

LES CAHIERS

Louis Bachelier



EDITION SPÉCIALE FORUM INTERNATIONAL DES RISQUES FINANCIERS

AVEC LE CONCOURS DE

CHRISTIAN GOURIÉROUX
EMMANUEL GOBET
OMAR MEHDI ROUSTOUMI

CHRISTIAN ROBERT
CLÉMENT MARSILLI
JULIEN PÉNASSE



N°17
Avril 2015

SERVICE ABONNEMENT



Si vous souhaitez vous abonner aux “Cahiers Louis Bachelier” ou à la publication “Opinions et Débats”, merci de nous renvoyer le coupon ci-contre dûment rempli, ou de contacter l’équipe de l’Institut Louis Bachelier par courrier électronique à l’adresse suivante :

contact@institutlouisbachelier.org

Veillez à bien préciser l’objet de votre message ainsi que vos coordonnées complètes ; vous recevrez ainsi chaque numéro par courrier postal à l’adresse communiquée.

NB : Le service abonnement vous est proposé gratuitement, cependant chaque édition des Cahiers Louis Bachelier est limitée !

Pour recevoir nos publications, veuillez remplir ce coupon et nous le renvoyer à l’adresse suivante :
Institut Louis Bachelier - Palais Brongniart - 28, place de la Bourse - 75002 PARIS

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Adresse e-mail :

Je souhaite recevoir la publication :

Les Cahiers Louis Bachelier

Opinions et Débats

SOMMAIRE

- 4** Modéliser les risques des situations stressées
D'après un entretien avec Christian Gouriéroux
- 6** Evénements rares : comment calculer l'imprévisible ?
D'après un entretien avec Emmanuel Gobet
- 8** Quelles solutions pour apporter de la pertinence aux stress tests réglementaires
D'après un entretien avec Omar Mehdi Roustoumi
- 10** Comment mesurer le risque systémique extrême porté par les marchés financiers ?
D'après un entretien avec Christian Robert
- 12** Comment améliorer les prévisions économiques ?
D'après un entretien avec Clément Marsilli
- 14** Les rendements boursiers sont-ils prévisibles ?
D'après un entretien avec Julien Pénasse

Louis Bachelier
.org

LES CAHIERS
Louis Bachelier



EDITION SPÉCIALE FORUM INTERNATIONAL DES RISQUES FINANCIERS

Président de l'Association
Christiane Gouriéroux
Emmanuel Gobet
Omar Mehdi Roustoumi

Directeur de la Publication
Christian Robert
Clément Marsilli
Julien Pénasse

N°17
Avril 2015

LES CAHIERS LOUIS BACHELIER
N°17 - avril 2015

PUBLICATION DE
L'INSTITUT LOUIS BACHELIER
Palais Brongniart
28 place de la Bourse
75002 PARIS
Tél. 01 73 01 93 40
www.institutlouisbachelier.org
www.louisbachelier.org

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Jean-Michel Beacco

CHEF DE PROJET
Cyril Armange

CONTACT
cyril.armange@institutlouisbachelier.org

RÉDACTRICE EN CHEF
Isaure du Fretay
idufretay@lacotebleue.fr

JOURNALISTE
Coralie Bach
coralie.bach@institutlouisbachelier.org

CONCEPTION GRAPHIQUE,
COUVERTURE ET RÉALISATION
Gaël Nicolet
La Cote Bleue : 10-12 place Vendôme
75001 Paris
Tél. 01 44 76 85 85
www.lacotebleue.fr

IMPRIMEUR
Kava : 42, rue Danton
94270 Le Kremlin-Bicêtre
Tél. 06 14 32 96 87



Modéliser les risques des situations stressées

L'analyse des risques présents dans un portefeuille d'actifs ou dans le bilan d'une institution financière s'appuie sur des modèles dynamiques décrivant les évolutions des caractéristiques des actifs financiers (rendements, taux d'intérêt), et celles de facteurs de risque macroéconomiques (indices de marché, PIB), ou individuels (indicateur de défaillance, de fermeture de compte, de rachat de contrat).

Ces modèles sont utilisés pour calculer des mesures de risque, telles des Valeurs-à-Risque (VaR), ou pour fixer des niveaux de réserves dans le cadre des nouvelles régulations Bâle 3 ou Solvabilité 2. Comme ces modèles sont habituellement estimés sur des données historiques, les mesures de risque et les réserves qui en sont directement déduites correspondent à des situations standard. Il est rapidement apparu nécessaire de comparer ces résultats à ceux de situations non standard, dites stressées. Ces études de sensibilité s'appuient soit sur des scénarios, soit sur des analyses de réponses à certains chocs. Il est important de distinguer ces deux types d'approches.

Analyse par scénario ou par réponse à des chocs

Dans une analyse par scénario, le modèle estimé est conservé inchangé et les mesures de risque sont calculées de façon non stressée, c'est-à-dire conditionnellement à l'information sur le présent et le passé des variables pertinentes, et de façon stressée, sachant en plus une évolution future défavorable de certaines de ces variables. Cette approche a été par exemple suivie dans les stress tests récents demandés par la Banque Centrale Européenne.

Dans une analyse par réponse à des chocs, l'information servant aux calculs est inchangée, de même que le modèle, mais les paramètres de ce modèle sont modifiés. On compare alors les mesures de risque avec les valeurs estimées initiales et celles

calculées avec ces valeurs stressées.

Dans les approches modernes, les chocs peuvent concerner les lois d'erreurs ne s'interprétant pas comme des innovations ou d'autres paramètres scalaires ou fonctionnels de ces modèles. Par exemple, certains paramètres peuvent s'interpréter comme des taux d'imposition, d'autres comme les objectifs d'inflation dans le comportement de fixation de taux directeurs par la banque centrale. On peut alors analyser les conséquences en termes de risque d'une modification de ces taux ou des objectifs d'inflation. Dans une telle optique, on cherche souvent des chocs sur les paramètres ayant des interprétations économiques. Ainsi, on pourra chercher des innovations s'interprétant comme des chocs exogènes de productivité. Lorsque les chocs concernent des paramètres définissant le comportement de la banque centrale, on essaiera aussi de chercher en même temps d'autres paramètres pour tenir compte des ajustements des comportements des agents à ces changements de politique de la banque centrale ou à l'anticipation de ces change-

Les chocs sont souvent trop macroéconomiques

Quelques références

- Borovicka, J., Hansen, L. P. and J., Scheinkman (2014) : "Shock Elasticities and Impulse Responses", NBER 20104.
- Gouriéroux, C., et A., Monfort (2015) : « Revisiting Identification and Estimation in Structural VAR-MA Models », CREST DP.
- Lucas, R. (1976): "Macro- Economic Policy Evaluation: A Critique", in The Phillips Curve and Labor Markets, ed. by K., Brunner and A., Meltzer, Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, 1, Amsterdam: North – Holland, 19 – 46 .
- Sims, C. (1980) : « Macroeconomics and Reality », *Econometrica*, 48, 1-48.



Christian Gouriéroux

Christian Gouriéroux est professeur d'économie à l'Université de Toronto, directeur du laboratoire de Finance-Assurance au CREST (Centre de Recherche en Economie et Statistiques de Paris). Ses sujets de recherche actuels portent sur l'économétrie financière et en particulier sur le risque de crédit, la structure par terme des taux d'intérêt, la longévité, les hedge funds et la réglementation. Christian Gouriéroux a reçu le prix du Koopman en théorie économétrique et la médaille d'argent du CNRS pour ses recherches en économie. Il a été conseiller

scientifique de BNP Paribas sur la notation de crédit pendant 20 ans, et consultant pour Bâle II de DEXIA et de la Banque CIBC (Canada).

ments. C'est la célèbre critique de Lucas [Lucas (1976)].

Evidemment, il serait possible de combiner ces deux approches pour voir les effets de changement de politique économique en situation non standard.

Des questions encore en suspens

Dès que l'objectif est de comparer des mesures de risque comme la VaR, les calculs ne peuvent être conduits sous forme analytique et nécessitent de générer des trajectoires futures des variables. Ces générateurs de trajectoires, souvent appelés à tort générateurs de scénarios, sont souvent faciles à définir lorsque l'information concerne les seuls présent et passé des variables, mais demandent plus de technicité lorsque les évolutions futures de variables non fortement exogènes sont a priori fixées.

Les deux types d'analyse, par scénario et par réponse à des chocs, supposent que le modèle initial soit bien spécifié à la fois pour le passé et pour l'environnement stressé. Ils supposent aussi que les paramètres soient identifiables dans ces deux environnements. Les analyses ne peuvent ainsi fournir des réponses à des questions telles que les évolutions du risque dans un environnement permanent de taux bas, ou les risques liés à une sortie de la Grèce de l'Euro.

Concernant les taux bas par exemple, les modèles habituelle-

ment utilisés pour décrire l'évolution des taux sont incompatibles avec cette hypothèse de stress. De plus, même si ces modèles étaient modifiés pour obtenir cette compatibilité, on aurait trop peu de situations passées de taux bas comparables pour identifier de façon précise les paramètres. A de telles questions on ne peut répondre que par des "visions" d'experts sur le futur, sans support quantifié véritable, ou alors fournir la même réponse que Wiplosz : "Wait and see", c'est-à-dire attendons d'avoir suffisamment d'information pour pouvoir donner des réponses raisonnables.

Adapter les chocs à la structure de l'entreprise

Les méthodes d'analyse et les générateurs de trajectoires reposent souvent sur des méthodologies datant des années 80, sans clairement distinguer les deux types d'analyse discutés ci-dessus, mais aussi sans clairement expliquer, dans le cas de portefeuilles incluant des dérivées, les cohérences ou manques de cohérence entre les générateurs sous probabilité historique et sous probabilité risque -neutre. De plus, les institutions financières laissent souvent à des sociétés de service le soin d'effectuer ces tests, donc ne font pas véritablement l'effort de construire et comprendre leur propre modèle. Elles commettent ainsi la même erreur que celle concernant la construction des ratings, erreur qui fut une composante importante de la crise financière de 2008.

Concernant la définition des chocs à effectuer, ceux-ci sont souvent suggérés par la Banque Centrale Européenne ou par des superviseurs à partir de leurs propres modèles, qui diffèrent sensiblement des modèles de risque des banques et compagnies d'assurance. De plus, ces derniers modèles peuvent eux-mêmes être très différents les uns des autres. Les chocs proposés ont alors des interprétations très différentes ainsi que les conséquences de ces chocs en termes de risques futurs. Alors que les scénarios ou chocs proposés sont "top-down", les résultats qui reposent sur les modèles individuels sont "bottom-up". Finalement, les situations non standard extrêmes dépendent de l'environnement. Cette dépendance devrait être prise en compte et les stress être remis à jour régulièrement de façon cohérente. Ces situations non standard dépendent aussi des structures de bilan des entreprises. Les stress devraient en tenir compte et différencier les banques de dépôt, des banques d'investissement ou des compagnies d'assurance. En d'autres termes, ces chocs sont souvent trop "macroéconomiques". Ceci apparaîtra clairement lorsque les stress seront conduits sur les actifs immobiliers, dont il est connu que les évolutions de prix sont très hétérogènes par type de bien et de localisation.



Retrouvez l'entretien
de Christian Gouriéroux
sur www.louisbachelier.org

Evènements rares : comment calculer l'imprévisible ?

Quel est le point commun entre l'explosion de Tchernobyl, la chute de Lehmann Brother et un Etat grec au bord de la faillite ? Tous ces évènements étaient inenvisageables pour bon nombre d'experts. Et pourtant... Ils ont été lourds de conséquences. L'évaluation des risques portés par les évènements extrêmes est donc devenue un enjeu qui nécessite de définir de nouveaux outils mathématiques.

A retenir

- L'évaluation des risques des évènements extrêmes nécessite des méthodologies spécifiques.
- La méthode de splitting décompose un évènement rare en une série d'évènements courants et facilement observables. Elle facilite ainsi le calcul de sa probabilité et de son intensité.
- En donnant des informations sur l'origine de la crise, la méthode de splitting participe à la compréhension des évènements rares, ainsi qu'à leur prévention.

D'après un entretien avec Emmanuel Gobet, et l'article "Rare event simulation using reversible shaking transformations" d'Emmanuel Gobet et Gang Liu.

La gestion des risques est souvent centrée sur les risques principaux. A l'inverse, les évènements rares, dont la probabilité de réalisation est extrêmement faible, sont souvent jugés peu réalistes. Mais les faits récents sont venus contredire les lois empiriques de la statistique, redéfinissant la frontière entre possible et impossible.

Face aux dernières crises, les politiques de gestion des risques ont été remises en question. Désormais, elles doivent intégrer les évènements "rares", que ce soit pour quantifier la probabilité d'un tel risque, évaluer ses conséquences, ou prendre des mesures préventives. Mais un évènement rare est par définition difficilement observable : sa probabilité de réalisation est égale à 0,0001. Comment dès lors réussir à l'évaluer ?

Les méthodes statistiques se basent en effet sur un historique d'observations pour quantifier une

probabilité. Toutefois, si l'évènement s'est peu, voire jamais, produit, les statisticiens ne disposent pas des observations nécessaires à sa quantification. L'article d'Emmanuel Gobet vise à fournir une méthodologie permettant de répondre à de telles situations, lorsque l'on dispose d'un modèle.

Découper l'évènement rare

Un évènement est toujours la conjonction de plusieurs phénomènes aléatoires. Avant la crise

Si l'évènement ne s'est jamais produit, les statisticiens ne disposent pas des observations nécessaires à sa quantification

des subprimes, par exemple, les observateurs constataient une hausse des prix de l'immobilier aux Etats-Unis ainsi qu'une absence d'acheteurs de qualité sur ce marché. La modélisation de ces phénomènes peut alors permettre de simuler l'évènement. Toutefois, de très nombreuses simulations sont nécessaires avant de parvenir à générer le scénario critique recherché. Le processus est chronophage et exige d'importantes capacités de calcul. Pour contrer ces difficultés, des techniques Monte Carlo avancées, baptisées d'échantillonnage préférentiel, permettent de biaiser la génération de scénario afin d'augmenter l'occurrence d'évènements rares. Mais leur utilisation demeure complexe.

L'auteur a donc conçu une méthode, dite de splitting, visant à simplifier la simulation d'évènements rares. Son principe est simple : découper un évènement rare en plusieurs évènements non



Emmanuel Gobet

Emmanuel Gobet a été successivement enseignant-chercheur à l'Université Pierre et Marie Curie, à l'École Polytechnique, à Grenoble INP-Ensimag. Il est actuellement professeur de mathématiques appliquées à l'École Polytechnique. Ses travaux portent principalement sur les méthodes numériques probabilistes, l'analyse stochastique, la statistique des processus et les mathématiques financières. Il collabore régulièrement avec les établissements financiers, les assurances et les énergéticiens.

Méthodologie

Lorsque l'évènement rare est décrit par une trajectoire aléatoire entrant dans une configuration critique, les travaux existants dans la littérature développent des techniques de systèmes de particules en interaction pour évaluer la probabilité rare. Mais c'est fait sous hypothèse markovienne sur le processus, avec un rôle important et délicat sur la fréquence d'échantillonnage de celui-ci. Dans ce travail, les auteurs ont relâché ces deux contraintes, en développant un nouveau cadre méthodologique, qui fonctionne directement au niveau des trajectoires. Les deux algorithmes qui en résultent offrent d'excellents résultats numériques.

rare. "Pour évaluer le risque d'une perte de 30 milliards d'euros sur un portefeuille, il faudrait simuler des millions de scénarios avant de réussir à observer ce cas de figure, illustre Emmanuel Gobet. La méthode propose d'évaluer le risque d'une perte plus petite, par exemple 30 millions, donc plus plausible et facilement observable. Nous sélectionnons ensuite les scénarios correspondant à la perte recherchée ; nous les transformons (« shaker »), puis nous les utilisons pour générer des scénarios de plus grandes pertes. L'opération est renouvelée jusqu'à atteindre l'évènement recherché."

Connaître l'origine de l'évènement

Reposant sur deux algorithmes, l'un à base de transformation ergodique, l'autre mêlant sélections et transformations des trajectoires, cette technique permet de quantifier à la fois la fréquence et l'intensité de l'évènement rare. Une de ses particularités est de résoudre la problématique de temporalité et du choix de la fréquence d'échantillonnage des trajectoires. Les autres méthodes calculent la probabilité d'un risque à une fréquence donnée : quotidienne, hebdomadaire, mensuelle... Le choix de cette fréquence est souvent arbitraire. Or,

il n'est pas neutre. Opter pour une fréquence hebdomadaire plutôt que mensuelle peut modifier les résultats.

La méthode de splitting développée ici ne raisonne pas sur une fréquence, mais analyse la trajectoire complète d'un scénario : chacun d'entre eux correspond à une nouvelle courbe. Elle donne ainsi un éclairage sur l'origine de l'évènement rare, en fournissant des informations sur la chronologie qui l'a précédé. Il est ainsi possible de savoir quel secteur ou agent a la plus grande probabilité de produire tel scénario. "C'est un outil de monitoring qui permet, par exemple, de voir quelle est la banque la plus sensible dans le cadre d'un stress test", explique Emmanuel Gobet.

Prévenir les risques de toute nature

La méthode de splitting peut être appliquée à de nombreuses problématiques. Des travaux sont ainsi en cours pour évaluer les pertes d'un portefeuille de crédit, et calculer le risque de défaut conjoint des entreprises. Les auteurs l'utilisent également pour tester le risque de modèle, autrement dit pour estimer les conséquences d'une utilisation non

pertinente d'un modèle financier. Mais les applications peuvent parfaitement dépasser le domaine financier : "La thématique du risque est aujourd'hui devenu transversale, souligne Emmanuel Gobet. Qu'il soit financier, économique, environnemental ou industriel, le risque doit être quantifié et évalué."

Cette méthode de splitting constitue un outil supplémentaire pour la compréhension des scénarios extrêmes, en apportant notamment un éclairage sur leur origine et leurs conséquences. De telles informations sont évidemment précieuses au régulateur pour définir des règles prudentielles et éviter de nouvelles crises.



Retrouvez l'entretien
d'Emmanuel Gobet
sur www.louisbachelier.org

LE REGARD DE NOS PARTENAIRES



Quelles solutions pour apporter de la pertinence aux stress tests réglementaires

Par Omar Mehdi Roustoumi

Les stress tests réglementaires réalisés en 2014 ont été largement commentés et critiqués par les observateurs et les professionnels. Après avoir souligné certaines incohérences dans les scénarios, Omar Mehdi Roustoumi, manager et responsable du pôle Quantitative Finance chez MPG Partners, propose des pistes d'amélioration grâce à l'intégration du risque systémique et à l'utilisation des nouvelles technologies du Big Data et de la Data Science.

Le second semestre de l'année 2014 a été animé par une série de stress tests annoncés par l'EBA (European Banking Authority). L'exercice a été réalisé sur un échantillon de 124 banques européennes dont les activités couvrent au moins 50 % du secteur bancaire domestique de chacun des Etats membres de l'Union Européenne concernés. La BCE s'est félicitée des résultats car "seules" 25 banques ont échoué à ce stress test réglementaire.

Les stress tests tels que définis par l'EBA suivent une approche dite "bottom-up" et ont pour objectif d'assurer la cohérence et la comparabilité des résultats à partir de méthodologies communes à toutes les banques.

Des scénarios macroéconomiques et des scénarios de marché censés représenter un état de crise sont émis par la BCE. Cet état de crise est défini relativement à un état "normal". Les scénarios macroéconomiques concernent les prix de l'immobilier, le taux de chômage, l'inflation, le cours de la bourse (CAC 40 pour la France), les taux d'intérêt et la récession. Les scénarios de marché consistent à effectuer des chocs sur les facteurs de risques impactant les différents trading books de la banque. Ces scénarios sont communs à toutes les banques. Une fois ces scénarios émis, un certain nombre d'échanges bilatéraux ont lieu entre chaque banque et des

représentants de la BCE afin de se mettre d'accord sur les périmètres et méthodologies de mise en place des stress tests.

La BCE a par la suite porté une attention particulière à ces stress tests en challengeant les banques et en examinant les résultats en détail.

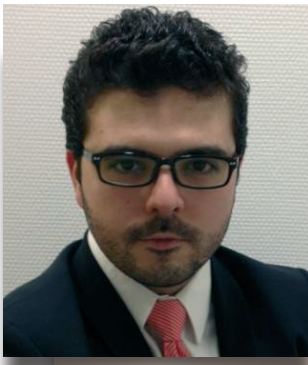
Stress tests risques de crédit, de contrepartie et de marché

Tous les actifs exposés aux risques de crédit et de contrepartie sont concernés par ce stress test. Il s'agit ici de calculer la probabilité de défaut (PD) et la perte en cas de défaut (LGD) en fonction des scénarios retenus. Concrètement, il faut relier les séries temporelles des taux de défaut aux facteurs de risques macroéconomiques affectant chaque portefeuille, puis projeter ces taux sur chaque pas de temps trimestriel, à horizon trois ans avec les données de la BCE. Les modèles d'évolution des taux de défaut sont le plus souvent fondés sur des modèles économétriques de séries temporelles (modèles autorégressifs AR, Vectoriels AR, modèles vectoriels autorégressifs à corrections d'erreurs VECM...).

Les stress tests marché pour une banque consistent à effectuer des chocs sur ses facteurs de risque de marché, en répliquant

RECOMMANDATIONS

- Anticipation des prochains exercices de stress tests de l'EBA et du FMI par la mise en place de modèles et méthodologies pertinents qui intègrent le "Risque Systémique"
- Prendre des scénarios de crise "réalistes"
- Fiabiliser les processus de production des stress tests en adoptant les nouvelles technologies Big Data



Méthodologie par Omar Mehdi Roustoumi

Les principales exigences de cette vague de stress tests consistaient en un minimum de capital requis de 8 % de fonds propres durs - appelés CET1 (Common Equity Tier 1) - qui devraient être détenus dans le cas d'un scénario macroéconomique central. Ce capital est ensuite projeté sur un horizon de 3 ans avec un pas de temps trimestriel pour la plupart des banques.

L'exigence minimale en capital passe à 5,5 % dans le cas d'un scénario dit de crise ou scénario "adverse", également déterminé par l'EAB, pour chaque pays et l'ensemble a été réalisé sur un horizon de projection de 3 ans (période allant de 2014 à 2016).

L'exercice consiste à traduire ces scénarios en termes de coûts du risque. Les risques couverts étant le risque de contrepartie, le risque de marché, le risque souverain ainsi que les coûts de financement.

les scénarios de stress observés durant les principales périodes de crise. D'autres chocs hypothétiques sont également effectués selon un scénario "normal" et un scénario "adverse". Il s'agit ensuite de calculer sur les différents portefeuilles de trading de la banque, les impacts en P&L de ces chocs.

Des scénarios incohérents

Comme pour les dernières éditions, ces stress tests ont été largement critiqués par les spécialistes du secteur bancaire. Le cas des taux d'emprunt d'Etat français en est une illustration. Le pire scénario proposé par la BCE est un taux d'emprunt à environ 4 % à horizon 2016. Or, pendant la crise de 2008, les taux ont frôlé les 6 %. Il paraît donc curieux d'effectuer un stress test avec un taux inférieur à celui de la dernière crise ! Un taux d'emprunt à 7 ou 8 % aurait été plus raisonnable comme scénario extrême, d'autant que d'autres pays européens ont connu des taux encore plus élevés. Sur le plan de la récession, le pire scénario proposé par la BCE est de -2 %. Or en 2009, elle était déjà de -2,5%. Ces critiques valent aussi pour les autres scénarios macroéconomiques. Concernant les stress tests marché, beaucoup de chocs relatifs définis par la BCE sont incohérents comme par exemple des volatilités de taux choquées à 10000 %. Les scénarios marché, contrairement aux scénarios macroéconomiques, sont ceux d'une méga crise. Un effort d'homogénéisation et de cohérence entre ces scénarios devrait être effectué par la BCE.

Mieux intégrer le risque systémique

En cherchant à mesurer les effets de scénarios macroéconomiques et de marché sur les expositions d'une banque prise seule, on ne prend pas en compte les effets de contagion qui peuvent se produire lors de la faillite d'une banque ou du défaut d'un pays.

En 2008, la faillite de la banque Lehman Brothers a déclenché une réaction en chaîne qui a affaibli tout le système financier et engendré une crise dont on peine encore à sortir. Il conviendrait donc d'étudier la résistance des banques aux conséquences systémiques de la faillite d'une grande banque. Certains travaux de recherche reposant sur la théorie des graphes donnent quelques pistes intéressantes pour maîtriser

ce "risque systémique". Si demain JP Morgan faisait faillite, les impacts seraient désastreux sur beaucoup plus de banques que les 25 qui ont échoué aux stress tests. Sans prendre en compte ce risque, l'exercice des stress tests reste incomplet.

Les enjeux de la qualité des données

Enfin, les conditions de production de ces stress tests soulèvent des questions. En effet, les stress tests sont en général modélisés et produits par les équipes risque sur des données répliquées du front office. La collecte et l'agrégation de ces données s'effectue depuis une multitude de sources, à des fréquences et avec des techniques différentes. Leur stockage également.

Cette diversification engendre des problématiques d'exhaustivité, de fiabilité et d'intégrité des données ainsi qu'une grande lourdeur dans les calculs. La production et la certification des données en deviennent également compliquées et parfois altérées. À l'heure où les banques réfléchissent à industrialiser les calculs des stress tests et toutes les métriques réglementaires, les moyens de production sont souvent d'un autre temps, remettant ainsi en question la pertinence des résultats et, parfois, la possibilité même d'obtenir des résultats. Rares sont aujourd'hui les banques capables d'appliquer des stress tests sur des positions passées, comme cela a été demandé par le régulateur.

Il est donc grand temps pour les banques de profiter de tout l'arsenal technologique offert par le Big Data et la Data Science afin de fiabiliser et d'optimiser tout le processus de production des stress tests, mais aussi de toutes les autres mesures de risques réglementaires ou économiques.



Retrouvez l'entretien
d'Omar Mehdi Roustoumi
sur www.louisbachelier.org

Comment mesurer le risque systémique extrême porté par les marchés financiers ?

La structuration des marchés financiers est telle qu'une crise isolée peut rapidement se généraliser. Dans ce contexte, la chute d'un seul actif peut-elle entraîner avec elle l'ensemble du marché ? Quelle est l'amplitude du degré de contagion ? Comment mesurer le risque systémique porté par les marchés financiers ? Christian Robert et son co-auteur ont développé des outils statistiques permettant d'apporter un nouveau regard sur la mesure de ce risque extrême.

A retenir

- La majorité des études réalisées mesure les conséquences d'un scénario de stress généré par un actif particulier. Le travail de Christian Robert et Alexis Bienvenüe analyse les dépendances extrêmes qui existent entre les actifs afin de représenter l'ensemble du marché.
- Le degré de dépendance entre deux actifs évolue au fil du temps, et peut s'accroître en période de crise.
- La probabilité que l'ensemble du marché soit impacté par la chute d'un actif n'est pas nulle. Il existe une vraie problématique de contagion.

D'après un entretien avec Christian Robert et les articles "Systemic tail risk distribution" (en cours de finalisation) et "Likelihood based inference for high-dimensional extreme value distributions" d'Alexis Bienvenüe et Christian Robert.

Les recherches sur le risque systémique, ses mesures et sa régulation, se sont considérablement développées depuis la crise financière de 2008. Les régulateurs, les banques centrales, tout comme le monde académique, ont essayé de caractériser ses nombreuses facettes. Les mesures du risque systémique sont en effet multiples. Elles peuvent porter sur les institutions financières, via une analyse des données de marché ou des données comptables, sur les marchés financiers et leurs infrastructures, ou encore sur le degré d'interconnexion entre les institutions et les marchés. Toutes ces mesures doivent aider à identifier les acteurs susceptibles de contribuer, le plus, aux difficultés d'un système financier en période de crise.

Mesurer le degré de contagion...

Dans son article, Christian Robert s'intéresse au risque systémique porté par un marché d'actifs et cherche à mesurer les dépendances extrêmes entre ces actifs durant une crise. Quel est le degré de contagion ? Dans quelle mesure, la chute d'un actif peut entraîner une forte baisse

des autres actifs ? Quel serait le nombre de produits impactés par cette chute ?

Plus précisément, l'objectif est de modéliser l'évolution conjointe des actifs en période de crise, afin d'obtenir la distribution du nombre d'actifs subissant des pertes importantes lorsqu'un moins un actif voit son prix chuter. "Nous ne privilégions pas un produit financier plutôt qu'un autre, précise Christian Robert. Au contraire, nous regardons les dépendances qui existent entre les actifs, dans le cas d'un scénario de perte pour au moins un des actifs. Cette approche s'apparente à celle développée par Hartmann, Straetmans et de Vries (Journal of Empirical Finance, 17, 241-254, 2010) dans le cadre des marchés des changes."

Il existe un risque de baisse généralisée et extrême de l'ensemble des actifs



Christian Robert

Christian Robert est Professeur en statistique et en science actuarielle de l'Institut de sciences financière et d'assurance de l'Université Claude Bernard Lyon 1. Il est aussi Directeur du laboratoire de Sciences Actuarielle et Financière et co-porteur de la Chaire BNP Paribas Cardif "Management de la Modélisation". Ses domaines de recherche et d'expertise sont: la théorie et les statistiques des valeurs extrêmes, la théorie actuarielle et ses applications, la finance statistique.

Méthodologie

Les auteurs étudient la distribution du nombre d'actifs ayant des pertes importantes, conditionnellement à ce qu'au moins un des actifs ait une perte importante. La difficulté vient du nombre important d'actifs considérés pour représenter le marché (plus de 100).

Les auteurs s'appuient sur les techniques d'estimation développées en théorie des valeurs extrêmes et l'applique à un contexte de grande dimension. Ils développent une approche paramétrique par maximum de vraisemblance pour identifier la structure la plus appropriée pour la fonction de dépendance de queue multivariée.

Ils partent d'un modèle de type CAPM où les betas sont stochastiques, et la dynamique du risque de marché est donnée par un processus de type GARCH pour construire la fonction de dépendance. On peut montrer, qu'après normalisation des distributions stationnaires, le vecteur des betas a une distribution échangeable qui peut être modélisée par une copule archimédienne.

...en intégrant l'ensemble du marché

Des mesures ont déjà été introduites pour quantifier les conséquences de la chute d'un actif sur le marché (comme par exemple la Contagion VaR), mais elles se concentraient sur un actif particulier, voire deux. La spécificité du travail présenté est d'utiliser la théorie des valeurs extrêmes dans un contexte de grande dimension afin de représenter le marché dans son ensemble : une centaine d'actifs sont ainsi considérés dans notre application. Dans un premier temps, l'approche développée, basée sur un modèle de type CAPM (modèle d'évaluation des actifs financiers), est utilisée pour obtenir une distribution théorique des actifs impactés, puis celle-ci est comparée à une distribution empirique calculée à partir de données américaines du marché actions. Les deux résultats sont concordants et font ressortir deux conclusions principales.

Il ressort, tout d'abord, que la dépendance entre deux actifs change au fil du temps, notamment en période de crise où elle peut s'accroître. Un paramètre

pas toujours intégré dans les calculs de risque systémique : "La sensibilité d'un actif au risque de marché est souvent laissée constante dans les mesures de risques systémiques, explique Christian Robert. Mais nous montrons que cette sensibilité évolue en période extrême. Les calculs de risque doivent donc reposer sur des coefficients de sensibilité aléatoires."

Un risque de baisse généralisée

L'étude révèle également que la distribution des actifs impactés par la chute d'au moins un actif est particulière. Intuitivement, il serait possible de croire que la distribution du nombre d'actifs impactés lors d'un événement de crise décroît avec le nombre d'actifs touchés : il serait alors plus probable qu'un seul actif soit impacté plutôt que deux, que deux actifs soient touchés plutôt que trois, etc. Or, la distribution obtenue ne correspond pas tout à fait à ce schéma. Le risque ne décroît pas de façon continue. Au contraire, il augmente de manière significative lorsque que l'on s'approche de la queue de la distribution et que l'on considère la quasi-tota-

lité des actifs. Concrètement, ces résultats montrent que la probabilité que l'ensemble du marché soit impacté par la chute d'un actif n'est pas nulle. Il existe un risque de baisse généralisée et extrême de l'ensemble des actifs.

En montrant les liens existants entre les actifs d'un marché financier, et leurs évolutions en période de stress, l'étude soulève une vraie problématique de contagion qui devrait probablement être mieux prise en compte dans les modèles de constructions de stress tests. Les stress tests menés récemment par la Banque Centrale Européenne ont ainsi permis d'évaluer la solidité de chaque banque de façon isolée. Mais le risque que tous les établissements subissent une crise au même moment existe et il serait donc utile d'agréger les scénarios de perte afin d'évaluer les conséquences d'une chute globale pour le marché.



Retrouvez l'entretien
de Christian Robert
sur www.louisbachelier.org

Comment améliorer les prévisions économiques ?

De quoi sera fait demain ? La conjoncture va-t-elle s'améliorer ? La consommation va-t-elle reprendre ? L'avenir économique reste une préoccupation majeure des dirigeants, comme des financiers qui ont besoin de disposer de prévisions de qualité. Clément Marsilli a développé une méthodologie permettant d'estimer l'évolution de la croissance grâce à l'analyse de données de différente fréquence.

A retenir

- Estimer l'évolution du PIB implique d'analyser une multitude de données aux caractéristiques variables.
- Les modèles développés permettent de gérer des données multi-fréquentielles et de sélectionner les plus pertinentes.
- La qualité des prévisions est ainsi améliorée, en particulier pour le très court terme.
- Mais les modèles peinent toujours à prévoir les événements rares, qu'il s'agisse de périodes de forte expansion économique ou de récessions.

D'après l'article de Clément Marsilli "Variable Selection in Predictive MIDAS Models" et un entretien avec l'auteur.

Politiques, industriels ou encore investisseurs scrutent les estimations de la croissance et ajustent leurs décisions en fonction des chiffres annoncés. La publication du PIB, faite chaque trimestre par l'Insee, est ainsi très attendue. Mais, si la prévision économique est un exercice essentiel, elle s'avère également très complexe.

Le calcul de tels indicateurs se base sur une multitude de données, de nature et de fréquence très différentes. Il s'appuie tout d'abord sur des données macro-économiques : production industrielle, consommation des ménages... Ces informations, dites "hard data", sont divulguées tous les mois ou tous les trimestres. Le calcul du PIB intègre également des données issues d'enquêtes, appelées "soft data", comme le climat des affaires, les investissements prévus ou encore le niveau

de confiance des ménages. Ces données sont souvent publiées de façon mensuelle. A ces deux catégories, viennent s'ajouter les données relatives aux marchés financiers. Ces variables ont la particularité d'être disponibles en temps continu et d'être extrêmement volatiles. Elles sont, pour ces raisons, souvent ignorées des modèles de prévision, bien qu'elles aient un véritable impact sur l'économie réelle.

Gérer les multiples fréquences

Prévoir l'évolution de la conjoncture économique soulève ainsi

de nombreuses problématiques. Comment intégrer des données de nature et de fréquence diverses à un seul et même modèle ? Comment sélectionner les données les plus pertinentes parmi la multitude d'informations disponibles ? Au sein des données sélectionnées, comment tenir compte de leur différence de valeur en termes prédictifs ? Toutes les données sélectionnées n'ont en effet pas le même impact sur la croissance. Il est nécessaire d'effectuer une pondération en fonction du poids prédictif de chacune.

Dans ses travaux, Clément Marsilli s'est donc attaché à définir une méthode capable de sélectionner les variables pertinentes pour la prévision économique, dans le cadre de données multi fréquentielles. Pour ce faire, il s'appuie sur un modèle Midas. La par-

Il est toujours difficile de prévoir une crise



Clément Marsilli

Clément Marsilli est économiste chercheur à la Banque de France au sein du service de macroéconomie internationale, en charge du développement des outils de prévisions et du suivi conjoncturel des économies avancées. Il est titulaire d'un doctorat en mathématiques appliquées de l'Université de Franche-Comté, soutenue en 2014, et est également enseignant à Sciences Po. Ses travaux de recherche portent sur les modélisations macroéconomiques et l'économétrie des séries temporelles. Sa thèse de doctorat s'attache notamment à développer des modèles à mélange de fréquences pour la prévision économique.

Méthodologie

La technologie multi-fréquentielle MIDAS (Mixed Data Sampling) sur laquelle repose les travaux de Clément Marsilli, a été développée par Ghysels et ses coauteurs au cours des dix dernières années pour répondre aux contraintes d'agrégation temporelle inhérentes aux modélisations économiques et financières. MIDAS peut être vu comme une extension fonctionnelle des modèles à retard échelonnés à la Almon. Les modélisations développées par l'auteur intègrent dans une même équation la régression MIDAS, qui permettra l'analyse prédictive, et la sélection des variables explicatives (via le Lasso ou le procédé Bayésien Spike and Slab). Une méthode de validation croisée des performances sur une période récente permet une sélection automatique des meilleurs indicateurs. Ces modèles constituent ainsi de véritables outils opérationnels de prévisions.

ticularité de ce modèle est de pondérer de manière optimale et parcimonieuse les données haute fréquence afin de les agréger. Le calcul est ainsi simplifié, et les résultats améliorés puisque le poids informationnel de chaque donnée est mieux pris en compte. Le modèle Midas est ensuite croisé avec d'autres techniques afin d'améliorer la sélection des variables, et par là même, la qualité des prédictions économiques.

Améliorer la sélection de données

Deux méthodologies sont ainsi mises au point : le Midas Lasso et le Midas Bayésien. Le premier introduit la pénalisation Lasso dans un modèle à mélange de fréquences. Cette technique présente l'avantage d'introduire de la sparsité, c'est-à-dire qu'elle possède un fort pouvoir de sélection des variables. La deuxième méthodologie repose sur l'utilisation de la technique Bayésien avec un modèle Midas. L'introduction de distributions des paramètres permet d'identifier la probabilité d'une variable d'être pertinente pour la prévision.

Ces deux méthodologies sont ensuite appliquées à des données américaines, portant sur la période 2000-2012, afin de tester leurs prévisions. Leurs résultats

sont comparés à ceux obtenus par deux autres méthodes "traditionnelles".

La volatilité financière : une donnée essentielle

Les modèles Midas Lasso et Midas Bayésien s'avèrent très performants pour des prévisions sur la période en cours (nowcasting), comme pour des calculs intra-trimestriels par exemple. De manière générale, ils obtiennent de bons résultats pour des prévisions allant jusqu'à six mois. Outre la qualité des prévisions, l'avantage de ces méthodes est de mesurer empiriquement la contribution de chaque facteur au niveau de la croissance. L'étude montre ainsi que la volatilité financière a une forte influence sur la conjoncture macro-économique. Cette variable est systématiquement jugée pertinente par les modèles Midas et semble particulièrement importante pendant les périodes d'incertitude. Il en va de même pour la production industrielle et la consommation.

Quelle que soit la méthodologie utilisée, les modèles ont par contre toujours des difficultés à capter les événements rares, qu'il s'agisse de phases de forte expansion (points hauts) ou de

récessions (points bas). Ainsi, lors de l'éclatement de la bulle Internet en 2000 et de la crise de 2008, les prévisions faites par les modèles testés restent très au-dessus de la réalité. Anticiper ces périodes "hors normes" demeure un défi, mais en dehors de ces pics, la marge d'erreur des prévisions est assez faible.

Si le calcul d'indicateurs macroéconomiques constitue la première finalité des modèles Midas Lasso et Midas Bayésien, ces derniers pourraient également servir pour des applications financières. En estimant le prix de clôture de marché à partir des données intra-journalières, ou en définissant un portefeuille optimal via l'évolution anticipée des actifs, ils pourraient représenter de précieux outils pour les investisseurs.



Retrouvez l'entretien
de Clément Marsilli
sur www.louisbachelier.org

Les rendements boursiers sont-ils prévisibles ?

L'analyse de certaines variables permet d'anticiper, en partie, l'évolution du prix des actifs. Un principe théorique parfois difficilement applicable en raison d'une quantité insuffisante de données. Face à ce constat, Julien Pénasse propose de mutualiser les informations locales et étrangères afin d'améliorer la prédictibilité des rendements.

A retenir

- Les comportements des investisseurs, tout comme les processus de formation des primes de risque, sont relativement similaires d'un pays à l'autre.
- Un même mécanisme économique est à l'origine de la prédictibilité des différents marchés.
- Par conséquent, les données internationales peuvent fournir des informations sur l'évolution des actifs sur le marché national.
- Inclure ces données permet d'améliorer la prédictibilité des rendements des actions et de réduire le risque à long terme.

D'après un entretien avec Julien Pénasse et son article "Return Predictability: Learning from the Cross-Section".

Comprendre les causes des variations de prix des actifs et anticiper ces fluctuations font partie des questions de recherche les plus actives en économie financière. Plusieurs travaux ont ainsi démontré qu'un grand nombre de variables économiques possédait un pouvoir prédictif sur les rendements des actifs : l'analyse de leurs évolutions peut ainsi permettre d'anticiper les rendements futurs. Pour les actions, c'est le cas notamment du ratio dividende/prix: "Le prix d'une action fluctue plus que le montant des dividendes anticipés, souligne Julien Pénasse. Cela signifie que le taux d'escompte varie dans le temps. Les actions sont des actifs de durée longue. Une variation même faible du taux d'escompte a donc des effets importants. Ce taux d'escompte reflète les anticipations et surtout les primes de risques exigées par les investis-

seurs. C'est cette prime de risque qui est prévisible, pas les rendements eux-mêmes."

Pourtant, prédire les rendements boursiers via l'évolution de diverses variables reste un défi. Si le caractère prédictif du ratio dividende/prix de l'action est admis, il demeure difficile à détecter dans la pratique. En cause ? Une quantité souvent insuffisante de données disponibles, la plupart des analyses étant effectuées pays par pays.

Les données sont disponibles mais pas utilisées de manière pertinente

Un mécanisme unique pour tous les pays

Comment dès lors élargir le champ des données ? Comment faciliter la lisibilité du ratio dividende/prix et le rendre plus visible ? Peut-on ainsi améliorer la prédictibilité des rendements des actions ? Telles sont les problématiques abordées dans les travaux de Julien Pénasse. Le chercheur propose une méthodologie qui analyse la prédictibilité des rendements, via un croisement d'informations. Au lieu de considérer chaque pays de façon isolée, il les intègre dans un seul et même modèle, appelé modèle échangeable. "Les données sont disponibles mais pas utilisées de manière pertinente, indique Julien Pénasse. Nous observons des situations similaires dans la plupart des pays. Si le même mécanisme économique est à l'origine de la prédictibilité



Julien Pénasse

Ancien élève de l'École Normale Supérieure de Cachan et diplômé de l'ESSEC, Julien Pénasse est chercheur postdoctoral à l'École Polytechnique. Il a soutenu sa thèse en économie et finance à l'ESSEC et l'Université de Tilburg. Il collabore également à l'initiative de recherche "Allocation d'Actifs à long terme" (Collège de France/ CNP/Caisse des Dépôts). Avant sa thèse, il a passé près de six ans en salle de marché, comme analyste financier puis trader chez Natixis. Sa thèse porte sur les bulles et les comportements spéculatifs, en particulier sur le marché

de l'art, et l'économétrie bayésienne appliquée à la finance.

Méthodologie

Les séries de rendements et de prédicteurs constituent un panel de quinze pays sur une quarantaine d'années en moyenne. En présence de données de panel, l'économètre va généralement estimer un modèle pour chaque pays isolément. Il peut aussi traiter les données comme un panel, i.e. supposer qu'un seul processus génère les données de chaque pays. La principale innovation consiste à supposer un modèle à coefficients aléatoires, ce qui signifie que les coefficients des différents pays partagent la même distribution. Pour estimer les paramètres du « modèle » France, on peut donc tirer profit de la distribution des paramètres dans tous les autres pays. Les deux approches précédentes correspondent à des cas particuliers, dans lesquels la variance des paramètres est tellement large qu'on peut traiter les pays isolément, ou faible qu'on peut les traiter comme un seul processus.

des différents marchés, les informations portant sur un marché X nous informent également sur l'évolution du marché Y."

Au niveau mathématique, il s'agit d'appliquer la régression des rendements actions sur la variable dividende/prix à plusieurs pays afin de mutualiser les informations. L'auteur fait ainsi l'hypothèse que les processus des différents pays sont des variables aléatoires qui partagent la même distribution.

Le modèle est appliqué aux marchés actions de 15 pays de l'OCDE. Sur la période 1990-2010, ces prévisions sont comparées hors-échantillon aux rendements réalisés, pour déterminer si un investisseur aurait pu exploiter la prédictibilité en temps réel.

Des marchés plutôt homogènes

Bien que les gains soient relativement modestes, en ligne avec la littérature précédente, il en ressort que la méthodologie développée a un impact positif sur l'estimation des rendements. Les prévisions basées sur le modèle échangeable sont plus précises que celles des approches traditionnelles qui ignorent l'information croisée.

L'étude analyse également les comportements des investisseurs, illustrés par l'évolution de la prime de risque, afin de déterminer s'ils varient fortement d'un pays à l'autre, ou au contraire, si les marchés sont relativement homogènes. De précédents articles indiquaient une forte hétérogénéité entre les pays. Mais, pour l'auteur, ces différences sont essentiellement dues au hasard. Les résultats de l'étude suggèrent en effet une relative homogénéité entre les pays. Les processus d'anticipation des investisseurs et, par conséquent, les processus de formation de la prime de risque sont assez similaires d'un marché à l'autre. La prédictibilité est ainsi plutôt faible dans les pays étudiés, et les primes de risque comprises entre 1 % et 5 %.

Sauf les Etats-Unis

Seules exceptions : les Etats-Unis et, dans une moindre mesure, le Royaume-Uni. Ces deux pays se démarquent par une prime de risque et une prédictibilité bien supérieures à la moyenne. Aux Etats-Unis, par exemple, la prime de risque s'élève à près de 8 %. Un chiffre qui témoigne de la surperformance du marché actions américain, ainsi que d'une plus

grande volatilité des primes de risques. Un investisseur américain est donc incité à investir plus massivement en actions, mais aussi à arbitrer le marché de façon plus agressive.

Enfin, le fait d'intégrer les données internationales dans le calcul des rendements attendus modifie les stratégies d'allocation des investisseurs. Les rendements attendus tendant à s'homogénéiser entre les pays, le niveau d'allocation aux actions s'harmonise également.

Analyser chaque marché séparément revient à ignorer bon nombre d'informations pertinentes. Les marchés actions partagent en effet des processus de formation des primes de risque relativement similaires. Les investisseurs ont donc tout intérêt à inclure l'ensemble des informations disponibles dans leur analyse des rendements attendus des actifs. Les estimations en sont améliorées et les actions apparaissent par conséquent relativement moins risquées.



Retrouvez l'entretien
de Julien Pénasse
sur www.louisbachelier.org

À PARAÎTRE

Opinions & Débats N°10

Les articles publiés dans la série "Opinions & Débats" offrent aux spécialistes, aux universitaires et aux décideurs économiques un accès aux travaux de recherche les plus récents. Ils abordent les principales questions d'actualité économique et financière et fournissent des recommandations en termes de politiques publiques.

The Opinion and Debates series sheds scientific light on current topics in economics and finance. Bringing together several types of expertise (from mathematicians, statisticians, economists, lawyers, etc.) this publication makes recommendations in the formulation and implementation of government economic policies.

