

## Les modèles d'équations structurelles à variables latentes

### Problèmes

#### Cours de statistique multivariée approfondie – 23 janvier 2013

#### 1- Modélisation graphique

##### a- SEM (LISREL)

Cette méthode est basée sur la covariance et estime l'ensemble des paramètres du modèle par l'estimateur du maximum de vraisemblance. Nous rappelons que le cas formatif est difficilement pris en compte par cette approche.

Voici un ensemble d'équation d'un modèle d'équations structurelles à variables latentes.

Dessiner le modèle complet avec les coefficients sur les axes.

$$x_1 = 0,7\xi_1 + 0,3$$

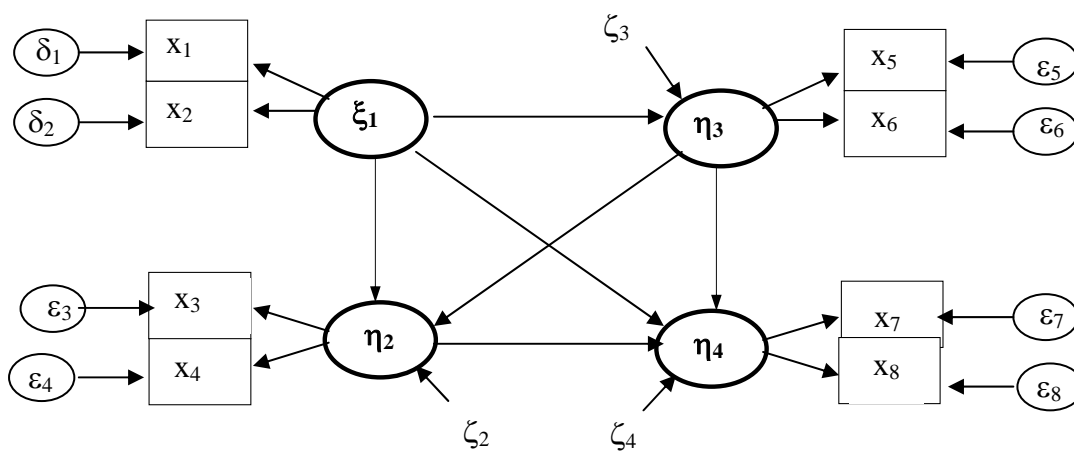
$$x_2 = 0,4\xi_1 + 0,5$$

$$x_3 = 0,7\xi_2 + 0,2$$

$$x_4 = 0,5\xi_2 + 0,1$$

$$\xi_2 = 0,6\xi_1 + 0,4$$

A partir de ce modèle retrouver les équations structurelles :



**b- Approche PLS**

Cette méthode est basée sur les variances, elle estime les variables latentes par un système itératif, les paramètres sont estimés par la suite.

Voici un ensemble d'équations pour un modèle d'équations structurelles à variables latentes.

Dessiner le modèle complet avec les coefficients sur les axes.

$$x_1 = 0,7\xi_1 + 0,3$$

$$x_2 = 0,4\xi_1 + 0,5$$

$$x_3 = 0,7\xi_2 + 0,2$$

$$x_4 = 0,5\xi_2 + 0,1$$

$$x_5 = 0,4\xi_3 + 0,2$$

$$x_6 = 0,3\xi_3 + 0,3$$

$$\xi_2 = 0,2\xi_1 + 0,4$$

$$\xi_3 = 0,6\xi_1 + 0,4\xi_2 + 0,1$$

Voici les équations associées à un modèle PLS, retrouver le modèle associé

$$\xi_1 = 0,7x_1 + 0,3x_3 + 0,6x_4 + 0,4$$

$$\xi_2 = 0,4x_2 + 0,5x_5 + 0,3x_6 + 0,1$$

$$\xi_3 = 0,7x_7 + 0,2x_8 + 0,2$$

$$\xi_4 = 0,5x_9 + 0,1x_{10} + 0,1$$

$$\xi_2 = 0,2\xi_1 + 0,1$$

$$\xi_4 = 0,6\xi_1 + 0,4\xi_2 + 0,2\xi_3 + 0,1$$

## **2- Le modèle de mesure (externe)**

Il existe deux types de relations entre variables latentes et variables manifestes. Dans les quelques cas suivants dire quel type de relations vous associez au modèle externe avec quelles hypothèses supplémentaires.

- a- Cas d'un questionnaire de satisfaction des clients.
  
- b- Cas d'une étude des caractères socioculturels d'une population.
  
- c- Cas d'une étude de caractéristiques d'un produit

## **3- La méthode d'estimation**

Deux approches existent: la méthode LISREL et l'approche PLS. Dans les trois cas suivants, dites quelle approche serait la plus adaptée et justifiez.

- a- Cas d'un questionnaire de satisfaction avec le modèle ECSI sur un échantillon réduit.
  
- b- Cas de l'étude des caractéristiques liées à des sentiments non observables dans une population.
  
- c- Cas de l'estimation de scores pour effectuer du scoring sur les variables latentes.
  
- d- Cas de l'estimation des paramètres d'un modèle simple réflectif.

#### 4- Quelques problèmes

Dans les 3 cas suivants, essayez de créer un modèle suivant les indications fournies, rechercher la méthode la plus adaptée et une fois cette méthode choisie précisez les paramètres importants.

##### 1. Cas 1

Vous êtes un industriel. Vous désirez établir un modèle structurel à variables latentes. Vous avez comme données un certain nombre d'indicateurs liés à la production concernant des secteurs de production et d'autre part des notes données par des juges concernant des caractéristiques associés aux mêmes produits (par secteur de production).

Vous avez 30 indicateurs et 30 jugements sur 10'000 produits. Ils ont été répartis dans 6 groupes par des experts. Chaque groupe est représenté par une variable latente.

Développez une problématique associée à cette étude. Que feriez-vous ? Au niveau de la mise en place du modèle. Au niveau de l'estimation des paramètres. Que faites-vous des résultats ?

##### 2. Cas 2

Vous êtes un prestataire de service. Vous voulez établir un modèle structurel à variables latentes afin de garder vos clients captifs. Vous décidez de mettre en place un questionnaire de satisfaction que vous distribuez à vos clients. Une fois ce questionnaire revenu et les données nettoyées. Que faites-vous ? Quels blocs vous paraissent importants ?

Vous avez décidé d'appliquer l'ECSI (Fig.1). Quel type de liens allez-vous utiliser pour le modèle externe ?

Vous voulez savoir quels sont les concepts les plus importants dans la détermination de la fidélité de vos clients. A partir des résultats du modèle obtenu avec PLS-Graph (Figure 1 et 2), que pouvez-vous conclure ? Qu'allez-vous faire pour augmenter la fidélité de vos clients ?

##### 3. Cas 3

Vous êtes un sociologue qui désire étudier l'apport de l'utilisation de l'ordinateur à l'école chez les adolescents. Le modèle est celui de la figure 3<sup>1</sup>. A partir de ces résultats que pouvez-vous dire ? Il manque certaines informations pour l'application de LISREL. Lesquelles ?

Nous savons d'autre part que l'expérience a été faite sur 723 élèves et que le  $\chi^2$  est significatif et vaut 94.90. Le ratio du (chi carré / degré de liberté) vaut 2.32; les tests  $t$  de tous les paramètres du modèle sont significatifs. Avec toutes ces informations interprétez le modèle obtenu.

Vous pouvez m'envoyer vos questions ou problèmes à l'adresse [jakobowicz\(@\)xlstat.com](mailto:jakobowicz(@)xlstat.com) ou les faire passer au prof. Saporta.

---

<sup>1</sup> Gardner, D. G., Dukes, R. L., & Discenza, R. (1993). Computer use, self-confidence, and attitudes: A causal analysis. *Computers in Human Behavior*, 9, 427-440.

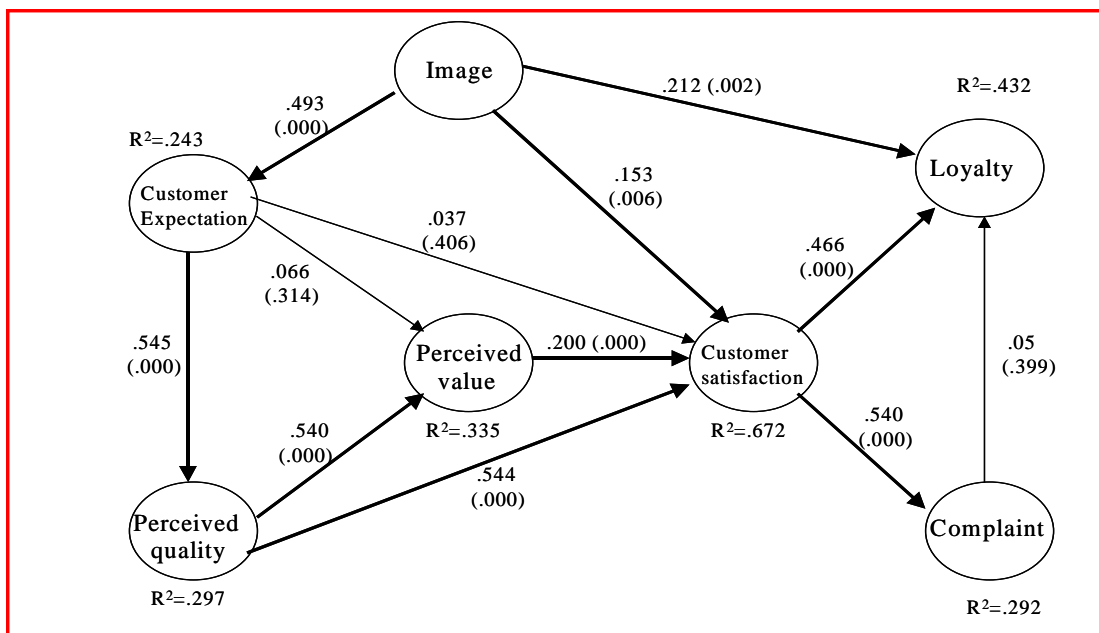


Fig. 1 : ECSI (European Customer Satisfaction Index) + coefficients obtenus avec PLS-Graph

Block	R <sup>2</sup>	Communality	Redundancy
<i>Image</i>		.4760	
<i>Customer Expectation</i>	.2431	.4711	.1145
<i>Perceived quality</i>	.2971	.5737	.1705
<i>Perceived value</i>	.3351	.8495	.2846
<i>Customer Satisfaction</i>	.6717	.6825	.4585
<i>Complaint</i>	.2916		.2916
<i>Loyalty</i>	.4318	.5200	.2216
<i>Average</i>	.3784	.5702	.2569

Fig. 2: Sorties PLS-Graph

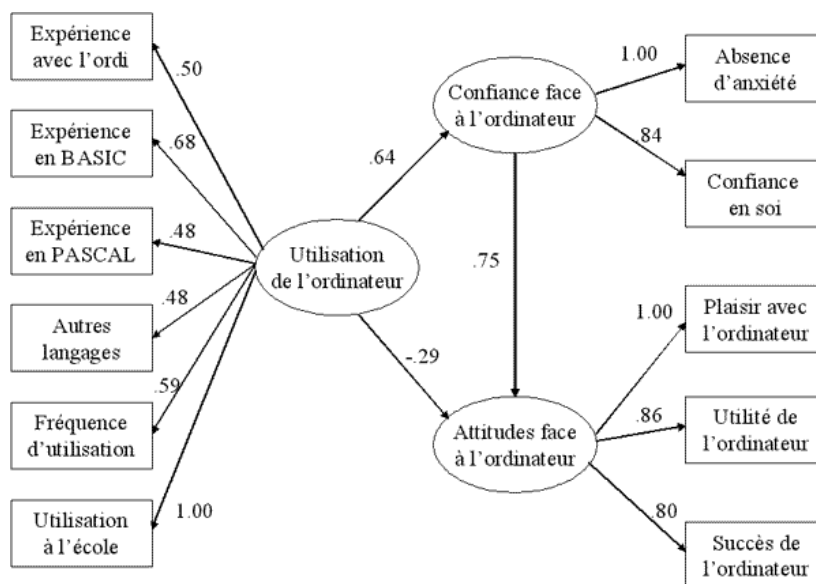


Fig. 3 :Utilisation de l'ordinateur à l'école