

PROCESSUS MODÉRATEUR :

Une variable modératrice est une variable qui module le sens et/ou la force de l'effet de X sur Y . Ainsi, la relation X - Y peut être :

- négative pour un groupe de consommateurs caractérisé par un certain niveau de la variable modératrice et positive pour un autre groupe de consommateurs ;
- ou encore, elle peut être fort prononcée dans un groupe et faible, voire inexistante, dans un autre.

➡ Les processus modérateurs répondent donc à la question « quand, dans quelles circonstances » l'effet X - Y se produit.



I
c
r
a
c
u
s

- Déceler la présence d'un effet modérateur peut être crucial dans certains cas, comme lorsque dans les différents sous-groupes d'une population, la relation X - Y est significative, mais de sens opposés, ce qui rend très difficile l'identification de la présence d'un modérateur, car pour la population totale : la relation entre X et Y est non significative. (à cause des sens opposés).
- Si Z est modérateur de la relation X - Y , d'un point de vue purement statistique, il est également correct de dire que X est modérateur de la relation Z - Y . Ce n'est que le cadre conceptuel et les justifications du modèle théorique a priori qui déterminent laquelle de X ou de Z est la variable modératrice ; au plan statistique il n'est guère possible de faire cette distinction (X et Z sont toutes deux des variables indépendantes, elles sont au même niveau).
- Il est important de souligner que les tests de modulation peuvent être influencés par la colinéarité entre variables indépendantes (cette dernière accroît l'imprécision des coefficients de régression des variables en cause et, ainsi, augmente le risque de considérer à tort ces coefficients comme non significativement différents de zéro (Lambin, 1994)). Il s'agit donc de vérifier l'existence éventuelle de colinéarité entre variables lorsque l'on procède à ce genre d'analyse.

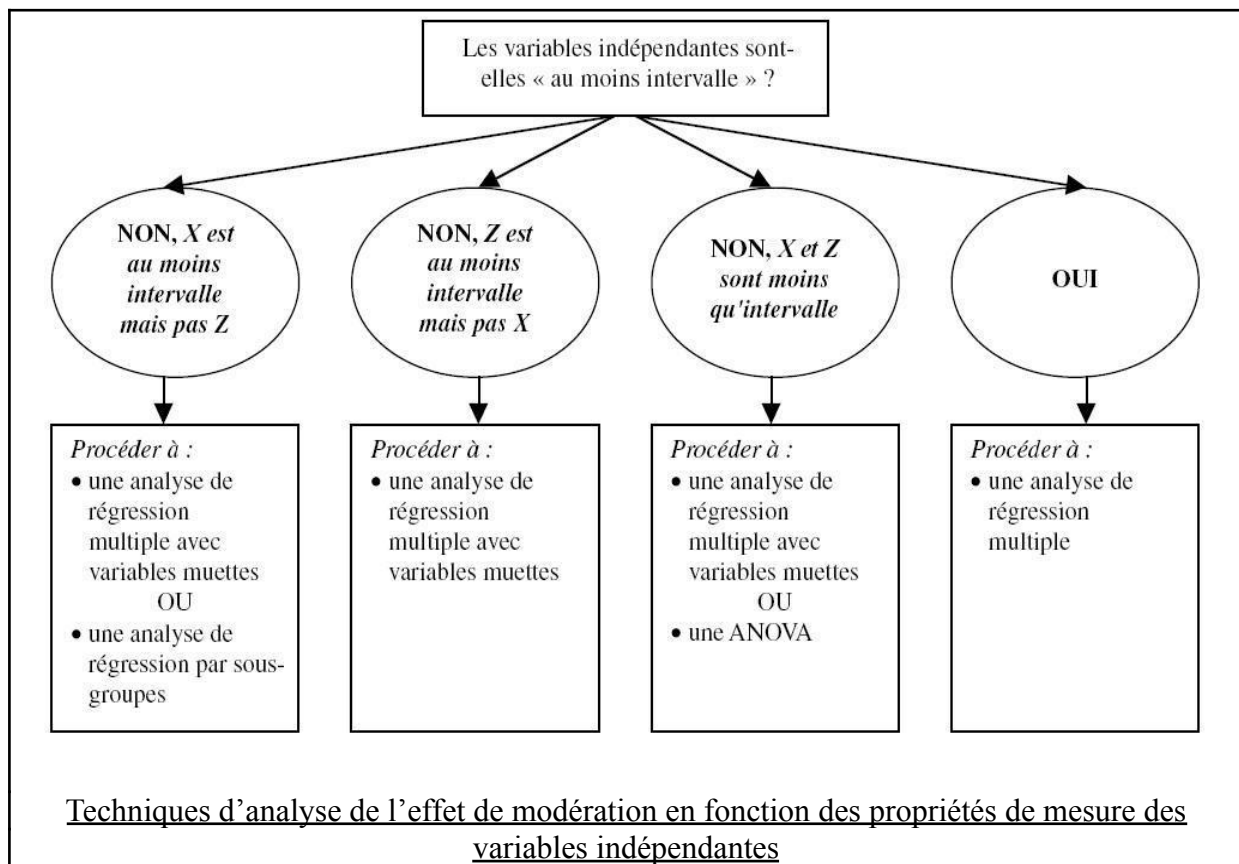
Un effet modérateur de Z sur la relation X - Y se caractérise par un effet d'interaction $X \times Z$ significatif. En d'autres termes, dans le cadre d'une relation X - Y linéaire, le coefficient c de l'équation (a) est significatif. Les coefficients b et d représentent, respectivement, les effets « simples » de X et de Z sur Y .

$$Y = a + bX + dZ + cXZ + \text{erreur} \quad (a)$$

La nature de la variable modératrice (Qualitative [le sexe du répondant], Quantitative [attitude envers l'annonce], nominale ou ordinale...), et celle de la variable indépendante va déterminer le type d'analyse statistique permis. Différentes techniques statistiques peuvent

être utilisées afin de tester l'effet d'interaction. Le choix du type d'analyse statistique à mettre en œuvre dépendra de la manière dont les variables ont été mesurées. Deux grandes catégories de mesure sont à distinguer :

- Les échelles « au moins intervalle » : renvoie aux mesures métriques, c'est-à-dire aux échelles « intervalle » (ou cardinales faibles) et de ratio (ou cardinales fortes) ;
- Les échelles « moins qu'intervalle » : renvoie aux mesures nominales et ordinales.



Propriétés de mesure des variables	Technique utilisée	Démarche
Les variables X , Y et Z sont « au moins intervalle »	Régression multiple	$Y = a + bX + dZ + cXZ + \text{erreur} \quad (a)$ L'équation (a) est ajustée comme telle par le biais d'une analyse de régression multiple.
La variable indépendante X est mesurée au moyen d'échelle « moins qu'intervalle » alors que la variable modératrice Z est « au moins intervalle »	Régression multiple avec variables muettes	Même démarche que lorsque Z est « moins qu'intervalle » et que X est « au moins intervalle »

	Analyse par sous-groupes	Les sous-groupes sont les différentes modalités de la variable modératrice supposée (exemple : hommes <i>versus</i> femmes). - Il s'agit de régresser Y sur X pour chacun des sous-groupes, plutôt que de traiter les données par une analyse de régression avec variables muettes. Les résultats mèneront à des conclusions tout à fait identiques. - Il s'agit ensuite de tester l'existence d'une différence significative au plan des coefficients de régression (non standardisés) des groupes (Baron et Kenny, 1986). En d'autres termes, il faut tester le caractère significatif du test t suivant (équation (c)). $t = \frac{b_{\text{sous-groupe 1}} - b_{\text{sous-groupe 2}}}{s_{\text{agrégé}} \sqrt{\frac{s_{b_{\text{sous-groupe 1}}}^2}{s_1^2} + \frac{s_{b_{\text{sous-groupe 2}}}^2}{s_2^2}}} \quad (c) \quad \frac{(n_1 - k_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - k_2 - 1)s_2^2}{N - (k_1 + k_2 + 2)} \quad (c')$ Où $b_{\text{sous-groupe 1}}$ et $b_{\text{sous-groupe 2}}$ sont les estimations des coefficients de régression de la variable X, pour les sous-groupes 1 (exemple : hommes) et 2 (exemple : femmes) ; $s_{b_{\text{sous-groupe 1}}}$ et $s_{b_{\text{sous-groupe 2}}}$ la variance de ces coefficients ; s_1^2 et s_2^2, le $SCR/n-k-1$ pour chaque groupe (SCR est la somme des carrés résiduelle et $SCR/n-k-1$ correspond au carré moyen résiduel) et k le nombre de variables indépendantes. Le s_2^2 agrégé correspond à l'équation (c'). $N = n_1 + n_2$. S'il y a plus de deux sous-groupes différents comme dans le cas de l'implication faible/modérée/ forte, il s'agit de calculer l'équation (c) pour chaque groupe comparé deux à deux (implication faible <i>versus</i> modérée ; implication faible <i>versus</i> forte ; implication modérée <i>versus</i> forte), et montrer que le résultat de cette dernière est significatif dans un cas au moins.
X est « au moins intervalle » et Z est « moins qu'intervalle ».	Régression multiple avec variables muettes	Par exemple, si Z est une variable discrète à 3 niveaux (exemple : implication forte, modérée et faible), il convient d'ajuster le modèle (b) : $Y = a + bX + d_1Z_1 + d_2Z_2 + c_1XZ_1 + c_2XZ_2 + \text{erreur} \quad (b)$ Ainsi, pour représenter 3 niveaux, il suffit de créer deux variables binaires : Z_1 et Z_2 ($Z_1 = 0$ et $Z_2 = 0$ est la base de référence, par exemple « faible implication » ; $Z_1 = 1$ et $Z_2 = 0$ représente l'implication modérée et $Z_1 = 0$ et $Z_2 = 1$ représente l'implication forte). Si c_1 et/ou c_2 sont significatifs, la variable Z est un modérateur de l'influence de X sur Y.

X et Z sont toutes les deux moins qu'intervalles.	Régression multiple avec variables muettes	Par exemple, si Z est une variable à 3 niveaux (exemple : implication forte, modérée et faible) et X une variable à deux niveaux (exemple : bonne humeur <i>versus</i> mauvaise humeur), le même modèle que le modèle (b) sera ajusté mais l'interprétation de la variable X sera différente. Il s'agira d'une variable binaire. Elle sera égale à 0 si l'on est de mauvaise humeur (niveau de référence) et égale à 1 si l'on est de bonne humeur. Si, par contre, la variable indépendante X a trois niveaux, il conviendra d'ajuster le modèle (d) : $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + d_1Z_1 + d_2Z_2 + c_1X_1Z_1 + c_2X_1Z_2 + c_3X_2Z_1 + c_4X_2Z_2 + \text{erreur} \quad (d)$ Si l'un ou plusieurs des c_i est significatif, la variable Z est un modérateur de l'influence de X sur Y.
	ANOVA	En effet, il est plus simple et plus direct de procéder à une analyse ANOVA plutôt que de transformer manuellement les variables en variables muettes et de les traiter par une analyse de régression avec variables muettes. À nouveau, il faut souligner que les résultats conduiront à des conclusions identiques quelle que soit la technique d'analyse choisie. (*) Soulignons également l'existence, dans la littérature, de certains travaux qui – afin de retomber dans le cas « simple » de l'analyse ANOVA – transforment les variables « au moins intervalle » en variables catégoriques. Il existe différentes techniques pour ce faire, mais elles sont généralement très arbitraires et conduisent systématiquement à une perte de finesse dans l'information (par exemple, découper l'échantillon selon la médiane (<i>median-split</i>)). Ce genre de pratique n'est guère conseillé.

Recommandations

Même si l'analyste n'est intéressé que par le caractère significatif ou non de l'interaction entre les variables X et Z, il n'est pas correct de régresser la variable dépendante uniquement sur le produit des deux variables. Il faut toujours également inclure les deux variables X et Z dans le modèle de régression, sans quoi l'effet de l'interaction sur la variable dépendante sera confondu avec l'effet simple des deux variables.

Pour les régressions pas à pas (stepwise), il faut toujours veiller à entrer le produit des deux variables (effet d'interaction) après les deux variables et ne jamais enlever les deux variables du modèle final même si les coefficients de ces variables ne sont pas significatifs.

La manière dont les variables muettes sont créées influence les résultats des analyses de régression modérée (c'est-à-dire modèle avec terme multiplicatif). En effet, Irwin et McClelland (2001) mettent en évidence que coder les variables de manière binaire (0,1) ou en utilisant des contrastes (-1, 1) a un impact sur les coefficients des variables dans la régression ainsi que sur les coefficients de corrélation entre variables dans le modèle de régression modérée.

Illustrations de processus modérateurs :

Auteurs	Illustration
Verhoef, Frances et Hoekstra (2002)	L'ancienneté de la relation entre un fournisseur et un acheteur est un modérateur de l'influence positive de la satisfaction de l'acheteur par rapport à sa relation vis-à-vis du fournisseur sur le nombre de services achetés : plus la relation d'affaires est longue, plus l'effet positif de la satisfaction vis-à-vis de la relation sur le nombre de services achetés est fort
Dahl, Manchanda et Argo (2001)	La familiarité d'achat avec le produit est un modérateur de l'influence de la présence sociale sur l'embarras éprouvé vis-à-vis de l'achat d'un produit embarrassant (exemple : préservatifs).
Schaninger et Buss (1984)	Liée à la personnalité cognitive des consommateurs : Pour les consommateurs qui ont une « capacité cognitive » forte, plus la décision d'achat est perçue comme complexe et risquée, <i>plus</i> grande est la quantité d'informations qu'ils traitent. Et, cette relation est inversée pour les consommateurs qui ont une capacité cognitive faible
Lichtlé (2002)	Concernant la couleur des annonces publicitaires : pour les annonces concernant des chaussures, les couleurs les plus lumineuses sont les plus stimulantes alors que pour les annonces concernant les parfums, les couleurs les moins lumineuses sont les plus stimulantes.

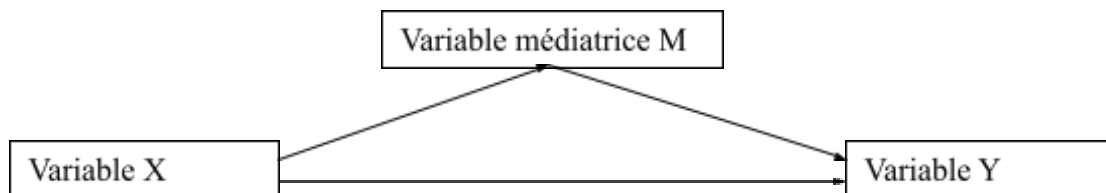
LE PROCESSUS MÉDIATEUR :

Un médiateur est une variable qui permet d'expliquer la manière, le processus par lequel la variable X influence la variable Y . Les processus médiateurs « comment, pourquoi » l'effet X - Y existe. La variable médiatrice revêt donc le statut de variable dépendante ou de variable indépendante selon l'angle sous lequel elle est observée.

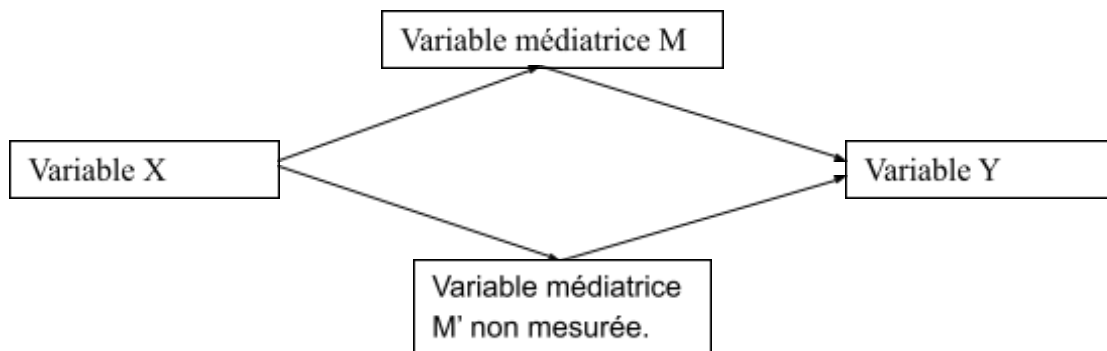
Lorsqu'une variable est médiateur de la relation X - Y , on dit que la variable X a un effet indirect sur la variable Y . c'est-à-dire qu'au moins une partie de l'influence de X sur Y passe par la variable médiatrice. Dès lors, si l'influence de la variable médiatrice est contrôlée statistiquement, deux cas se présentent :

- L'influence de X sur Y **disparaît totalement** en présence de la variable supposée médiatrice → la médiation est dite **complète**.
- Lorsque l'influence de X sur Y est simplement réduite, mais **ne disparaît pas** totalement, lorsque l'influence du médiateur potentiel est contrôlée → la médiation est dite **partielle** : seule une partie de l'effet de X sur Y s'exerce à travers la variable médiatrice et l'autre partie de cet effet s'exerce directement sur la variable Y ou, éventuellement, via une autre variable non prise en compte dans le modèle.

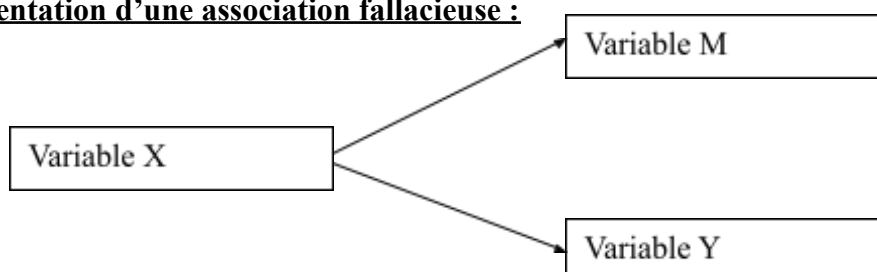
Représentation conventionnelle d'une médiation partielle :



Médiation par deux variables :



Représentation d'une association fallacieuse :



Remarques :

- Une fois encore, c'est le modèle théorique qui permettra de déterminer s'il y a médiation partielle effective ou si la médiation est complète mais passe par plusieurs variables médiatrices.
- Il faut souligner que l'analyse de médiation ne permet pas de vérifier si la séquence causale postulée est exacte. Elle vérifie uniquement si, compte tenu d'un modèle théorique causal défini a priori, la variable supposée jouer le rôle de variable médiatrice remplit bien les conditions de médiation.
- Avant de détailler ces différentes méthodes, il est important de souligner que – tout comme pour les analyses de modération – les tests de médiation peuvent être influencés par la colinéarité entre variables indépendantes (notons qu'une manière de contourner les problèmes liés à la colinéarité est de disposer d'un échantillon suffisamment grand).

La méthode habituellement utilisée, dans les travaux en marketing, afin de vérifier l'existence d'un effet médiateur complet ou partiel est la méthode des régressions (simples et multiples) successives proposée par Baron et Kenny (1986). Si l'ensemble des variables considérées n'est pas de nature au moins intervalle, des régressions (simples et multiples) avec variables muettes seront utilisées. Enfin, si le but du chercheur est de tester l'existence d'un effet médiateur au moins partiel, sans distinguer si l'effet de médiation est partiel ou complet, le test du caractère significatif de l'effet indirect pourra être envisagé.

Intitulé de la méthode	Comment l'appliquer ?
<i>Régressions successives – les conditions de médiation de Baron et Kenny (1986)</i>	Quatre conditions doivent être testées : □ Condition 1 : La variable X doit avoir un impact significatif sur la variable Y. Il s'agit donc de régresser Y sur X et de montrer que le coefficient $b1$ dans l'équation de régression (e) est significatif. $Y = a1 + b1X + \text{erreur1}$ (e) b1 représente l'effet total de X sur Y. Lorsque X varie d'une unité, Y varie de $b1$ unités. Il est égal à la somme des effets direct et indirect (médiatisé). □ Condition2 : La variable X doit avoir un effet significatif sur M. Il s'agit donc de régresser M sur X et de montrer que le coefficient b2 dans la régression (f) est significatif. $M = a2 + b2X + \text{erreur2}$ (f) □ Condition3 : La variable médiatrice supposée M doit significativement influencer la variable Y, lorsque l'influence de la variable X sur Y est contrôlée. Il s'agit donc de régresser Y sur X et M et de montrer – dans l'équation (g) – que le coefficient $b4$ est significatif. $Y = a3 + b3X + b4M + \text{erreur3}$ (g) Les coefficients $b2$ de l'équation (f) et $b4$ de l'équation (g) permettent d'évaluer l'effet indirect de X sur Y, c'est-à-dire l'influence de X qui est transmise par M. Cet effet indirect est égal à $b2 \times b4$. Lorsque X varie d'une unité, M varie de $b2$ unités. Et, lorsque M varie d'une unité et que X est maintenu constant, Y varie de $b4$ unités ($b4$ indique le changement au niveau de Y associé à M et indépendant de l'effet direct de X sur Y). □ Condition4 : L'influence significative de la variable X sur Y doit disparaître lorsque l'effet de M sur Y est contrôlé statistiquement. Il s'agit donc de montrer que le coefficient $b3$ est non significatif (équation (g)). b3 rend compte de l'effet direct de X sur Y. Lorsqu'il y a médiation complète, l'effet total de X sur Y est entièrement produit de manière indirecte. $b1 = b3 + b2 \times b4 \Leftrightarrow b1 = b2 \times b4$ (car $b1$ est non significativement différent de « 0 ») Si toutes les conditions sont rencontrées à l'exception de la condition 4, il y a médiation partielle, c'est-à-dire que l'effet de X sur Y se produit à la fois de manière directe et de manière indirecte.
<i>Régressions multiples avec variables muettes</i>	À l'instar des variables modératrices, aucune contrainte ne pèse sur la nature de la variable médiatrice, elle peut être qualitative ou quantitative, catégorique ou non. Il suffit de transformer les variables qui ne sont pas « au moins intervalle » en variables <i>muettes</i>.

<i>Test du caractère significatif de l'effet indirect</i>	La part de l'effet de X sur Y qui est médiatisé par M – c'est-à-dire l'effet indirect – correspond à $b_1 \cdot b_3$. Et cette différence de coefficients est exactement égale au produit de l'influence de X sur M et de l'influence de M sur Y, c'est-à-dire $b_2 \times b_4$. Lorsque l'effet de X sur Y est au moins partiellement médiatisé, $b_2 \times b_4$ est significativement différent de 0. Le test qui permet de vérifier directement que l'effet indirect de X sur Y via M – c'est-à-dire $b_2 \times b_4$ – est significativement différent de 0 est repris. $H_0 : b_2 \times b_4 = 0$ (absence de médiation) ; $H_1 : b_2 \times b_4 \neq 0$ (présence de médiation au moins partielle)
---	---

Remarque
importante : cas de la
suppression

A côté des cas de médiations cités, il existe également des cas dits de *suppression*. Il y a suppression lorsque b_3 est de signe opposé à $b_2 \times b_4$. Prenons l'exemple des cadeaux que les entreprises offrent à leurs clients (par exemple, points bonus, pourcentages de réduction, tickets de cinéma). Plus une entreprise offre des cadeaux à ses clients, plus ces derniers seront – en principe – satisfaits et, par conséquent, plus les revenus de l'entreprise devraient être élevés (c'est-à-dire $b_2 > 0$; $b_4 > 0$; $b_2 \times b_4 > 0$). L'impact **indirect** de la quantité de cadeaux offerts sur les revenus est donc **positif**. Cependant, la quantité de cadeaux offerts a vraisemblablement un impact **négatif direct** sur les revenus de l'entreprise ($b_3 < 0$). Si l'effet direct et l'effet indirect sont de la même taille (en valeur absolue), l'effet total de X sur Y sera non significativement différent de « 0 ». Dans ce cas de figure, la condition 1 de l'analyse de médiation ne sera pas vérifiée alors que les conditions 2 et 3 le seront. Dans les cas de suppression, l'effet (total) de la variable indépendante sur la variable dépendante est réduit, voire camouflé, « annulé » par la présence de la variable suppressive. L'influence de la variable indépendante sur la variable dépendante peut, dès lors, n'apparaître que lorsque l'on contrôle l'influence de la variable suppressive.

MODÉRATEURS VERSUS MÉDIATEURS : QUAND CHOISIR QUOI ?

Les processus modérateurs et médiateurs ne sont pas déduits du type de variable utilisée (exemple : variable socio-démographique, variable manipulée), ni du type de collecte de données (exemple : plan expérimental, enquête).

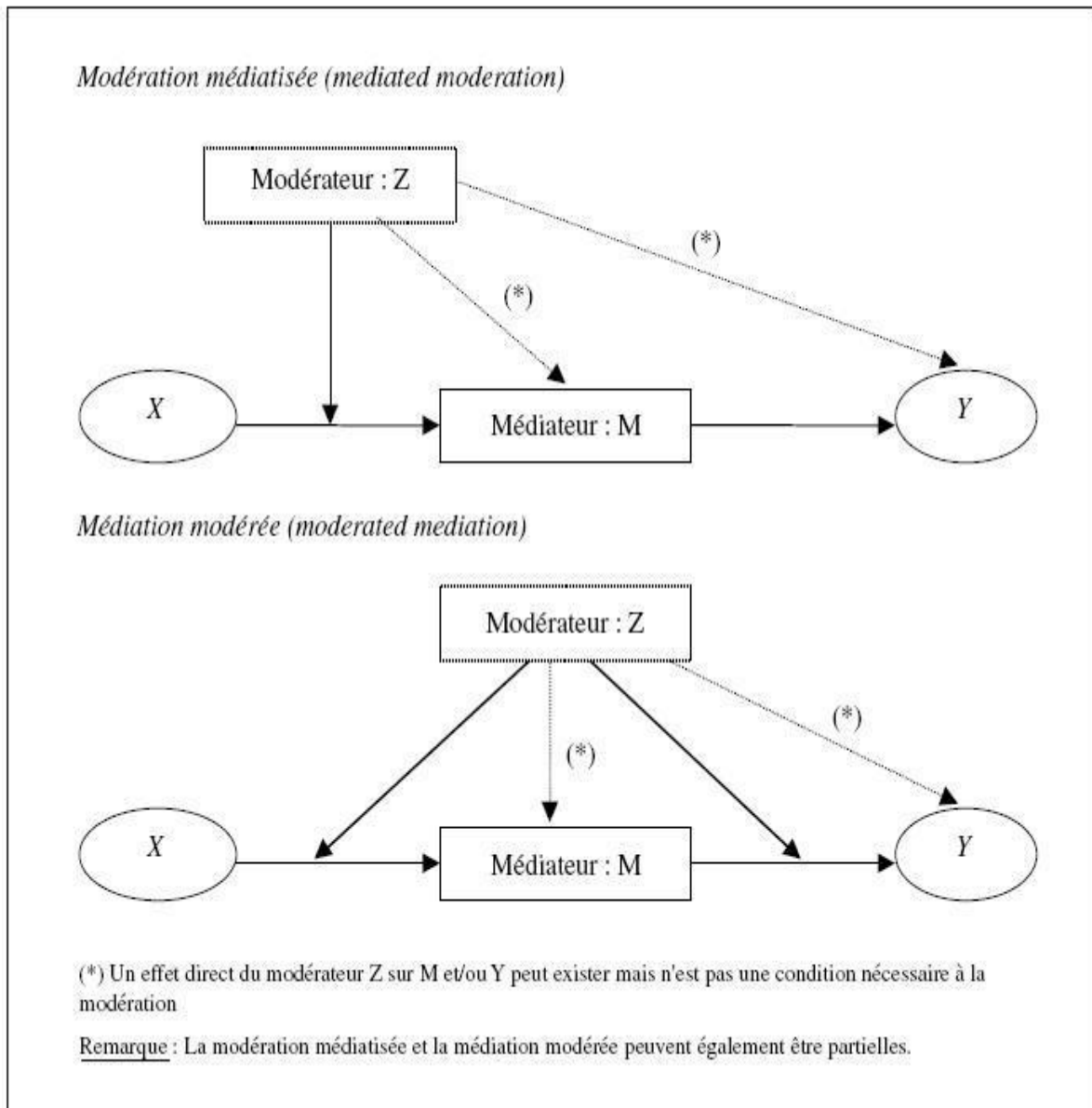
Un modérateur sera typiquement introduit dans un modèle lorsque de faibles corrélations entre la variable indépendante et la variable dépendante, voire des relations non constantes (exemple : parfois négatives, parfois positives), sont suspectées. Inversement, un médiateur sera généralement introduit dans un modèle lorsque de fortes relations entre les variables d'intérêt sont attendues.

L'identification de modérateurs et de médiateurs peut également dépendre du niveau de connaissance dont on dispose à propos du phénomène étudié.

Si un médiateur est identifié, à côté des processus modérateurs, l'existence d'une modulation médiatisée (*mediated moderation*) pourra également être envisagée. La connaissance d'un médiateur peut aussi aider à la découverte de modérateurs potentiels. En effet, l'on peut, par exemple, tenter de déterminer s'il existe des circonstances lors desquelles l'effet de médiation est plus fort (le cas échéant, l'on aura affaire à un médiateur modéré (*moderated mediator*)).

LA MODÉRATION MÉDIATISÉE

Le processus de **modération médiatisée** reflète le fait que l'effet interactif de la variable indépendante X avec le modérateur Z sur la variable dépendante Y est médiatisé par une quatrième variable (M).



- **Condition 1** : L'interaction $X \times Z$ entre la variable indépendante et la variable modératrice supposée doit avoir un impact significatif sur la variable dépendante Y , c'est-à-dire que le coefficient b_3 dans l'équation de régression (i) est significatif ;

$$Y = a_1 + b_1X + b_2Z + b_3(X \times Z) + \text{erreur}_1 \quad (i)$$

- **Condition 2 :** L'interaction $X \times Z$ doit avoir un impact significatif sur la variable médiatrice supposée M , c'est-à-dire que le coefficient b_6 dans l'équation de régression (j) est significatif ;

$$M = a_2 + b_4X + b_5Z + b_6(X \times Z) + \text{erreur}_2 \quad (j)$$

- **Condition 3 :** La variable médiatrice supposée M doit significativement influencer la variable Y , lorsque l'influence de $(X \times Z)$ est contrôlée, c'est-à-dire que le coefficient b_7 de l'équation (k) est significatif ;

$$Y = a_3 + b_7M + b_8X + b_9Z + b_{10}(X \times Z) + \text{erreur}_3 \quad (k)$$

- **Condition 4 :** Pour une médiation complète, l'influence significative de $X \times Z$ doit disparaître lorsque l'effet de M sur Y est contrôlé statistiquement, c'est-à-dire que le coefficient b_{10} de l'équation (j) est non significatif. Le cas échéant, la variable Z est un modérateur complètement médiatisé.

Remarquons que le médiateur M pourrait également à la fois médiatiser l'effet simple de la variable indépendante X , en plus de l'effet de $(X \times Z)$, sur Y . Par ailleurs, tout comme pour la médiation partielle, il peut exister des cas de modération médiatisée partielle. Le cas échéant, la quatrième condition ne doit pas être satisfaite.

LA MÉDIATION MODÉRÉE

L'existence d'un **médiateur modéré** reflète le fait que le processus de médiation dépend du niveau d'une quatrième variable (le modérateur).

Afin de tester l'existence d'une médiation modérée, il suffit d'effectuer une régression supplémentaire par rapport au cas de modération médiatisée, qui incorpore le terme d'interaction entre le médiateur (M) et le modérateur (Z) (voir équation l), et de tester si cet effet d'interaction est significatif.

Si l'effet $X \times Z$ sur Y reste inchangé (c'est-à-dire non significatif) et que le coefficient b_{15} est non significatif, on peut dire que le rôle joué par M en tant que médiateur ne varie pas en fonction du niveau du modérateur Z . Autrement dit, M n'est pas un médiateur modéré.

$$Y = a_4 + b_{11}M + b_{12}X + b_{13}Z + b_{14}(X \times Z) + b_{15}(M \times Z) + \text{erreur}_4 \quad (l)$$