

# PSY-7001 Analyses multivariées

Cours #5 : Modération et médiation



#### Contenu du cours

- 1) Modération vs médiation : quelle est la question d'intérêt?
- 2) La modération comme une interaction
- 3) L'approche classique de Baron & Kenny en médiation
- 4) Exemple de médiation simple (Baron & Kenny)
- 5) Tests de signification sur la relation indirecte : approche de Sobel, MacKinnon, et par bootstrap non-paramétrique
- 6) La macro PROCESS (illustration en SPSS)
- 7) Concepts avancés en médiation : médiation multiple, médiation en série, médiation longitudinale et médiation modérée/modération médiée
- 8) Quelques articles et ouvrages à connaître



- Famille de techniques permettant d'explorer la nature de la relation entre 1+ prédicteur et une variable dépendante.
- Ces approches ne sont pas de nouveaux tests statistiques mais plutôt une utilisation plus poussée des techniques de la régression multiple
- Article classique de Baron & Kenny (1986) dans JPSP qui introduit l'approche statistique de ces questions.



 Comme la modération/médiation n'est pas un test particulier mais une approche, on peut réaliser ces analyses avec des modèles statistiques plus complexes comme les équations structurelles, ou dans des devis plus complexes (p.ex., devis longitudinal ou multi-niveaux)



## Régression multiple (3 prédicteurs, 1 VD)

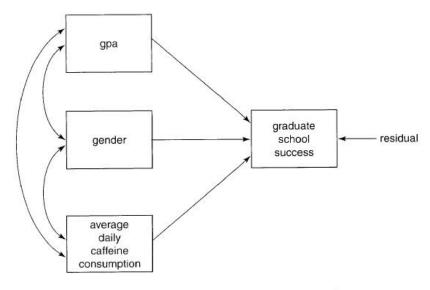
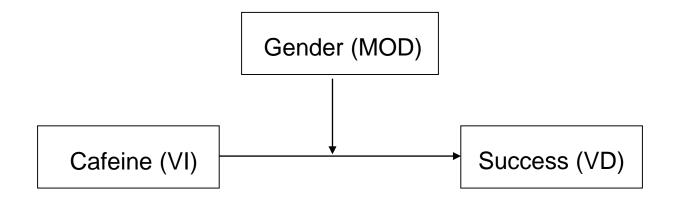


FIGURE 14.1 Path diagram of multiple regression.

Question : quel est le(s) meilleur(s) prédicteur(s) du succès aux études graduées?



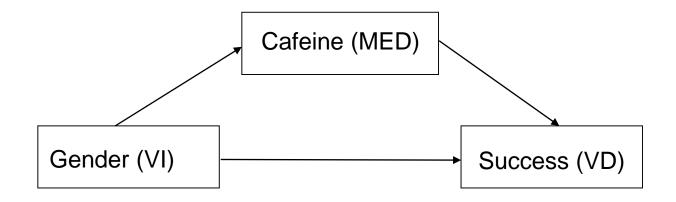
#### Test de modération



Question : est-ce que la relation entre la caféine et le succès (i.e., le pouvoir prédictif de la caféine) est différente selon le genre?



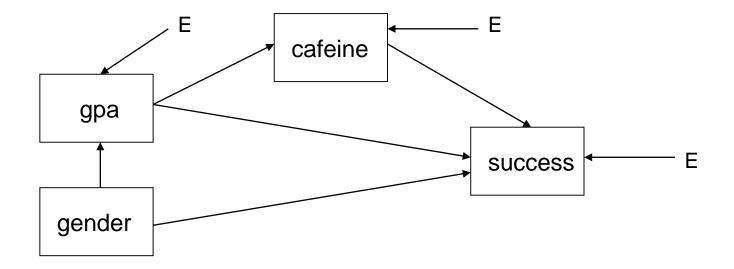
#### Test de médiation



Question : est-ce que la caféine explique la relation entre le genre et le succès (i.e., la différence de succès entre les garçons et les filles)?



## Analyse acheminatoire (path analysis)



Est-ce que la VI affecte directement la VD ou indirectement via une variable médiatrice?

Question centrale de l'analyse de médiation

Est-ce que le modèle postulé (ou les relations postulées) est similaire pour différents groupes? *Question centrale de l'analyse de modération.* 



Le terme causal modeling a amené une mauvaise réputation à ces analyses car elles ne sont pas plus causales que la régression

IMPORTANT : La causalité est un concept **méthodologique**, pas statistique!

#### **Conditions d'utilisation**

Taille d'échantillon : selon les normes de la régression (dans les faits, moindre car inférence sur un seul paramètre)

Autres conditions similiaires à la régression multiple (normalité multivariée, absence de données extrêmes, linéarité des relations, absence de multicollinéarité)

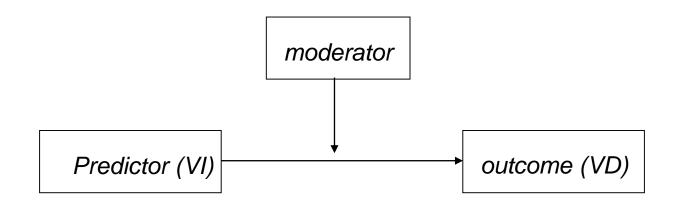


#### Questions de recherche:

 Une troisième variable (modérateur) influence la force/direction de la relation entre deux variables (VI → VD)

 Dans quelles conditions une relation (entre la VI et la VD) est maximale (ou minimale)?

## Test de modération – approche conceptuelle



Interaction en régression multiple

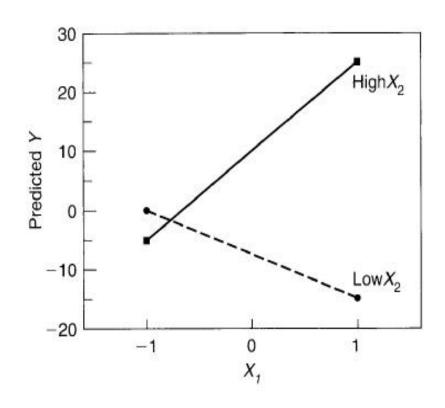


FIGURE 5.5 Interaction between two continuous IVs:  $X_1$  and  $X_2$ .

#### Test statistique:

- En fait, un test de modération n'est rien de plus qu'un test d'interaction entre le modérateur et le prédicteur dans la prédiction de la VD.
- Pour être valide, on doit entrer les trois effets dans la régression : (a) le modérateur, (b) le prédicteur, et (c) l'interaction

#### Test statistique de modération

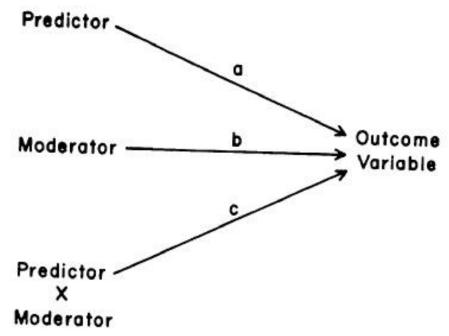


Figure 1. Moderator model.

## Mathématique de l'interaction :

Y = VD (continu)

X = prédicteur (continu)

M = modérateur (catégoriel\* 0=non,1=oui)

Régression multiple avec les trois effets :

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 M + B_3 X M$$



<sup>\*</sup>Pour la démonstration (pas obligatoire)

$$Y = B_0 + B_1X + B_2M + B_3XM$$
  
Régression pour les « non » (M = 0)  
 $Y = B_0 + B_1X + B_20 + B_3X0$   
 $Y = B_0 + B_1X$   
Régression pour les « oui »(M = 1)  
 $Y = B_0 + B_1X + B_21 + B_3X1$   
 $Y = (B_0 + B_2) + (B_1 + B_3)X$   
Pente est différente si interaction significative!

#### **Exemple SPSS:**

Question : la contribution de la consommation de café à la réussite scolaire diffère selon le sexe?

N = 100 répondants (50 H et 50 F)

Y = score examen

X = #cafés par semaine

M = sexe (0 = H, 1 = F)

#### **Exemple SPSS:**

 2 régressions (cafés → examen, par sexe) pour explorer la modération

> Permet de voir la relation pour chaque niveau du modérateur, mais ne permet pas de tester si le modérateur est significatif (i.e., si les différences entre les relations sont significatives)

 1 régression avec un terme d'interaction pour obtenir le test statistique de la modération

Permet de tester la signification du modérateur



## **Exemple SPSS (étape 1)**

Dans SPSS:

Données/Scinder fichier selon sexe

Analyse/Régression linéaire :

VD = examen

VI = cafes

## **Exemple SPSS (étape 1)**

#### Coefficients<sup>a</sup>

			Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		
sexe du répondant	Modèle		В	Erreur standard	Bêta	t	Sig.
homme	1	(Constante)	22,477	2,352		9,555	,000
		# cafés par semaine	1,588	,261	,659	6,074	,000
femme	1	(Constante)	23,495	1,998		11,762	,000
		# cafés par semaine	2,987	,255	,861	11,732	,000

a. Variable dépendante : note à l'examen

Pour H: +1 café = +1.59 pts sur la note

Pour F: +1 café = +2.99 pts sur la note

Différence 1.59 vs 2.99 est-elle significative?



## **Exemple SPSS (étape 2)**

Coefficients<sup>a</sup>

		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		
Modè	ele	В	Erreur standard	Bêta	t	Sig.
1	(Constante)	22,477	2,360		9,523	,000
	# cafés par semaine	1,588	,262,	,478	6,053	,000
	sexe du répondant	1,018	3,088	,052	,330	,742
	interaction	1,399	,365	,598	3,832	,000

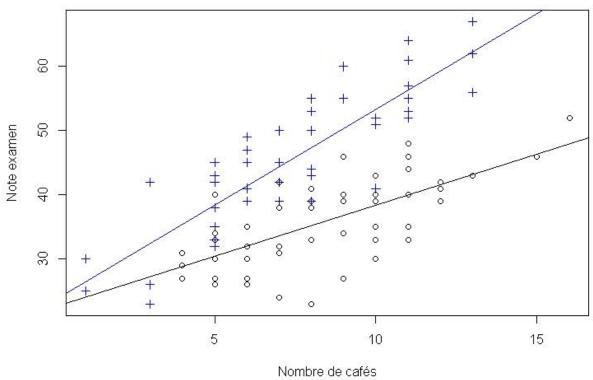
a. Variable dépendante : note à l'examen

Différence 1.59 vs 2.99 = 1.40

= test d'interaction (significatif)



## **Exemple SPSS - graphique**



#### Questions de recherche:

 Quel est le « processus » qui explique la relation entre une VI et une VD?

 Identifier la variable (médiation simple) ou les variables (médiation multiple) qui explique(nt) la relation entre une VI et une VD

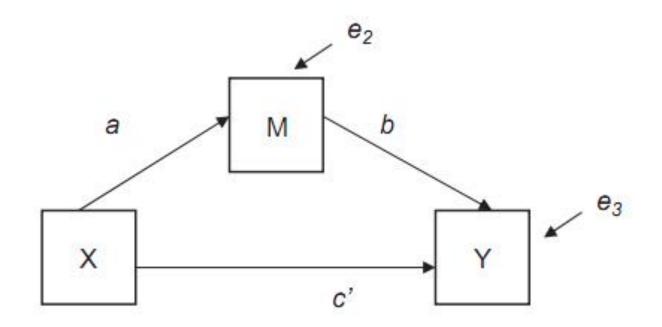
Test de médiation – concepts

## 1) Relation totale



Test de médiation – concepts

## 2) Relation incluant le **médiateur**





## Mathématique : 3 régressions linéaires :

- 1)  $Y = i + c X + e_1$  (effet total)
- 2)  $M = i + a X + e_2$  (relation « alpha »)
- 3)  $Y = i + b M + c' X + e_3$  (relation « beta » et effet direct)

où i = intercept, M = médiateur, X = VI, Y = VD et e = erreur

#### Mathématique

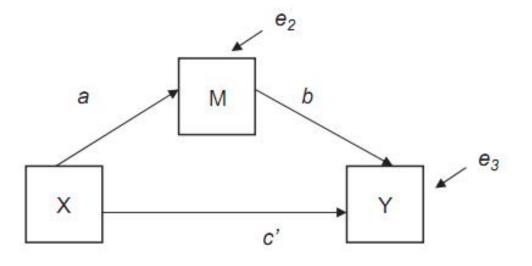
Effet indirect : produit des deux relations  $X \rightarrow M$  et  $M \rightarrow Y$ 

$$= a \times b = ab$$

Effet direct:

= total – indirect

$$= c - ab = c'$$



Historiquement (Baron & Kenny, 1986):

Tester la signification de **chaque** relation (alpha, bêta et effet direct)

Tests:  $a \neq 0$ ,  $b \neq 0$  et c' = 0

Approche simple mais très conservatrice (manque de puissance statistique pour détecter la médiation)

#### **Exemple SPSS:**

Question : la contribution de la motivation à la réussite scolaire est-elle explicable par la consommation de cafés?

N = 100 répondants (50 H et 50 F)

Y = score examen

X = motivation scolaire

M = #cafés par semaine

## **Exemple SPSS**: 3 régressions linéaires:

- 1) examen = (c) motivation (effet total)
- 2) cafes = (a) motivation (partie 1 effet indirect)
- 3) examen = b (cafes) + (c') motivation (partie 2 de l'effet indirect et effet direct)

**Exemple SPSS**: effet total

Coefficients<sup>a</sup>

		Coefficients no	n standardisés	Coefficients standardisés		
Modè	ele	В	Erreur standard	Bêta	t	Sig.
1	(Constante)	-8,488	4,705		-1,804	,074
	échelle de motivation	2,676	,254	,729	10,552	,000

a. Variable dépendante : note à l'examen

## **Exemple SPSS**: relation alpha $(X \rightarrow MED)$

#### Coefficients<sup>a</sup>

		Coefficients no	n standardisés	Coefficients standardisés		
Modèle		В	Erreur standard	Bêta	t	Sig.
1	(Constante)	-3,381	1,718		-1,968	,052
	échelle de motivation	,615	,093	,557	6,641	,000

a. Variable dépendante : # cafés par semaine

# **Exemple SPSS**: relation beta (MED $\rightarrow$ Y) et direct (X $\rightarrow$ Y, en contrôlant pour MED)

Coefficientsa

		Coefficients no	n standardisés	Coefficients standardisés		
Modèl	le	В	Erreur standard	Bêta	t	Sig.
1	(Constante)	-5,934	4,634		-1,280	,203
	échelle de motivation	2,211	,295	,603	7,495	,000
	# cafés par semaine	,756	,267	,227	2,827	,006

a. Variable dépendante : note à l'examen

## **Exemple SPSS (résultats)**

1) Effet total (VI  $\rightarrow$  VD)

$$B_{c(total)} = 2.676***$$

2) Relation alpha (VI → médiateur)

$$B_{alpha} = 0.615***$$

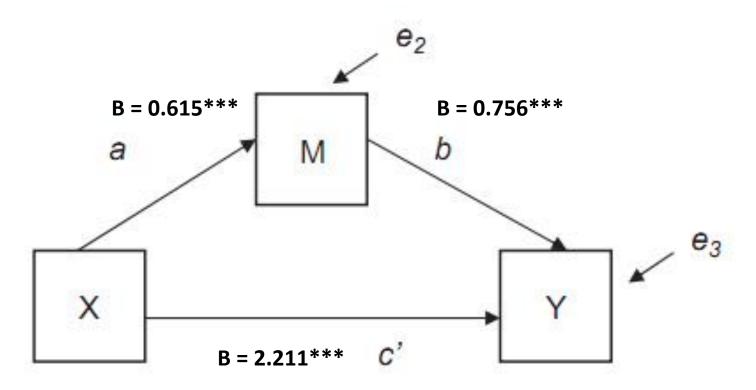
3) Relation beta et effet direct (VI + médiateur → VD)

$$B_{\text{beta}} = 0.756***, B_{\text{c'(direct)}} = 2.211***$$



## Exemple de médiation simple (B&K)

## **Exemple SPSS (résultats)**



## Exemple de médiation simple (B&K)

## **Exemple SPSS (résultats)**

Conclusion selon Baron & Kenny

- Relations alpha et beta sig = présence de médiation
- Effet direct sig = la médiation semble partielle

Approches actuelles : relation indirecte est-elle significative?

- Test:  $a \times b \neq 0$  (équivalent à  $c c' \neq 0$ )
- Approche la plus étudiée (selon différents angles : Sobel, MacKinnon, bootstrap) et la plus puissante

Comment tester la **signification** de la relation indirecte (a x b)?

On calcule une statistique t/Z qui est un ratio entre la relation indirecte et son erreur standard :

$$Z = \frac{(\alpha\beta)}{ES_{\alpha\beta}} \text{ où } ES_{\alpha\beta} = \sqrt{(\alpha^2 \sigma^2_{\beta}) + (\beta^2 \sigma^2_{\alpha})}$$

### 1) Test de Sobel :

Calculer le Z et le comparer à une distribution Z standard (Z selon alpha = 5% bi = 1.96)

## 2) Test de MacKinnon (2003)

Calculer le Z de Sobel mais le comparer à une distribution Z' ajustée de valeurs critiques

Exemple : N = 100, alpha = 5% bi, Z' = 0.90



## **Exemple SPSS (résultats)**

Conclusion selon Sobel / MacKinnon

effet indirect =  $B_{alpha} x B_{beta}$ 

 $= 0.615 \times 0.756 = 0.465$ 

effet direct = 2.211

effet total = 2.211 + 0.465 = 2.676

<u>Interprétation</u>: médiateur (café) expliquerait 0.465/2.676 = 17.4% de la relation entre la motivation et la réussite



## **Exemple SPSS (résultats)**

Est-ce que ce  $B_{ab} = 0.465$  est significatif?

**IMPORTANT**: Le test de chaque partie (alpha et beta) de la relation indirecte ne dit rien sur la relation indirecte elle-même!

On doit calculer manuellement l'erreur standard associé au B<sub>ab</sub> en utilisant les coefficents de régression de chaque partie de la relation indirecte et leurs erreurs standards.



## **Exemple SPSS (résultats)**

$$Z = \frac{\alpha\beta}{ES(\alpha\beta)} \text{ où } ES(\alpha\beta) = \sqrt{\left(\alpha^2 e s_{\beta}^2\right) + \left(\beta^2 e s_{\alpha}^2\right)}$$

Relation  $\alpha$  : B = 0.615, ES = 0.093

Relation  $\beta$  : B = 0.756, ES = 0.267

Donc:

$$Z = \frac{\alpha\beta}{ES(\alpha\beta)} = \frac{0.4647}{0.1786} = 2.602$$

 $Z(alpha=.05 bilatéral) = \pm 1.96$ 



## **Exemple SPSS (résultats)**

Est-ce que ce  $B_{ab} = 0.465$  est significatif?

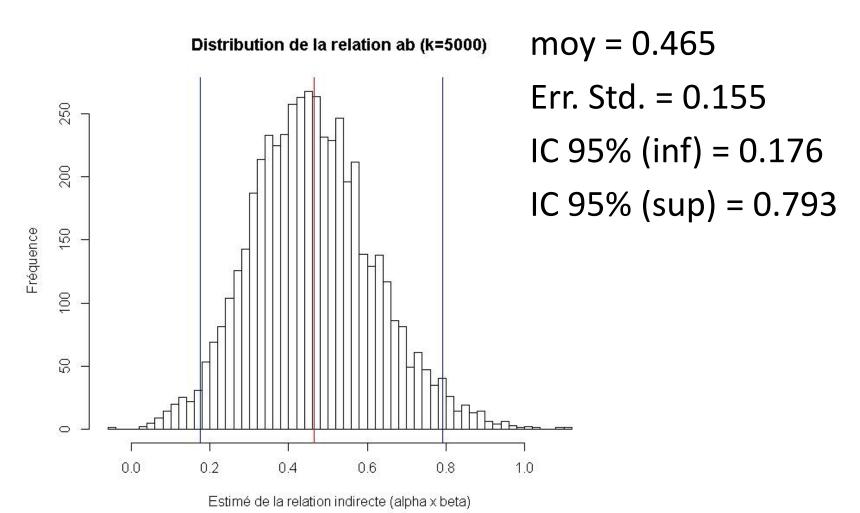
Conclusion : Z = 2.60 > 1.96 indique que la relation indirecte est significative (non-nulle).

*Note*. Si le test de Sobel est significatif (le test le moins puissant), pas nécessaire de faire celui de MacKinnon.

L'approche actuelle la plus utilisée pour tester la signification de la relation indirecte est celle par bootstrap (rééchantillonage multiple, Efron, 1979) Étapes :

- 1. Sélection aléatoire (avec remise) d'un échantillon de même taille à partir du jeu de données
- 2. Calcul de la relation indirecte (alpha x beta)
- 3. Refaire étapes (1) et (2) par exemple 5000 fois
- 4. Utiliser la distribution des 5000 estimés de la relation indirecte pour inférence





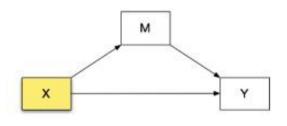
## Pourquoi cette approche est préférable?

- 1. Méthode non-paramétrique, qui n'assume pas la normalité de la relation indirecte (limite Sobel)
- 2. N'est pas basée sur le comportement « asymptotique » de la statistique (n'assume pas un grand N) (limite Sobel)
- Calcule les intervalles de confiance sur les percentiles de la distribution (donc IC nonsymétriques et plus réalistes) (limite MacKinnon)

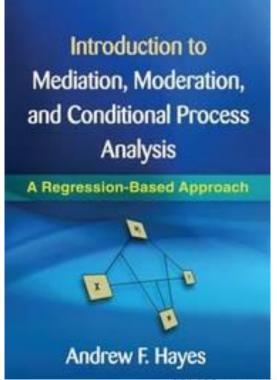


Macro PROCESS (SAS ou SPSS) version 3.5 (2020) (www.processmacro.org)

Tester des modèles de modération, de médiation ou combinés



```
* Example 2 (Process model 4).
process vars = science read math
   / y = science
   / x = math
   / m = read
   / model = 4.
```



#### Installation

- Ajout d'un menu SPSS (méthode recommandée)
- Ajout de la syntaxe (temporaire ou permanent)

#### **Avantages**

- 1. Supporte 80+ modèles distincts!
- 2. Produit des IC par bootstrap
- 3. Gratuit, facile et rapide
- 4. Supporté par l'auteur A.F Hayes (livres et formations disponibles)



#### Sortie SPSS de la macro PROCESS

```
****** TOTAL, DIRECT, AND INDIRECT EFFECTS ********
Total effect of X on Y
   Effect
                SE
                                        LLCI
                                                 ULCI
                         t
                                  р
    2.6760 .2536 10.5516
                               .0000
                                       2.1727
                                                3.1792
Direct effect of X on Y
    Effect
                SE
                                        LLCI
                                                 ULCI
                         t
                                  р
    2.2113 .2950 7.4950
                                    1.6257
                               .0000
                                               2.7968
Indirect effect of X on Y
       Effect Boot SE BootLLCI BootULCI
cafes .4647 .1563 .1885 .8103
```

## Sortie SPSS de la macro PROCESS (suite)

Completely standardized indirect effect of X on Y

Effect Boot SE BootLLCI BootULCI

cafes .1266 .0415 .0518 .2165

Ratio of indirect to total effect of X on Y

Effect Boot SE BootLLCI BootULCI

cafes .1737 .0601 .0684 .3070

R-squared mediation effect size (R-sq\_med)

Effect Boot SE BootLLCI BootULCI cafes .2814 .0610 .1621 .4034

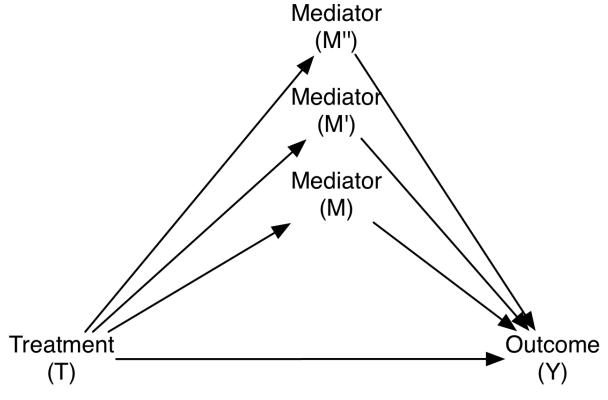
Normal theory tests for indirect effect

Effect se Z p

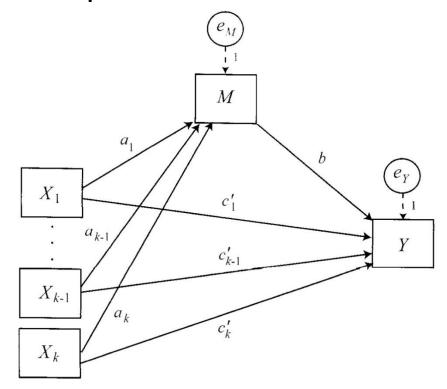
.4647 .1803 2.5767 .0100



Médiation avec plusieurs médiateurs = 1 modèle de médiation multiple

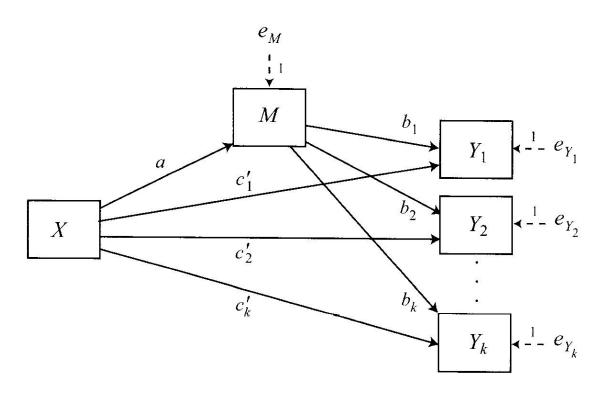


Médiation avec plusieurs prédicteurs = 1 modèle de médiation multiple



**FIGURE 6.5.** A simple mediation model with *k* antecedent *X* variables.

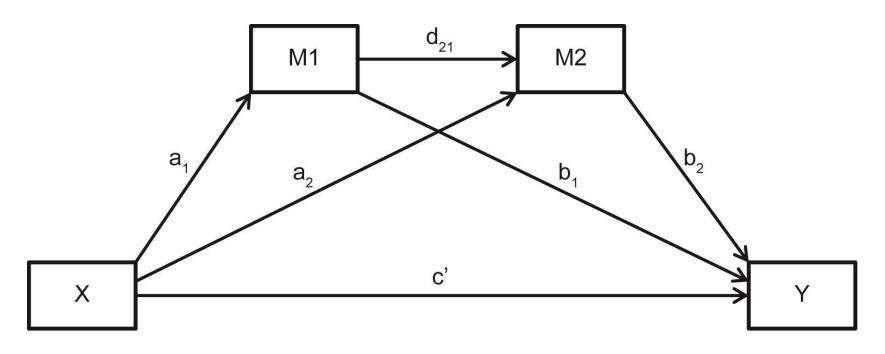
# Médiation avec plusieurs VD = k modèles de médiation simple



**FIGURE 6.6.** A simple mediation model with *k* consequent *Y* variables.



#### Médiation en série



# Médiation longitudinale

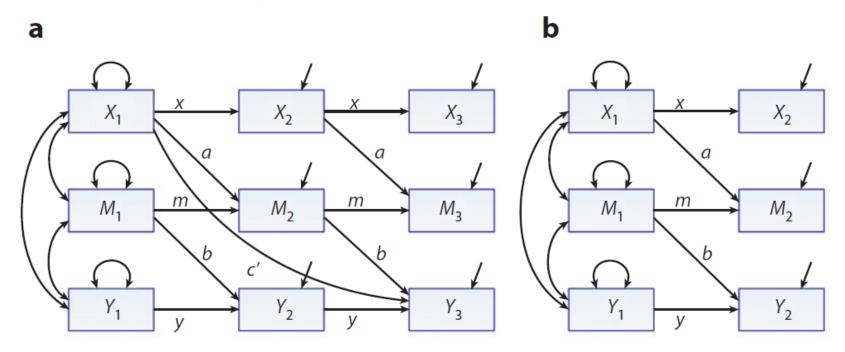


Figure 2

(a) Full cross-lagged panel model. (b) Cross-lagged panel model for a half-longitudinal design. (c)

Il est également possible de tester simultanément la modération et la médiation :

#### Médiation modérée

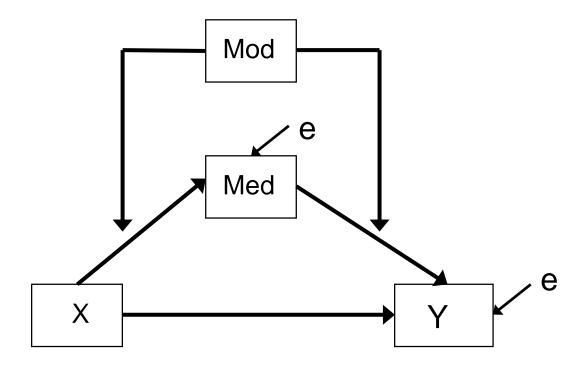
La force de la relation indirecte (médiation) varie selon une 4<sup>e</sup> variable (modérateur)?

#### Modération médiée

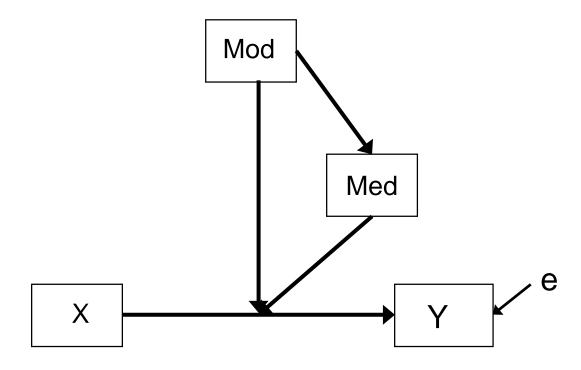
La relation de modération est expliquée par une 4<sup>e</sup> variable (médiateur)?



#### Médiation modérée



#### Modération médiée



#### Références utiles

- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 1173-1182.
- MacKinnon, D. P. (2008). Introduction to Statistical Mediation Analysis. NYC: Psychology Press.
- Hayes, A. F. (2017). Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: a Regression-based Approach (2nd ed.). NYC: Guilford Press.
- Hayes, A.F. (2009). Beyond Baron and Kenny: Statistical mediation analysis in the new millenium. *Communication Monographs*, 76(4), 408-420.
- Preacher, K. J. (2015). Advances in mediation analysis: a survey and synthesis of new developments. Annual Review of Psychology, 66, 825-852.