

# Analyse de sensibilité d'un modèle d'évaluation des actifs immatériels

Caroline Bayart - Jean de Dieu Kagambega

\* SAF - Laboratoire de Sciences Actuarielle et Financière, ISFA, Université Lyon 1

## Abstract

L'objet de cette présentation est d'analyser la sensibilité d'un modèle d'évaluation des actifs immatériels, basé sur un modèle de cash flow de type DCF (Discounted Cash Flow) et enrichi de données qualitatives, collectées auprès des entreprises du CAC 40. L'analyse de sensibilité menée sur des variables qualitative reste un exercice difficile à mettre en place, fortement lié à la spécificité du modèle utilisé ainsi qu'aux hypothèses sur l'indépendance des facteurs d'entrée. Toutefois, grâce à un réaménagement de la méthode de Sobol, nous pouvons mettre en évidence les variables les plus sensibles du modèle. Pour cela, nous allons comparer différentes méthodes d'estimation.

## 1 Introduction

Le débat concernant la contribution des actifs immatériels au calcul de la valeur de l'entreprise n'est pas récent. Pour autant, aucun modèle stable n'est aujourd'hui disponible pour tenir compte de l'impact de ces indicateurs. Le Projet Reference Value<sup>1</sup> a permis d'élaborer un modèle de calcul de la valeur des entreprises, qui tient compte non seulement des indicateurs financiers et économiques traditionnels, mais également d'indicateurs immatériels.

Afin d'expliquer la robustesse de la mesure de la performance de l'entreprise, nous analysons la sensibilité du modèle aux fluctuations des indicateurs immatériels. De nombreuses disciplines ont recours à l'analyse de sensibilité, notamment en économétrie, en physique et même en gestion. Selon la discipline concernée, plusieurs méthodes sont disponibles pour analyser la sensibilité des modèles (méthodes dites de screening, analyses locale, méthodes d'exploration par construction de méta-modèles. . .). L'exercice reste parfois difficile, notamment pour les modèles très complexes et à variables d'entrée dites qualitatives. Nous nous intéressons dans cette présentation aux méthodes d'analyse globales, afin d'étudier comment la répartition de la variable de sortie est modifiée, si

---

<sup>1</sup>Des travaux réalisés dans le cadre d'un projet de recherche technologique entre chercheurs et praticiens de l'analyse financière et extra-financière ainsi que spécialistes du Big Data.

on fixe une partie des variables d'entrées. Grâce au procédé de décomposition de la variance, nous calculons des indices de sensibilité de Sobol (Sobol, 1993). L'originalité de la présentation consiste à comparer différentes méthodes d'estimation de ces indices. Nous les calculons à partir de l'échantillon de données disponibles puis réalisons une estimation après un rééchantillonnage. Pour répondre à cet objectif, nous définirons les actifs immatériels qui entrent dans la composition du modèle et préciserons la structure de ce dernier. Puis, nous présenterons les méthodes de calcul utilisées suite à un réaménagement de la méthode de Sobol. Enfin, nous mènerons une analyse comparative des résultats.

## 2 Modélisation

Les actifs immatériels contribuent largement à expliquer la valeur des entreprises. Selon la banque mondiale, l'économie française est immatérielle à 86 %. Selon Bercy, le poids des investissements dans l'immatériel représente tous les ans en France 2/3 des investissements totaux. La robustesse du modèle de valorisation des entreprises dépend largement de la qualité des données collectées et de la construction des indicateurs immatériels. Nous considérons un modèle de cash flow de type DCF (Discounted Cash Flow), enrichi de données qualitatives collectées auprès des entreprises du CAC 40. L'estimation de la valeur de l'entreprise est basée sur l'actualisation des flux de trésorerie que cette entreprise sera capable de générer dans le futur. Le taux d'actualisation, qui peut être interprété comme le risque auquel est soumis l'entreprise, se calcule à partir de la santé financière de cette dernière, de son contexte macro économique et de son capital immatériel. Le calcul du capital immatériel résulte de la combinaison de quatre actifs, pondérés selon le métier de l'entreprise et son secteur d'activité, afin de tenir compte de leur part dans le processus de création de valeur :

- $Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4$

avec  $X_i$  respectivement égales à capital client, capital humain, capital savoir et capital marque.

Les actifs se décomposent en critères, qui sont eux-mêmes calibrés avec des indicateurs qualitatifs et quantitatifs disponibles publiquement :

- le capital client :  $Y = aX_1(X_2 + X_3) + bX_4$

avec  $X_i$  respectivement égales à la stratégie, la dynamique de marché selon l'Insee, la dynamique de marché selon des experts et la richesse client.

- le capital humain :  $Y = aX_3(bX_1 + cX_2) + dX_4X_5 + e(X_6 + X_7 + X_8)$

avec  $X_i$  respectivement égales à compétences, diversité et pérennité du comité de direction, compétences et pérennité du directeur général, engagement, compétences et responsabilité sociale des collaborateurs ;

- le capital savoir  $Y = aX_1 + b(X_2 + X_3 + X_4 + X_5)$

avec  $X_i$  respectivement égales à capital R&D, intensité concurrentielle, posture sur la marque, niveau de technologie et barrière à l'entrée ;

- le capital marque :  $Y = a(X_1 + X_2)$

avec  $X_i$  respectivement égales à réputation et qualité de la marque.

Pour réaliser l'analyse de sensibilité des variables d'entrée d'un modèle, il est important de bien définir les distributions des facteurs à analyser, ainsi que leur espace de variation.

### 3 Analyses de sensibilité

Il existe une grande variété de méthodes d'analyse de sensibilité (Saltelli et al., 2008, Jacques et al., 2004). Les méthodes d'analyse de sensibilité globales sont basées sur l'étude des variances des variables du modèle. Dans le cas d'un modèle de type linéaire, la sensibilité de  $Y$  à  $X_i$  est quantifiée par l'indice Standardized Regression Coefficient (*SCR*).

#### 3.1 Analyse de la variance dans le cas d'un modèle linéaire

Soit un modèle linéaire

$$Y = \beta_0 + \sum_i \beta_i X_i$$

Si les variables d'entrées  $X_1, X_2, \dots, X_n$  sont indépendantes, la variance de la variable de sortie du modèle linéaire  $Y$  peut s'écrire :

$$V(Y) = \sum_{i=1}^n (\beta_i^2 V(X_i))$$

avec  $\beta_i^2 V(X_i)$  la part de variance due à la variable d'entrée  $X_i$ .

L'indice *SCR* (Standardized Regression Coefficient) permet d'estimer la part de la variance de la variable de sortie du modèle  $Y$  imputable à la variance de la variable d'entrée  $X_i$ . On parle alors de sensibilité de la variable  $Y$  à la variable  $X_i$  :

$$SCR_i = \beta_i^2 V(X_i) / V(Y)$$

L'indice Standardized Regression Coefficient calculé  $SCR_i$  équivaut à l'indice de sensibilité d'ordre un et son indice total est toujours égal à un.

#### 3.2 La construction des indices de Sobol

Les indices de Sobol mesurent la variabilité des espérances conditionnelles. Cette méthode revient à faire une analyse fonctionnelle de la variance, avec peu d'hypothèse sur le modèle. Soit :

$$V(Y) = V(E(Y | X)) + E(V(Y | X))$$

Lorsqu'il existe un ensemble de variables d'entrées  $X = X_1, X_2, \dots, X_n$ , il est possible de décomposer la variance de la variable  $Y$  à partir des *VCE* relatives à chaque variable. Soit l'indice de sensibilité globale d'ordre 1 de la variable  $Y$  à la variable  $X_i$ :

$$S_i = V(E(Y | X_i))/V(Y)$$

Les indices de sensibilité d'ordre 2 traduisent la sensibilité de la variance de la variable de sortie  $Y$  à l'interaction de deux variables d'entrée  $X_i$  et  $X_j$ . Il s'agit de la part de variance de  $Y$  due aux variations de  $X_i$  et  $X_j$  non expliquée par la somme de leurs effets propres. Dans la pratique, le nombre d'indices à estimer est conséquent ( $2^n - 1$ ). Des indices de sensibilité totaux sont alors calculés. La variance de  $Y$  s'exprime en fonction de la somme des contributions individuelles des différentes valeurs d'entrée et de leurs interactions. Soit  $ST_i$ , la somme de l'ensemble des indices de sensibilité concernant la variable  $X_i$ :

$$ST_i = \sum_{k \neq i} S_k$$

Avec un nombre limité de variables, il est donc possible d'évaluer les indices totaux et d'ordre 1 des modèles de calcul des indicateurs immatériels des entreprises. La méthode sobol version 2007 permet d'estimer ces indices. Elle ne repose sur aucune hypothèse, si ce n'est que l'espérance et la variance de  $Y$  sont finies, mais elle exige en contre-partie un grand nombre de simulations. La procédure d'estimation consiste d'abord à définir les distributions des variables d'entrée  $X_i, \dots, X_k$ , puis à générer des échantillons et à calculer les résultats renvoyés par le modèle. Enfin, les indices de Sobol sont estimés, ainsi que leur niveau de précision à partir de méthodes de Monte Carlo.

## 4 Principaux résultats

Les indices de Sobol sont toujours positifs et leur somme égale 1. Plus l'indice est grand, c'est-à-dire proche de 1, plus la variable d'entrée considérée est importante. En pratique, l'estimation des indices de notre modèle concerne dans un premier temps les indices de premier ordre puis les indices totaux (Saltelli et al., 2004). S'il existe des écarts importants entre ces deux indices, c'est que la part des interactions est non négligeable. Nous présenterons dans cette section les résultats des analyses de sensibilité menées à l'aide des méthodes précédentes. A titre d'exemple :

Les indices *SCR* calculés et provenant de modèles linéaires sont acceptables, malgré la faible taille de l'échantillon initial (40 entreprises). Leur valeur est comprise entre 0 et 1. Les variables les plus sensibles dans le calcul du capital immatériel des entreprises sont les mêmes que celles obtenues à partir de l'estimation par la méthode de Sobol avec re-échantillonnage. Il s'agit de l'image de marque, critère clé du capital marque, et du budget R&D, critère essentiel du capital savoir.

Variable	Indice Sobol ordre 1 avec Re-échantillonnage	Indice SCR ordre 1 sans Re-échantillonnage
<b>Capital Marque (modèle linéaire)</b>		
Reputation.marque	0,718	0,458
Qualite	0,390	0,192
<b>Capital savoir (modèle linéaire)</b>		
Capital.RD	0,931	0,752
Intensite.Concurrentielle	0,038	0,015
Posture.sur.la.Marque	0,011	0,016
Niveau.de.Technologie	0,126	0,022
Barriere.a.l.Entre	-0,010	0,018
diviseur1 à diviseur3	0,000	0,000

Figure 1: Indices de sensibilité de premier ordre avec et sans échantillonnage

## 5 Conclusion

L'analyse de sensibilité globale a pour objectif de déterminer l'impact des variables d'entrée sur la variabilité de la sortie d'un modèle mathématique. Dans le cas de modèles à entrées indépendantes, comme dans notre exemple, les indices de sensibilité expriment la part de variance de la sortie due à chaque variable d'entrée. Si la méthode sobol version 2007 ne repose sur aucune hypothèse, si ce n'est que l'espérance et la variance de  $Y$  sont finies, elle exige cependant, un grand nombre de simulations en contre-partie du peu d'hypothèses requises. Ce qui n'est pas le cas de la méthode *SCR*. Les indices obtenus à partir d'un re-échantillonnage (Sobol) sont supérieurs aux indices calculés à partir des *SCR*. Cependant les deux indices aboutissent à la même conclusion pour un modèle de type linéaire.

## References

- [1] Jacques J., Lavergne C. & Devictor N. (2004), Analyse de sensibilité globale, 36ème journée de Statistique.
- [2] Saltelli A., Ratto M., Andres T., Campolongo F., Cariboni J., Gatelli D., Saisana M., Tarantola S. (2008). Global Sensitivity Analysis. The Primer. Wiley.
- [3] Saltelli A., S. Tarantola, F. Campolongo, and M. Ratto, Sensitivity Analysis in Practice. A Guide to Assessing Scientific Models, John Wiley & Sons publishers, 2004.
- [4] Sobol, I.M. (1993), "Sensitivity Analysis for Nonlinear Mathematical Models", Mathematical Modeling & Computational Experiment, 1, 407-414.