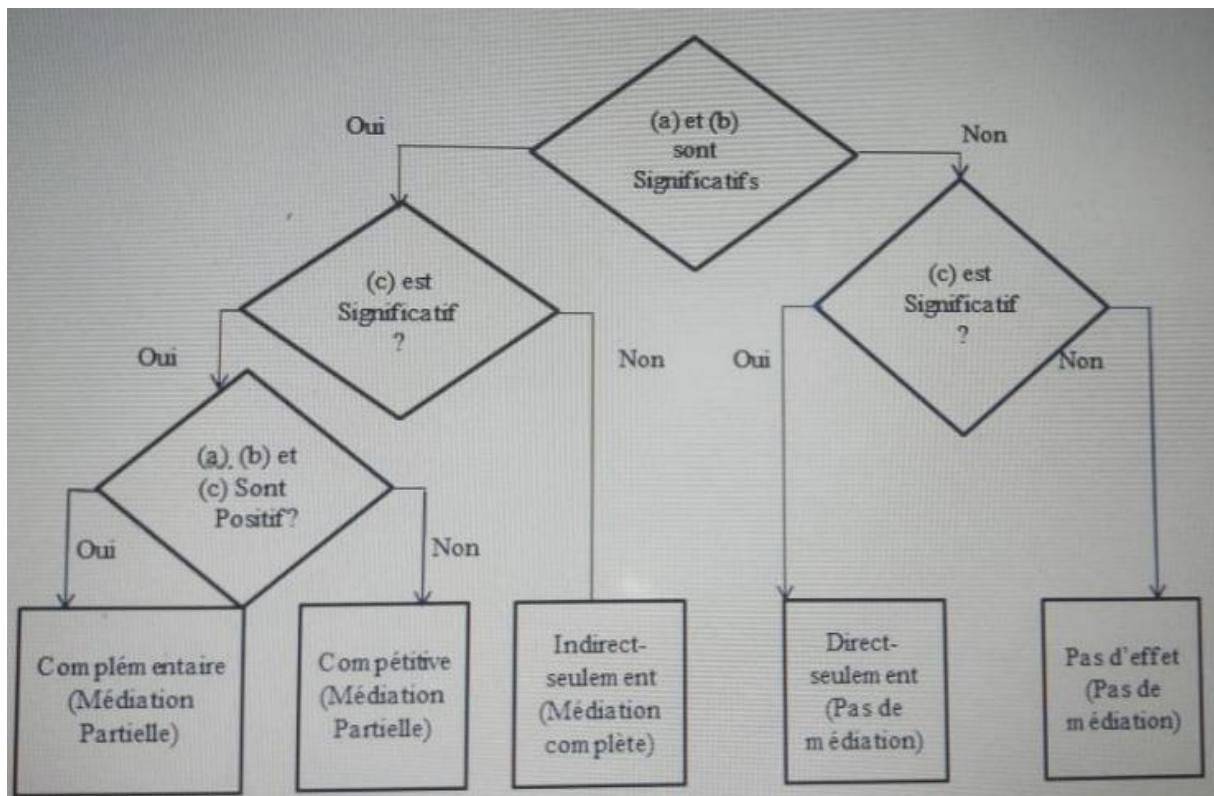


Figure 7. La procédure de l'analyse de la médiation proposée par Hair Jr et al. (2021)

Source : traduit de Hair Jr et al. (2021)

Hair Jr et al. (2021) distinguent ainsi trois types de médiation :

- La médiation complémentaire où les deux effets (direct et indirect) sont significatifs et convergent dans le même sens,
- La médiation compétitive ou concurrente où les deux effets (direct et indirect) sont significatifs dans le sens opposé,
- Juste l'effet indirect est significatif tandis que l'effet direct ne l'est pas, ce qui correspond à une médiation totale.

En outre, ils identifient deux types de cas de l'absence de médiation (non-médiation) :

- L'absence de médiation avec la présence de l'effet direct,
- L'absence simultanée de la médiation et de l'effet direct.

Cinq cas de figures peuvent être donc prévus lors de l'analyse de médiation selon Hair Jr et al. (2021).

4.2.5 La procédure de l'analyse de la médiation adoptée

En accord avec la procédure d'analyse de médiation recommandée par Hair Jr et al. (2021), le chercheur doit vérifier quatre éléments qui sont : le coefficient de régression, l'écart-type, le ratio critique et le seuil de signification sur les trois types d'effets : direct, indirect et total.

Ces trois niveaux d'impact sont vérifiés en lançant le Bootstrap, qui est un test non paramétrique permettant d'évacuer l'hypothèse de la normalité de la distribution. Les résultats qui en découlent permettent de juger le niveau et la nature de la médiation.

- L'effet indirect

D'après la figure ci-dessus de Hair Jr et al. (2021), le chemin (a) retrace la relation entre la variable explicative et le médiateur, alors que le chemin (b) retrace la relation entre le médiateur et la variable expliquée. Les deux chemins (a) et (b) retracent l'influence indirecte de la variable indépendante sur la variable dépendante à travers (avec la présence) la variable médiatrice.

En cas de l'existence de la médiation, il faut que l'effet indirect (ab) soit différent de zéro, avec un intervalle de confiance qui ne doit pas inclure le zéro (Demming et al., 2017). Le mécanisme de médiation reliant la variable explicative à la variable expliquée est validé. Si l'intervalle de confiance contient le zéro, une absence de médiation est donc déclarée.

- **L'effet direct**

Le chemin (c) retrace l'effet direct de la variable explicative sur la variable expliquée en l'absence du médiateur. Si la relation directe (chemin (c)) avec p-value qui est moins de 0.05%, elle est donc significative et la médiation partielle est vérifiée. Dans le cas contraire, la relation directe (chemin (c)) n'est pas significative, une médiation complète est donc prouvée.

- **L'effet total**

L'effet total intègre l'effet direct et l'effet indirect. Il est désigné par l'équation ($ab+c$) et regroupe ainsi les valeurs de l'effet (a) de l'effet (b) et de l'effet (c). Deux cas de figures peuvent se révéler en fonction de la valeur de l'effet total :

- Si la valeur de l'effet total est positive, la médiation est donc complémentaire,
- Si elle est négative, la médiation peut être qualifiée de concurrente ou compétitive.

Malgré les différences entre les différentes méthodes et approches, on constate un consensus sur l'utilisation du Bootstrap pour tester l'effet de médiation.

Une fois sont exposés les méthodes et les critères de test des hypothèses, il serait opportun d'aborder les critères liés au coefficient de détermination, qui sert à vérifier la capacité explicative du modèle de recherche.

4.3 La capacité d'explication : les coefficients de détermination R^2

R^2 représente la proportion de la variance de la variable expliquée, dépendante ou endogène qui est expliquée par une ou deux variables explicatives, prédictives ou exogènes (Elliott et al., 2007). Elle est connue par le coefficient de détermination (Henseler et al., 2009).

Pour chaque variable endogène, ce coefficient de détermination est calculé en tenant considération des variables latentes qui l'expliquent. Il concerne les variables à expliquer du modèle global de recherche. De même, les variables intermédiaires à expliquer ont également leurs propres coefficients de détermination.

Ce coefficient renseigne sur le niveau d'explication de la variable expliquée par la variable explicative et n'est donc pas un des critères à tenir compte pour le rejet ou de l'acceptation des hypothèses. En effet, les hypothèses sont parfois rejetées en totalité ou en partie, mais le modèle de recherche arrive à bien expliquer pour une part importante les variables à expliquer.

Le niveau acceptable du coefficient de détermination dépend du contexte d'études et de la discipline (Hair Jr et al., 2010). En effet, Falk & Miller (1992) proposent 0.1 (10%) comme le minimum acceptable. En marketing, un niveau de 0.2 (20%) est réputé acceptable. En plus, Chin (1998) propose une grille d'évaluation permettant de déterminer le niveau d'explication correspondant, pour chaque niveau de coefficient de détermination comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 2. La grille d'évaluation selon Chin (1998)

Le niveau de coefficient de détermination R^2	Niveau d'explication
Supérieur à 0.67	Élevée
0.33 à 0.67	Modérée
0.19 à 0.33	Faible
Moins de 0.19	Inacceptable

Source : Chin (1998)

Selon Hair Jr et al. (2014), les recherches en management et marketing sont évaluées en fonction de coefficient de détermination suivant les valeurs présentées dans le tableau suivant :

Tableau 3. La grille d'évaluation selon Hair Jr et al. (2014)

Le niveau de coefficient de détermination R ²	Niveau d'explication
0.75	Élevée
0.50	Modérée
0.25	Faible

Source : Hair Jr et al. (2014)

Après avoir mis en exergue l'importance des méthodes des équations structurelles dans les recherches en management et en marketing, nous avons justifié le recours à la méthode SEM/PLS comme étant l'approche la plus pertinente pour les recherches en management et marketing.

5 Conclusion

Cette recherche a examiné la pertinence de l'approche PLS-SEM en tant qu'outil méthodologique dans les recherches empiriques en management en évaluant à la fois ses performances statistiques et sa mise en œuvre pratique à l'aide d'outils largement utilisés tels que Smart-PLS et Warp-PLS. Les avantages distinctifs de l'approche PLS-SEM résident dans sa puissance statistique supérieure, sa capacité à traiter des modèles théoriques d'une grande complexité, ainsi que dans son aptitude à gérer des construits formatifs, autant d'avantages qui la distinguent de l'approche CB-SEM (Hair et al., 2012). Ces propriétés confèrent au PLS-SEM une pertinence spécifique pour les recherches en management et en marketing, disciplines dans lesquelles les chercheurs portent fréquemment sur des échantillons de taille limitée et des distributions de données non normales, les unités d'analyse étant souvent des entreprises ou des organisations plutôt que des individus (Shela et al., 2023). Par ailleurs, face à la complexité croissante de l'environnement organisationnel, les modèles théoriques développés par les chercheurs en management stratégique et en marketing tendent à intégrer une multiplicité de relations et de mesures formatives, notamment lorsqu'il s'agit de faire une analyse sur les déterminants de l'avantage concurrentiel ou de la performance organisationnelle.

REFERENCES

- Ali, F., Rasoolimanesh, S. M., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Ryu, K. (2018). An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) in hospitality research. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*.
- Astrachan, C. B., Patel, V. K., & Wanzenried, G. (2014). A comparative study of CB-SEM and PLS-SEM for theory development in family firm research. *Journal of family business strategy*, 5(1), 116-128.
- Bollen, K., & Lennox, R. (1991). Conventional wisdom on measurement : A structural equation perspective. *Psychological bulletin*, 110(2), 305.
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. *Modern methods for business research*, 295(2), 295-336.
- Demming, C. L., Jahn, S., & Boztuğ, Y. (2017). Conducting mediation analysis in marketing research. *Marketing: ZFP-Journal of Research and Management*, 39(3), 76-93.
- Elliott, M. A., Armitage, C. J., & Baughan, C. J. (2007). Using the theory of planned behaviour to predict observed driving behaviour. *British journal of social psychology*, 46(1), 69-90.
- Falk, R. F., & Miller, N. B. (1992). A primer for soft modeling. University of Akron Press.
- Hadi, N. U., Abdullah, N., & Sentosa, I. (2016). Making sense of mediating analysis : A marketing perspective. *Review of Integrative Business and Economics Research*, 5(2), 62-76.
- Hair, J. F., Sarstedt, M., Pieper, T. M., & Ringle, C. M. (2012). The use of partial least squares structural equation modeling in strategic management research : A review of past practices and recommendations for future applications. *Long range planning*, 45(5-6), 320-340.
- Hair Jr, J. F., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). A global p-erspect-ivie. Kennesaw: Kennesaw State University.
- Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., & Ray, S. (2021). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook. Springer Nature.
- Hair Jr, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L., & Kuppelwieser, V. G. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) : An emerging tool in business research. *European business review*, 26(2), 106-121.
- Hayes, A. F., & Scharkow, M. (2013). The relative trustworthiness of inferential tests of the indirect effect in statistical mediation analysis : Does method really matter? *Psychological science*, 24(10), 1918-1927.
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sinkovics, R. R. (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing. In *New challenges to international marketing* (Vol. 20, p. 277-319). Emerald Group Publishing Limited.
- Igalens, J., & Roussel, P. (1998). Méthodes de recherche en gestion des ressources humaines. FeniXX.
- Line, N. D., & Runyan, R. C. (2012). Hospitality marketing research : Recent trends and future directions. *International Journal of Hospitality Management*, 31(2), 477-488.
- Lohmöller, J.-B., & Lohmöller, J.-B. (1989). Predictive vs. Structural modeling : Pls vs. MI. Latent variable path modeling with partial least squares, 199-226.
- Nunkoo, R., Ramkissoon, H., & Gursoy, D. (2013). Use of structural equation modeling in tourism research : Past, present, and future. *Journal of Travel Research*, 52(6), 759-771.
- Preacher, K. J., & Hayes, A. F. (2008). Assessing mediation in communication research. *The Sage sourcebook of advanced data analysis methods for communication*
- Sarstedt, M., Hair, J. F., Ringle, C. M., Thiele, K. O., & Gudergan, S. P. (2016). Estimation issues with PLS and CBSEM: Where the bias lies! *Journal of business research*, 69(10), 3998-4010.
- Sarstedt, M., Hair Jr, J. F., Cheah, J.-H., Becker, J.-M., & Ringle, C. M. (2019). How to specify, estimate, and validate higher-order constructs in PLS-SEM. *Australasian marketing journal*, 27(3), 197-211.
<https://doi.org/doi.org/10.1016/j.ausmj.2019.05.003>
- Shela, V., Ramayah, T., Aravindan, K. L., Ahmad, N. H., & Alzahrani, A. I. (2023). Run ! This road has no ending ! A systematic review of PLS-SEM application in strategic management research among developing nations. *Heliyon*, 9(12).

Zhao, X., Lynch Jr, J. G., & Chen, Q. (2010). Reconsidering Baron and Kenny : Myths and truths about mediation analysis. *Journal of consumer research*, 37(2), 197-206.
<https://doi.org/doi.org/10.1086/651257>