



Méthodes probabilistes robustes pour l'anticipation d'indicateurs financiers

I. Présentation du besoin

L'anticipation d'indicateurs financiers est nécessaire à un grand nombre d'institutions : sociétés de gestion de portefeuilles, industriels qui veulent planifier leurs achats de matières premières et valoriser leurs stocks, etc. Elle est l'objet de recherches poussées depuis des dizaines d'années, incluant des outils mathématiques sophistiqués pour l'évaluation des risques, la confection de scénarios, etc. De nombreux outils logiciels existent sur le marché : Aladdin, APT, Axioma, Bloomberg, Barra, Sophis, etc. Ils requièrent généralement le paiement d'une licence annuelle, dont le montant peut être très élevé (plusieurs centaines de milliers d'euros par an). Ils permettent en théorie au non-spécialiste de réaliser lui-même les anticipations qui l'intéressent. Cependant, ils ont, de manière systématique, les défauts suivants :

- Ce sont des "boîtes noires" : le client est prisonnier des méthodes implémentées par le logiciel ; il ne les voit pas et ne peut pas les changer ;
- Les logiciels sont très complexes et disposent de fonctionnalités dont le client, en définitive, n'a aucun besoin ;
- De manière générale, le logiciel requiert des hypothèses sous-jacentes, mais ne dit pas lesquelles et n'offre aucune possibilité de vérifier que ces hypothèses sont satisfaites ou non.

Voici des exemples :

- Les facteurs les plus influents sont déterminés au moyen d'une Analyse en Composantes Principales, qui est un outil linéaire non pertinent si les dépendances ne sont pas linéaires (et elles ne le sont jamais en pratique) ;
- Les régressions "cross sectional", beaucoup utilisées, procèdent également d'un ajustement linéaire ;
- On fait un peu partout des hypothèses de stationnarité, sans le dire ;
- Les traitements relatifs aux situations rares et aux phénomènes extrêmes sont réalisés en faisant des hypothèses factices : loi normale, Weibull ou Gumbel.

En résumé, le client paye très cher un outil qui ne répond pas réellement à son besoin et qui, de surcroît, ne fonctionne pas correctement, sans qu'il le sache.

Au-delà des outils proposés au grand public, l'ensemble du domaine "ingénierie financière" souffre de graves défauts, par comparaison avec les autres disciplines scientifiques :

- Les résultats ne sont pas fiables : tantôt la prévision est correcte, tantôt elle ne l'est pas, sans que jamais on sache pourquoi ;
- Il n'y a jamais d'analyse rétrospective des modèles utilisés : ici, le modèle s'est comporté correctement ; là, non. On ne connaît pas les limites de validité des divers modèles ;
- L'ensemble de la profession utilise, de manière permanente, un vocabulaire propre, volontairement incompréhensible ;
- Les comparaisons entre diverses solutions, pour un problème d'anticipation donné, sont généralement impossibles ;
- Personne ne se soucie de faire travailler les modèles de manière rétrospective, de manière à en évaluer les qualités. Il s'agit par exemple de prendre toutes les données entre 2000 et 2005, de s'en servir pour prévoir 2006, et de comparer ensuite avec ce qui s'est effectivement produit en 2006 ;
- Les besoins sont mal définis, et ce par l'ensemble de la profession : s'agit-il d'une anticipation à court terme (quelques jours) ou à long terme (quelques mois) ? Cette anticipation doit-elle être précise ou grossière (une simple tendance) ? Les responsables veulent à la fois tout et son contraire ;
- Les données d'appui (données devant servir à l'anticipation) sont mal définies, non normalisées ; leur pertinence est incertaine.

II. Notre approche

Pour nous, un problème de prévision est un problème probabiliste comme un autre. Les probabilités sont une science exacte, qui reflète convenablement les lois de la Nature. Si on fait un raisonnement correct, appuyé sur des données appropriées, le résultat en sortie sera satisfaisant. Les points essentiels sont les suivants :

- Le raisonnement fait dépend de la nature du problème ; il ne faut pas vouloir proposer une "boîte noire" qui s'adapterait à toute une variété de situations. Un raisonnement applicable à l'anticipation court terme ne le sera pas pour le long terme ; une anticipation fine et une anticipation grossière ne requièrent pas les mêmes outils, etc.
- L'outil doit être validé sur toutes sortes de situations où l'on peut comparer la prédiction à la réalisation effective ;
- Les limites de validité de l'outil doivent faire l'objet d'investigations spécifiques ;
- Les méthodes probabilistes utilisées doivent s'appuyer sur de véritables retours d'expérience, et non sur des hypothèses factices introduites pour la circonstance ;
- Lorsqu'on fait des hypothèses d'indépendance entre événements (souvent bien commodes pour simplifier les calculs), il faut vérifier qu'elles ne sont pas contredites par les faits ;

- La dépendance entre événements ne se traduit pas nécessairement par des formules linéaires, même si c'est bien commode pour simplifier les calculs ;
- La probabilité d'événements rares ne peut en général être décrite par des lois académiques, comme la loi de Gauss, la loi de Weibull ou la loi de Gumbel ; à utiliser de telles lois, dont la décroissance à l'infini est très rapide, on sous-estime la probabilité réelle des événements rares.

III. Nos réalisations

Nous avons toujours travaillé sur des objectifs précis, définis conjointement avec le donneur d'ordre.

1. Prix du blé

Le principe repose sur l'anticipation de l'équilibre entre l'offre et la demande en blé au niveau mondial :

- La demande correspond à la consommation mondiale annuelle de blé ;
- L'offre correspond aux stocks de blé des principales zones exportatrices dans le monde : USA, Australie, Canada, Europe et ex-URSS.

Une campagne de blé dure un an : de mai à fin avril de l'année suivante. Chaque mois, depuis 1993, le Département américain de l'Agriculture (USDA) publie, pour chaque zone géographique, les estimations de la production de blé pour la campagne en cours, les estimations des stocks en fin de campagne et l'estimation de la consommation mondiale de blé pour la campagne en cours. Nous utilisons l'historique des estimations de la production de chaque mois de la campagne pour chaque zone, pour évaluer la qualité de ces estimations.

Nous définissons trois scénarios possibles pour chacun des principaux exportateurs : sous-estimation par l'USDA, bonne estimation ou surestimation. A partir de là, nous déterminons la loi de probabilité de la production de chaque zone exportatrice. Un premier outil a été conçu en 2009 ; il a été amélioré à l'issue de la campagne 2012-2013.

A titre d'exemple, de mai 2009 à avril 2013, le coût moyen du blé livré au mois le mois était de 193 €/t. Le coût moyen des achats préconisés par l'outil sur la même période a été de 163 €/t, inférieur de 15,5 % au coût moyen, soit 30 € économisés par tonne de blé.

- Société Sodebo, 2008-2009 : Méthode probabiliste pour la prévision du prix du blé ;
- Orcade Commodities, Suisse, 2013-2014 : Prévisions mensuelles des prix du blé.

Type de prévision : grossière, moyen terme. Données d'appui : données publiques.

2. Ventes, stocks

- Prévision des ventes mondiales d'automobiles, pour Rhodia puis Solvay, 2009-2010. Réactualisation, 2012-2013, puis 2014.

- Prédiction des variations de prix du nickel et de l'état des stocks, pour l'International Stainless Steel Forum, 2011-2012.

Type de prédiction : grossière, long terme. Données d'appui : séries temporelles liées à l'activité industrielle concernée.

3. Spot

- Prédiction des tendances du prix de l'électricité sur le marché SPOT français, pour RTE, 2012-2013.

Type de prédiction : fine, court terme. Données d'appui : séries extraites de la base de données Bloomberg ; comparaison de diverses séries par référence à la qualité d'une reconstitution passée.

4. Générateur de scénarios économiques

A la demande de Monceau Assurances, 2016.

Toute compagnie d'assurances doit gérer deux classes de risques : d'une part, les risques assurantiels résultant des engagements souscrits auprès des assurés, d'autre part, les risques financiers provenant des actifs de son portefeuille.

En suite à la nouvelle directive européenne Solvabilité II, les assureurs doivent prouver aux autorités de contrôle qu'ils disposent de fonds propres suffisants pour faire face à une ruine économique à horizon d'un an et au seuil de 99.5% (ce qui correspond à une ruine sur 200 ans).

Pour tenir compte des options et garanties financières, il faut étudier l'impact de scénarios défavorables susceptibles de faire jouer ces options et garanties financières. Monceau Assurances souhaitait donc se doter d'un "Générateur de Scénarios Economiques". Un GSE projette plusieurs grandeurs financières (taux d'intérêt, rendement des actions...) sur une certaine période avec un certain pas de temps. Par exemple, un GSE peut prévoir les variations du taux d'emprunt à 10 ans de l'Etat Français sur 50 ans avec un pas d'un an.

Type de prédiction : grossière, moyen terme. Données d'appui : indicateurs économiques.

5. Risque tempête

A la demande de Monceau Assurances, 2017-2018 puis 2020-2022.

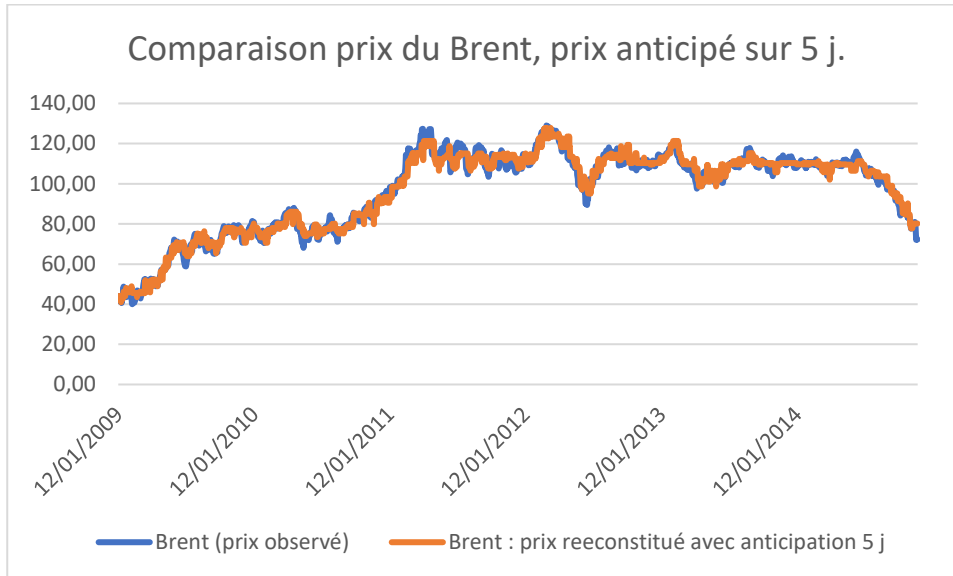
Il s'agit d'un outil qui permet à Monceau Assurances de négocier la prime attendue d'une "cédante" : compagnie d'assurance qui confiera à Monceau une partie de ses engagements relatifs au risque "tempête". L'outil contient en interne la liste de toutes les tempêtes recensées en France métropolitaine sur 200 ans, la trajectoire de la tempête et la force des vents correspondants, ainsi que les données relatives aux portefeuilles des cédantes.

Type de prédiction : grossière, moyen terme. Données d'appui : Météo France, FFA, etc.

6. Prix du Brent

Le Brent est une variété de pétrole de la mer Noire. Pour une Institution financière, 2021, nous avons construit un outil pour l'anticipation des prix.

Type de prévision : fine, court terme (<15 j). Données d'appui : très petit nombre de séries naturellement associées au Brent, mais traitées avec décalage temporel.



7. Analyse de corrélations

Il est souvent utile de bien connaître la corrélation entre les prix de diverses "commodities", en particulier pour l'indexation des contrats.

Nous avons étudié la corrélation des prix du propylène, de l'acrylonitrile (ACN), de l'acide acrylique (AA) et du polyacrylamide (PAM), avec le prix du pétrole brut, sur la période 2008-2015, pour trois régions : Etats Unis, Europe et Asie.

A la demande de la Société SNF, 2015, nous nous sommes posé deux questions :

- Y a-t-il corrélation des tendances ? Une augmentation du prix du pétrole implique-t-elle une augmentation des prix des autres dérivés ?
- Y a-t-il corrélation des valeurs ? Peut-on, à partir d'un prix de pétrole donné, déterminer au moins approximativement le prix des autres dérivés ?

Les réponses ont été obtenues par des méthodes purement probabilistes, à partir de l'analyse d'un historique des prix des divers produits.

Autre contrat : 2019, Société Générale : Etude de la corrélation entre deux séries temporelles relatives à des rémunérations.

IV. Fiches de compétences associées

Méthodes robustes

http://scmsa.eu/fiches/SCM_methodes_robustes.pdf

Fiabilité

http://scmsa.eu/fiches/SCM_fiabilite.pdf

Simulations

http://scmsa.eu/fiches/SCM_simulations.pdf

V. Témoignage reçu

De Jérôme de Villèle, à l'époque Directeur des Risques, Monceau Assurances, courrier reçu en avril 2019 :

Les outils développés par la SCM en 2018 pour estimer le coût des tempêtes et le générateur de scénarios économiques seront utilisés au moins une fois par an par Monceau dans le cadre de l'estimation de son exposition au risque tempête et dans le cadre du calcul réglementaire de marge de solvabilité.

Ces outils sont importants et s'inscrivent pleinement dans la gestion des risques.

Les générateurs de scénarios économiques (quoi qu'on puisse penser de la pertinence de la théorie sous-jacente) sont utilisés par tous les assureurs vie. C'est un moyen d'appréhender le coût des options et des garanties. Ils permettent de respecter l'article 32 des règlements délégués sur les options contractuelles et les garanties financières.

Grâce à l'outil tempête, Monceau a économisé le coût d'un courtier en réassurance (de l'ordre de 150 k€ par an). C'est vrai que l'outil développé ne bénéficiait pas de la notoriété des autres outils de place, néanmoins je pense qu'avec le temps il sera une aide précieuse pour convaincre les réassureurs.

VI. Livres édités par la SCM

[MPPR] Bernard Beauzamy : Méthodes Probabilistes pour l'étude des phénomènes réels. SCM SA, ISBN 2-9521458-0-6, ISSN 1767-1175, mars 2004 ; seconde édition, juin 2016.

[NMP] Bernard Beauzamy : Nouvelles méthodes probabilistes pour l'évaluation des risques. ISBN : 978-2-9521458-4-8, ISSN : 1767-1175, Editions de la SCM, avril 2010.

[GRE] Bernard Beauzamy : Méthodes probabilistes pour la gestion des risques extrêmes. Ouvrage édité et commercialisé par la Société de Calcul Mathématique SA. ISBN : 978-2-9521458-9-3, ISSN : 1767-1175, juin 2015.

[IEPE] Bernard Beauzamy : Introduction à l'Etude des Probabilités Expérimentales. Ouvrage édité et commercialisé par la Société de Calcul Mathématique SA, ISBN : 979-10-95773-02-3. ISSN : 1767-1175, janvier 2023.