

Université de Montréal

Rapport de recherche

Multiplés bris communs en variance et en moyenne des panels de séries temporelles

par Guillaume Nolin

Dirigé par Onur Özgür

Département de sciences économiques, Faculté des arts et des sciences

© Guillaume Nolin, 2013

Résumé

Nous élaborons une méthode de détermination des bris communs d'un panel de séries temporelles. Nous construisons un algorithme permettant de déterminer les bris communs en variance et en moyenne en utilisant la méthode de quasi-estimation du maximum de vraisemblance, et nous construisons des intervalles de confiance. Nous développons une procédure itérative afin d'identifier les bris significatifs dans les séries partitionnées, d'un nombre préalablement indéterminé. En appliquant cette méthode à un grand nombre de séries financières de taux d'intérêt et de rendements boursiers, nous cernons précisément dans le temps les points tournants de la crise financière et de ses suites (2006-2012).

Mots clés : bris communs, bris multiples, séries financières temporelles.

Abstract

We elaborate a method of determination of common breaks in a panel of time series. Using a quasi-maximum likelihood estimator, we build an algorithm to determine common break points in variance and means. We also build confidence intervals. We develop a procedure to identify significant break points in partitioned time series, the number of which is unknown. Applying this method to a large number of interest rate and stock market financial time series yields a precise account of the turning points of the financial crisis and its aftermath (2006-2012).

Keywords: common breaks, multiple breaks, financial time series.

Table des matières

Résumé / Abstract	2
Liste des tableaux	4
Liste des figures	5
2. Méthodologie	9
2.1 Modèle	9
2.2 Quasi-estimateur du maximum de vraisemblance	10
2.3 Construction des intervalles de confiance	11
2.4 <i>Procédure d'estimation de bris multiples</i>	14
2.5 Procédure de sélection et de rétention des bris	15
3. Analyse empirique	18
3.1 Données	19
3.2 Résultats	20
3.3 Validation hors échantillon	23
4. Conclusion	25
Références	27
Annexes	28

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeurs critiques I^* pour intervalles de confiance, pour N séries	28
Tableau 2 : Simulations de la sensibilité de la procédure	29
Tableau 3 : Codes de référence Bloomberg	29
Tableau 4 : Bris observés dans le panel empirique (ensemble des pays)	30
Tableau 5 : Bris communs observés dans le panel empirique (pays anglo-saxons)	32
Tableau 6 : Bris communs observés dans le panel empirique (États-Unis)	34
Tableau 7 : Tableau de correspondance des dates de bris (ensemble des pays)	36
Tableau 8 : Tableau de correspondance des dates de bris (pays anglo-saxons)	37
Tableau 9 : Tableau de correspondance des dates de bris (États-Unis)	38

Liste des figures

Figure 1 : Distribution des valeurs observées de l^* pour N séries	39
Figure 2 : Distribution des valeurs de l^*	40
Figure 3 : Régimes et bris estimés par les 10 premiers bris pour l'ensemble du panel 41	

1. Introduction

Cet ouvrage explore la problématique des changements structurels dans les panels de séries temporelles, pour lesquelles il y a N séries de variables comptant T observations chacune. Notre objectif est de déterminer si un bris structurel se produit simultanément dans l'ensemble des séries en un temps k précis. Nous définissons ce bris structurel comme étant un écart significatif entre la moyenne ou la variance des séries temporelles entre les deux partitions (antérieure et postérieure) créées de part et d'autre du point k . Une fois ce premier k déterminé, il est possible d'examiner les deux partitions créées et d'établir une procédure pour déterminer la présence et l'importance relative des bris observés dans les deux partitions subséquentes. Nous élaborons enfin un processus itératif afin de répéter la procédure et déterminer le nombre de bris communs significatifs selon des critères établis préalablement.

L'existence de bris communs dans les panels de séries temporelles est une évidence incontestable en sciences économiques tout comme en finance. Un choc sur un système, par définition, a pour effet de bouleverser le comportement d'un nombre considérable d'agents économiques, de variables macroéconomiques en tout genre ou du prix relatif d'instruments financiers variés. S'il est possible d'identifier des bris dans des séries temporelles uniques, identifier des bris dans un panel de séries temporelles permettrait de situer un bris dans le temps de façon beaucoup plus précise et de minimiser le nombre d'identifications erronées.

L'identification dans le temps d'un bris commun permet de faire la distinction entre deux « régimes » économiques distincts en plus de cerner les événements ayant pu mener à ce changement de régime, par simple proximité dans le temps. C'est d'autant plus vrai dans les séries temporelles à haute fréquence, telles les séries financières à fréquence quotidienne ou inférieure. La détermination séquentielle de multiples bris communs a, quant à elle, un objectif

connexe : celui d'ordonner les changements de régime selon leur magnitude, d'en faire une hiérarchie qui ne soit pas simplement chronologique.

Intuitivement, une telle méthode trouve une application dans la datation précise de changements historiques. S'il peut être déterminé avec exactitude qu'un panel de séries temporelles peut être segmenté en « ères » et ses sous-« périodes » (régimes) ponctuées de « points tournants » (bris), nous pouvons établir une datation beaucoup plus fidèle de l'histoire économique. La cliométrie, ou histoire économétrique, est une sous-discipline bien établie en sciences économiques depuis les années 1960 (voir Fogel(1966)). La méthode proposée dans cet ouvrage se veut simplement un autre outil de chronologie pour l'histoire économique.

La chronologie en sciences économiques a récemment connu un certain regain d'intérêt, notamment suite à la dernière crise financière et la recherche de ses précédents historiques. Les travaux de Reinhart et Rogoff (2008a, 2008b et 2009) sur la nature particulière des crises financières et de leurs suites reposaient en grande partie sur l'élaboration d'une nouvelle chronologie de plus de deux siècles de crises financières. Cette préoccupation avec la datation des crises économiques et financières n'est pas récente; une vague précédente de travaux sur la chronologie des crises financières est apparue à la suite des nombreuses crises financières dans les pays émergents au courant des années 1990, phénomène qui a été décrit comme celui des « crises jumelles », touchant à la fois le système bancaire et la balance des paiements (voir Kaminsky et Reinhart(1999)). Un nombre considérable de listes de crises financières ont été créées depuis le début des années 1990, basées sur des critères variés, par exemple la faillite d'une ou de plusieurs institutions financières, la contraction brusque des agrégats de crédit ou encore l'intervention directe d'un gouvernement national ou d'une instance supranationale pour

résoudre la crise. Frydl (1999), Caprio et Klingebiel (2002), Laeven et Valencia (2008) sont de bons exemples de ce genre d'exercice.

L'analyse par critère comporte plusieurs lacunes. Premièrement, elle restreint l'analyse à un choix binaire : crise ou normalité. Elle fait fi d'évènements précurseurs qui pourraient annoncer la crise à venir ainsi que d'évènements postérieurs à la phase « aiguë » de la crise et qui pourraient être considérés comme faisant partie de la phase « chronique » ou « de rémission ». Elle ne permet pas non plus d'identifier les points tournants (hormis son début et sa fin) de la crise ni leur importance. Les résultats donnés par de telles approches peuvent être très différents, comme en fait état Eichengreen (2002) dans sa métaanalyse de trois de ces listes chronologiques. Finalement, les dates de début et de fin de crise n'ont rarement d'échelles plus précises qu'au mois, et bien ne fournisse que les années.

Une piste de solution s'ouvre à la lumière des travaux de Gorton, Metrick et Xie (2010) utilisant la méthode développée par Bai (2010) de bris communs dans les séries temporelles. Dans leur ouvrage, Gorton et coll. examinent les bris communs d'une variété de séries temporelles liés à des marchés financiers spécifiques : actions, obligations, produits dérivés, financement à court terme. Ils finissent par conclure que la faillite de Lehman Brothers le 15 septembre 2008 n'est qu'un des points tournants de la crise et que des pans du système financier américain ont commencé à montrer des signes de stress dès janvier 2007, soit avant même le début officiel de la récession américaine (décembre 2007 selon le National Bureau of Economic Research¹).

¹ Voir National Bureau of Economic Research (2008). *Determination of the December 2007 Peak in Economic Activity*. <http://www.nber.org/cycles/dec2008.html>. 11 décembre 2008 (révision).

À l’instar de Gorton et coll., nous reprenons la méthode de Bai pour évaluer les bris en moyenne et en variance, cette fois pour un panel de séries financières internationales beaucoup plus étendu (2006-2012). La méthode proposée par Bai repose sur un estimateur de quasi-maximum de vraisemblance (quasi maximum-likelihood estimator). Nous élaborons sur la méthode de bris communs en variances et en moyennes de Bai(2010) pour y inclure des éléments permettant de déterminer un nombre indéfini de bris communs subséquents au premier, ce que l’article original évoque, mais ne développe pas. La méthode élaborée s’appuie sur des travaux précédents de Bai (1997) ainsi que Bai et Perron (1998, 2003). La synthèse de ces travaux et l’introduction de critères de décision pour le choix des bris subséquents comptent parmi les innovations de cet ouvrage.

La partie 2 de ce rapport présente la méthodologie de la procédure de bris en moyennes et en variance. La partie 3 présente une analyse empirique de la procédure basée sur des données financières internationales pour la période s’étalant de 2006 à 2012.

2. Méthodologie

En s’appuyant largement sur la méthodologie de Bai (2010), nous élaborons une méthode de détermination des bris multiples.

2.1 Modèle

Considérons N séries de durée T telles que :

$$Y_{i,t} = \mu_{i,1} + \sigma_{i,1}\eta_{i,t} \quad \text{pour } t = 1, 2, \dots, k_1^0 = z_1$$

$$Y_{i,t} = \mu_{i,2} + \sigma_{i,2}\eta_{i,t} \quad \text{pour } t = k_1^0 + 1, k_1^0 + 2, \dots, k_2^0 = z_2$$

$$\begin{array}{c} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{array} \qquad \begin{array}{c} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{array}$$

$$Y_{i,t} = \mu_{i,m+1} + \sigma_{i,m+1}\eta_{i,t} \qquad \text{pour } t = k_m^0 + 1, k_m^0 + 2, \dots, T = z_{m+1}$$

Avec $t = 1, 2, \dots, T$ et $i = 1, 2, \dots, N$. Notons que le nombre total de bris significatifs (M) tel que $m=1, 2, \dots, M$ n'est pas connu a priori. Pour chaque partition z_m nous utilisons la notation suivante : $z_m = 1, 2, \dots, Z$.

$E(\eta_{i,t}) = 0$, $var(\eta_{i,t}) = 1$ et pour chaque série i $\eta_{i,t}$ est un processus linéaire de sorte que $\eta_{i,t} = \sum_{j=0}^{\infty} b_{ij}\varepsilon_{i,t-j}$ avec $\varepsilon_{i,t}$ iid(0,1), $\sum_{j=1}^{\infty} j|b_{ij}| < \infty$ et $\sum_{j=0}^{\infty} b_{ij} = var(\eta_{i,t}) = 1$. De plus, pour tout m , $k_m^0 = [(z_m + z_{m+1})\tau_m^0]$, $\tau_m^0 \in (0,1)$.

Dans chaque cas, nous assumons que soit $\mu_{i,m} \neq \mu_{i,m+1}$ ou que $\sigma_{i,m} \neq \sigma_{i,m+1}$ pour qu'un bris en soit un. Afin de faciliter l'analyse, nous excluons que $\sigma_{i,m}$ soit égal à zéro.

2.2 Quasi-estimateur du maximum de vraisemblance

La présence et le moment du bris sont déterminés par le quasi-estimateur du maximum de vraisemblance (ci-après QMV). Nous traitons les $\eta_{i,t}$ comme s'ils étaient indépendants et identiquement distribués (iid) selon une loi normale $N(0,1)$.

Nous avons donc :

$$\sigma_{i,m}^2(k) = \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k (Y_{i,t} - \bar{Y}_{i,m})^2 \text{ et } \sigma_{i,m+1}^2(k) = \frac{1}{z-k} \sum_{t=k+1}^z (Y_{i,t} - \bar{Y}_{i,m+1})^2$$

pour chaque partition. Donc dans le cas de l'évaluation du premier bris, les équations précédentes sont équivalentes à :

$$\sigma_{i,1}^2(k) = \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k (Y_{i,t} - \bar{Y}_{i,1})^2 \text{ et } \sigma_{i,2}^2(k) = \frac{1}{T-k} \sum_{t=k+1}^T (Y_{i,t} - \bar{Y}_{i,2})^2$$

Suivant Bai(2000) et Bai(2010), nous décrivons la fonction d'optimisation QMV telle que :

$$U_{NP}(k) = k \sum_{i=1}^N \log(\sigma_{i,m}^2(k)) + (Z - k) \sum_{i=1}^N \log(\sigma_{i,m+1}^2(k))$$

L'estimateur de bris est défini par l'équation suivante :

$$\hat{k} = \operatorname{argmin}_k U_{NP}(k)$$

Le théorème 5.1 de Bai(2010) postule que, lorsque $Z, T \rightarrow \infty$, $P(\hat{k} - k_0) \rightarrow 1$.

2.3 Construction des intervalles de confiance

Suivant les explications fournies par Bai(2010) et son théorème 5.2, nous construisons des intervalles de confiance à 90%, 95%, 99% pour N séries.

Nous formons une série de données temporelles de T=1000 observations et N séries de panel, avec les 500 premières observations de chaque série distribuées selon une loi normale N(0,1) et les 500 suivantes avec une distribution N(0,4), pour simuler un bris en variance (un test de bris de moyennes donne des résultats analogues).

Nous définissons :

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\hat{\sigma}_{i,1}^2}{\hat{\sigma}_{i,2}^2} - 1 \right)$$

et

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N \frac{(\mu_{i,1} - \mu_{i,2})}{\sigma_1^2}$$

où $\hat{\sigma}_{i,1}^2$ et $\hat{\sigma}_{i,2}^2$ sont les variances estimées pour les deux partitions potentielles créées par le bris estimé et σ_1^2 est la variance totale sur l'ensemble des deux partitions potentielles. ω est un estimateur de bris en variance; plus la différence entre la variance entre les deux partitions est grande pour un plus grand nombre de séries temporelles, plus ω est grand. τ a une fonction similaire pour les bris en moyenne.

Suivant le théorème 5.2 de Bai(2010), nous obtenons la relation suivante :

$$\hat{k}^0 - k^0 \xrightarrow{d} \underset{l}{\operatorname{argmin}} \left[|l| \left(\tau + \frac{\omega}{2} \right) + 2\sqrt{\tau} W_1(l) + \sqrt{(\kappa + 2)\omega} W_2(l) \right]$$

où κ est le quatrième moment (kurtosis) de $\eta_{i,t}$, qui sera considéré comme aux fins d'analyse. $W_1(l)$ et $W_2(l)$ sont deux marches aléatoires gaussiennes avec $l = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$ telles que :

$$W(0) = 0$$

$$W(l) = \sum_{s=-l+1}^0 Z_s \text{ pour } l = -1, -2, \dots$$

$$W(l) = \sum_{s=1}^l Z_s \text{ pour } l = 1, 2, \dots$$

Les Z_s étant des variables suivant une loi normale $N(0,1)$ et iid.

Nous effectuons une simulation de Monte Carlo avec 100 000 répétitions pour chacune un nombre de séries allant de 2 à 150. Le l^* minimisant l'équation est la mesure de l'exactitude du positionnement du bris et la simulation permet de simuler sa distribution. La figure 1 fournit des exemples de distributions selon des N différents, alors que la figure 2 présente l'exemple de la distribution où $N=5$ séries.

À partir des résultats de simulation, il est possible de créer des valeurs critiques pour différents N . Le tableau 1 fournit les intervalles de confiance établis à partir de la distribution des résultats obtenus, avec niveau de confiance (ζ) à 90%, 95% et 99%. Ces niveaux correspondent à la distribution des résultats obtenus par simulation.

À partir de cette table d'intervalles de confiance, nous pouvons estimer, suivant Bai(2000), l'intervalle de confiance suivant :

$$C = l_{\zeta}^* \frac{(\tau + \omega/2)^2}{\tau + \frac{(2 + \kappa)\omega}{4} + \mu_3\pi}$$

Où l^* nous provient de la table d'intervalles de confiance à un niveau établi pour N séries. Nous simplifions en postulant que le troisième moment $\mu_3 = 0$ et nous obtenons :

$$C = l_{\zeta}^* \frac{(\tau + \omega/2)^2}{\tau + \frac{(2 + \kappa)\omega}{4}}$$

tel que :

$$P(\hat{k}^0 - C \leq k^0 \leq \hat{k}^0 + C) = \zeta$$

2.4 Procédure d'estimation de bris multiples

Bai(2010) évoque la possibilité d'évaluation de bris multiples sur un panel de séries temporelles, mais élabore très peu sur les procédures à suivre. La méthode proposée repose sur une réduction maximale de la somme des moindres carrés des résidus (MCR). Bai(1997) élabore davantage sur la procédure de détermination des bris multiples, mais ne fournit pas de méthodologie pour un panel de séries temporelles. La procédure itérative présentée s'inspire des deux méthodes.

Une fois qu'un bris \hat{k}_m^0 est identifié dans une partition et son intervalle de confiance déterminé tel que :

$$P(\hat{k}_m^{0+} \geq k_m^0 \geq \hat{k}_m^{0-}) = \text{niveau de confiance}$$

Nous obtenons deux nouvelles partitions de la partition d'origine :

$$z_m = \hat{k}_{m-1}^{0+} + 1, k_{m-1}^{0+} + 2, \dots, \hat{k}_m^{0-} \text{ et } z_{m+1} = \hat{k}_m^{0+} + 1, k_{m-1}^{0+} + 2, \dots, \hat{k}_{m+1}^{0-}$$

où \hat{k}_{m-1}^{0+} est soit 1 (début des observations) ou la borne supérieure de l'intervalle de confiance d'un bris estimé précédemment et précédant directement la partition originale. Pareillement, \hat{k}_{m-1}^{0+} est soit T (fin des observations) ou la borne inférieure de l'intervalle de confiance d'un bris estimé précédemment et suivant directement la partition originale. Nous excluons donc les périodes faisant partie de l'intervalle de confiance d'un autre bris estimé pour créer les nouvelles partitions, évitant ainsi les dédoublements.

Évidemment, si $\hat{k}_{m+1}^{0-} - \hat{k}_{m-1}^{0+} < 3$, l'estimation d'un bris devient impossible et cette partition devra être exclue des calculs futurs.

Nous nous retrouvons donc avec deux partitions contenant potentiellement chacune un bris. En étendant la logique, si m bris ont été précédemment déterminés, nous avons $m+1$ bris potentiels. Puisque nous cherchons à créer une hiérarchie des bris et non une pyramide, que ces $m+1$ bris potentiels n'ont pas la même magnitude ou importance et que certains ne sont peut-être pas significatifs, il convient d'élaborer une procédure de sélection et de rétention des bris potentiels.

2.5 Procédure de sélection et de rétention des bris

Bai(2010) suggère de décider du choix des bris subséquents en fonction de la somme des carrés résiduelle (SCR); le bris potentiel minimisant cette somme sur l'ensemble des séries N et du temps T . Ainsi, le second bris serait choisi entre deux options possibles selon ce critère, le troisième entre trois options et ainsi de suite.

Ce critère de sélection semble insatisfaisant pour deux raisons. Premièrement, la somme des carrés résiduelle d'un panel de N séries temporelles est susceptible d'être démesurément influencées par un petit sous-ensemble de séries très bruyantes ou comportant des bris extrêmement prononcés; un bris affectant principalement une de ces séries aurait donc systématiquement le dessus sur un bris commun plus important dans un plus grand nombre de séries.

Deuxièmement, l'utilisation exclusive de la somme des carrés résiduelle introduit un important biais de sélection des bris subséquents en faveur des bris en moyenne et en défaveur des bris en variance. En effet, l'introduction d'un bris entre deux régimes égaux en moyenne, mais de variance inégale n'a aucune incidence sur la somme des carrés résiduelle de l'ensemble T.

Afin de faire face au premier problème, nous procédons en normalisant l'amélioration des sommes des carrés de chaque série et en choisissant le bris présentant la plus grande médiane d'améliorations pour toutes les séries étudiées. Donc pour chaque série $i = 1, 2, \dots, N$ avec m bris préalablement estimés $\hat{k}_1, \hat{k}_2, \dots, \hat{k}_m$, nous avons une somme des carrés résiduelle originale $SCR_{0,i}$. Pour chaque partition, nous avons un bris potentiel estimé $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_{m+1}$ menant au calcul d'une nouvelle SCR pour chaque bris potentiel et sur l'ensemble des séries, i.e. $SCR_{1,i}, SCR_{2,i}, \dots, SCR_{m+1,i}$. Pour chaque i et chaque bris potentiel x , la variable d'amélioration est la suivante :

$$\psi_{x,i} = \frac{SCR_{0,i} - SCR_{x,i}}{SCR_{0,i}}$$

Le critère de sélection est donc le suivant :

$$\hat{x}^* \rightarrow \underset{x}{\operatorname{argmax}}(\tilde{\psi}_x)$$

avec $\tilde{\psi}_x$ la médiane de $\psi_{x,i}$ pour toutes les séries i . Ce critère permet donc pour chaque bris possible de juger de la médiane de l'amélioration relative en SCR pour toutes les séries, éliminant ainsi l'influence des séries ayant subi une amélioration extrêmement importante ou encore presque nulle.

Pour remédier au deuxième problème, il est nécessaire d'introduire un second critère de sélection permettant de mieux cerner les bris en variance. Pour ce faire, nous avons recours au test robuste de Levene (1960) d'égalité des variances. Donc pour chaque série i , avec $m+1$ bris potentiels $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_{m+1}$ et, pour chaque bris potentiel, deux sous-partitions $\hat{z}_{x,1}$ et $\hat{z}_{x,2}$ de taille $\hat{n}_{x,1}$ et $\hat{n}_{x,2}$. La moyenne des observations sur l'ensemble des deux sous-partitions est $\mu_{x,0}$ tandis qu'elle est de $\hat{\mu}_{x,1}$ et $\hat{\mu}_{x,2}$ sur les deux sous-partitions. La variance de chacune des deux sous-partitions est $\hat{\sigma}_1^2$ et $\hat{\sigma}_2^2$. Nous avons :

$$W_{x,i} = \frac{(\hat{n}_{x,1} + \hat{n}_{x,2} - 2) * [\hat{n}_{x,1} * (\hat{\mu}_{x,1} - \mu_{x,0}) + \hat{n}_{x,2} * (\hat{\mu}_{x,2} - \mu_{x,0})]}{\hat{\sigma}_1^2 + \hat{\sigma}_2^2}$$

$$W_{x,i} \sim F_{1, \hat{n}_{x,1} + \hat{n}_{x,2} - 2}$$

Le test de Fisher nous donne une valeur $p_{x,i}$ (probabilité que les deux partitions aient la même variance) pour chaque bris potentiel x et pour chaque série i . Comme dans le cas du premier critère d'amélioration des SCR, notre critère se base sur la médiane sur toutes les séries pour chaque x , tel que :

$$\hat{x}^* \rightarrow \underset{x}{\operatorname{argmax}}(\tilde{p}_x)$$

Utiliser deux critères pour la sélection des bris implique leur ordination ou du moins leur mise en relation. La méthode retenue pour cet ouvrage est la suivante : des valeurs critiques α et Ω sont choisies pour les améliorations en SCR et pour les valeurs p critiques, respectivement. α constitue un seuil minimum d'amélioration pour la rétention d'un bris, tandis qu' Ω constitue un seuil maximal pour la rétention d'un bris en variance. Les bris $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_{m+1}$ sont testés simultanément sur les deux critères et sont retenus les bris satisfaisant aux deux seuils de

rétenion. Le bris sélectionné est celui maximisant la variable d'amélioration des SCR. En l'absence de bris satisfaisant simultanément les deux seuils de rétenion, le critère SCR a préséance; en l'absence de bris potentiels satisfaisant la condition SCR, le bris sélectionné est celui minimisant la valeur p (donc comportant la plus grande probabilité de bris en variance). La procédure s'arrête lorsqu'aucun bris potentiel ne satisfait à un des deux critères de sélection.

Le tableau 2 présente une analyse des résultats obtenus par 5 000 simulations avec $N=7$, $T=1000$, un nombre de bris réels M^* se situant en 4 et 14, avec $\alpha = .01$, $\Omega=.05$ et $\zeta = 95\%$ et 99% , respectivement. Chaque régime réel z^* est distribué selon une moyenne allant distribuée de 1 à 100 et d'une variance distribuée de 1 à 20. Le tableau démontre que, pour cette magnitude de bris, le niveau de confiance $\zeta = 99\%$ performe mieux que son homologue à 95% , enregistrant un nombre d'erreurs potentielles de type I (bris non détecté) et de type II (faussement positif) inférieur en plus d'estimer un peu mieux le nombre total de bris M^* . Ceci peut être attribué à des intervalles de confiance plus larges pour les bris, ce qui permet d'englober un plus grand nombre de bris réel à l'intérieur des intervalles de confiance. Notons que dans près de 95% des cas, et ce, pour les deux niveaux de confiance, la procédure trouve un \hat{m} (bris détectés) égal à M^* .

3. Analyse empirique

La procédure élaborée ci-dessus permet le calcul des points tournants de séries financières de panels. Selon l'avis général des experts, la période s'étalant de 2006 à 2012 a été caractérisée par de nombreuses perturbations dans les marchés financiers internationaux et se prête donc à l'analyse des bris communs en moyennes et en variances. Cette analyse nous permet

d'élaborer une chronologie empirique du fil des évènements. Les bris séquentiels déterminés par la procédure étudiée sont autant de points tournants de la crise financière internationale.

Les séries de données financières des indices boursiers et des taux obligataires gouvernementaux apparaissent comme des candidats évidents à l'analyse de la variance. Dans le cas des indices boursiers, ils constituent, à tort ou à raison, les indicateurs les plus couramment suivis par les experts et le public en général pour évaluer le prix des actifs financiers. Dans le cas des taux obligataires gouvernementaux, ils découlent de marchés particulièrement liquides et transparents sur les places financières internationales et agissent comme taux de référence à partir desquels les prix de nombreux autres actifs financiers sont calculés. Ils constituent également des références aux taux d'intérêt auxquels les gouvernements peuvent emprunter et, par incidence, un reflet de la solvabilité ou de la « sûreté financière » d'un gouvernement. Cette dernière caractéristique a été particulièrement mise en évidence pendant la période observée, notamment en ce qui a trait à la crise de la zone euro.

3.1 Données

Afin de tester empiriquement la procédure, nous construisons un panel de séries temporelles composé des indices boursiers nationaux et des taux de rendement actuariels de la dette à 2, 5 et 10 ans sur une base quotidienne entre le 2 janvier 2006 et le 4 janvier 2013 ($T=1830$) pour les trente pays énumérés ci-dessous : Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Pays-Bas, Portugal, Slovaquie, Slovénie, Danemark, Norvège, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Bulgarie, Hongrie, Lettonie, Lituanie, Pologne, République tchèque, Roumanie, Australie, Canada, États-Unis, Japon, Nouvelle-Zélande. Les

données ont été obtenues par l'entremise d'un terminal Bloomberg. Au total, 120 séries font partie du panel.

L'échantillon contient un nombre important de données provenant des pays de la zone euro, ce qui a pour conséquence d'influencer la détermination de l'ordre des bris. Pour cette raison, nous effectuons la procédure pour un sous-ensemble de pays dits « anglo-saxons », c'est-à-dire l'Australie, le Canada, les États-Unis, la Grande-Bretagne et la Nouvelle-Zélande. Finalement, pour vérifier le comportement de la procédure sur un plus petit panel, nous exécutons la procédure pour les données des États-Unis uniquement, c'est-à-dire quatre séries financières.

Il est à noter que certaines séries comportent des données manquantes; dans ce cas, la procédure est appliquée en tenant compte du nombre restreint de séries faisant partie de l'échantillon, avec des intervalles de confiance modifiés entre autres. Il est donc possible que la sous-partition subséquente d'un panel de séries permette l'ajout de séries comportant des données manquantes, améliorant ainsi la précision du calcul.

3.2 Résultats

L'objectif d'élaborer la procédure décrite dans cet ouvrage est d'obtenir un nouvel outil de datation chronologique. Il est donc de mise de comparer les résultats de la procédure à ce que nous connaissons du déroulement de la crise financière et de la crise européenne, à la manière de Gorton et coll. (2010).

Les données colligées permettent d'en venir à des observations intéressantes sur l'évolution des marchés financiers à l'échelle internationale. Il est tout d'abord intéressant de

constater que les points tournants ne sont pas exactement les mêmes, mais que plusieurs concordent exactement. Une description détaillée des résultats obtenus s'impose.

Les tableaux 4, 5 et 6 présentent l'ensemble des bris significatifs décelés par la procédure élaborée en section 2 de cet ouvrage. Sur un panel de séries comptant 1830 dates, il est intéressant de constater que, dans les trois cas, le nombre de bris trouvés est similaire, avec 63, 65 et 70 bris pour chacun des panels étudiés, ce qui donne une moyenne d'un peu moins d'un bris par mois. Évidemment, ce nombre pourrait augmenter considérablement si, par exemple, nous augmentions la fréquence d'observation (avec des données horaires, par exemple). Une plus grande granularité des données donnerait des résultats plus détaillés. Cependant, nous pouvons conclure que l'ordre des bris, quant à lui, demeurerait largement inchangé. Nous procéderons donc à une analyse plus fine des bris de chaque panel ayant la plus grande amplitude et ayant donc été sélectionnés en premier par la procédure décrite.

En sélectionnant les dix premiers bris sélectionnés par la procédure pour chaque panel de séries financières, nous avons une meilleure idée des différentes périodes ayant prévalu dans les différents pays faisant partie du panel. Nous observons que les principaux « régimes » ayant prévalu peuvent varier sensiblement selon les pays observés. Les tableaux 7, 8 et 9 présentent une chronologie détaillée des principaux points tournants pour l'ensemble des pays, les pays anglo-saxons et les États-Unis, respectivement.

À partir de ces résultats, nous pouvons faire quelques observations sur la dispersion des bris observés sur la période 2006-2012. Tout d'abord, observons que les bris les plus importants pour les États-Unis sont concentrés entre 2007 et 2008, suggérant une succession rapide de régimes alors même que la crise des prêts hypothécaires américains se développait. Le bris le

plus important observé, en novembre 2007, coïncide d'ailleurs avec les premières radiations d'actifs hypothécaires par les grandes banques américaines et survient juste après le sommet historique de l'indice S&P 500 le mois précédent. De même, notons qu'après la période 2010 à 2012, les bris sont peu nombreux et essentiellement liés à des événements liés à la crise européenne. Nous pourrions être portés à conclure que la dimension essentiellement américaine de la première partie de la crise financière mondiale pourrait être liée à ce résultat.

Parallèlement, les bris observés pour le panel composé de pays anglo-saxons révèlent une dynamique un peu différente. Dans ce cas, les bris sont concentrés dans la période 2008 à 2010 et concordent avec des événements économiques majeurs aux États-Unis et en Europe (sauvetage de Bear Stearns, faillite de Lehman Brothers, crise de la dette souveraine grecque). Cette concordance pourrait nous laisser croire que ce panel particulier a été mû principalement par la « contagion » ou la transmission de chocs financiers internationaux et non par des forces idiosyncrasiques aux pays visés. C'est d'ailleurs ce à quoi nous aurions pu nous attendre considérant la dispersion géographique et les différences fondamentales des économies des pays amalgamés. Le bris le plus important observé dans cette série survient à la veille du sauvetage de la banque américaine Bear Stearns, qui est considéré par plusieurs comme un prélude à la contagion internationale qui surviendra en septembre 2008.

Finalement, le panel regroupant l'ensemble des pays nous offre un portrait tout à fait différent de la situation financière internationale. La succession de bris les plus importants est démesurément concentrée sur la période 2011-2012. Ces chocs semblent liés directement à la crise souveraine européenne, ce qui fort probable étant donné la surreprésentation de pays se trouvant dans ou à proximité de la zone euro (14 des 30 pays en étant membre). D'ailleurs, le bris le plus significatif se situe au tout début de la crise de la dette souveraine grecque, alors que

le pays fait face à une première vague de décotes des agences de crédit et négocie son premier plan de sauvetage. Fait étonnant aussi, le troisième bris observé sur le panel (et le plus récent parmi les 10 principaux) coïncide exactement avec l'annonce du président de la Banque centrale européenne (BCE) Mario Draghi qu'il ferait « whatever it takes » pour sauver l'euro.

3.3 Validation hors échantillon

Finalemment, afin de vérifier la validité des résultats obtenus, il convient de comparer les résultats obtenus hors échantillon. Pour ce faire, nous choisissons un indice boursier représentatif de l'évolution des marchés planétaires, le MSCI All Country World Index (ACWI) (disponible sur Bloomberg), qui recense l'évolution de plus de 9000 titres répartis dans 45 pays tant développés qu'émergents. La figure 3 utilise les bris obtenus en appliquant la procédure au panel regroupant l'ensemble des pays pour illustrer graphiquement les différentes périodes déterminées. La moyenne et l'écart-type du MSCI ACWI sont ensuite calculés et illustrés.

En analysant le résultat obtenu, nous constatons que les bris constatés sur le panel regroupant tous les pays suivent assez fidèlement les différentes moyennes et variances de l'indice MSCI ACWI. Une période haussière allant jusqu'au début 2007 est suivie d'une phase de consolidation jusqu'au début 2008 et fait finalement place à une période d'incertitude à très forte volatilité, prélude à la crise de septembre 2008. Après une période où les places boursières mondiales atteignent des creux cycliques et une volatilité accrue, une période d'accalmie relative dans deux périodes successives entre la mi-2009 et 2011.

C'est d'ailleurs entre ces deux périodes ou le bris en moyenne et en variance concorde le moins bien avec l'indice MSCI ACWI. Ceci est probablement dû à la surreprésentation des pays européens dans l'échantillon (et en particulier des séries de taux de rendement actuariel de la dette souveraine), alors que ce bris coïncide exactement avec les débuts de la crise grecque (8 avril 2010). Nous pourrions conclure qu'à ce stade, la contagion n'avait pas encore frappé le reste de la planète. Notons tout de même la hausse observable de volatilité après le début de la crise grecque.

Une période marquée par un regain d'optimisme succède à ces deux périodes, enthousiasme qui sera déçu au milieu de l'été 2011 par les craintes de plus en plus grandes vis-à-vis de la situation d'autres pays de ce qu'on appelle la « périphérie » de la zone euro, notamment l'Espagne et l'Italie. La période d'instabilité prend fin suite à la démission du premier ministre italien Silvio Berlusconi et par la mise en place du programme de LTROs (long-term refinancing operations) de la Banque centrale européenne (BCE), offrant aux banques de la zone euro des prêts leur permettant de traverser la crise de liquidité. Un dernier soubresaut négatif de la crise de la zone euro survient à l'occasion de l'élection grecque 2012, qui ne fait pas de vainqueur de prime abord. La période d'incertitude est sévère, mais ne dure que quelques mois, alors que le président de la BCE Mario Draghi effectue sa désormais célèbre déclaration sur la survie de l'euro (voir plus haut).

Nous observons donc que l'indice MSCI ACWI suit fidèlement les démarcations établies par l'analyse effectuée sur le panel de données le plus vaste et international. La procédure décrite dans cet ouvrage étant essentiellement utile à l'analyse historique et ne décelant pas de relations particulières entre les séries temporelles hormis le changement simultané de régime, les résultats obtenus ne peuvent être comparés qu'à un récit bien établi des événements pour démontrer sa

puissance. Ce qu'elle accomplit efficacement à la lumière de l'analyse empirique effectuée ci-dessus.

4. Conclusion

L'élaboration d'une procédure efficace de multiples bris communs en variances et en moyennes des panels de séries temporelles est une extension naturelle des travaux de Bai (2010) et de nombreux prédécesseurs. Il offre une avenue potentielle de solution à un problème commun en sciences économiques, celles des changements de régime et donc des relations qui lient les variables les unes aux autres. Alors que la crise financière et la récession qui l'a suivie ont remis en question la validité de plusieurs modèles macro ou micro-économiques, il convient de se doter d'une méthode objective et efficace de déterminer la date précise où ces changements ont pu avoir lieu.

Cet ouvrage a proposé une méthode d'estimer séquentiellement des bris communs multiples pour un panel de données. Bien que d'autres tests de la puissance et de la fiabilité de la procédure s'imposent, il apparaît évident à l'analyse des résultats empiriques obtenus qu'elle offre une avenue intéressante d'investigation. De plus, cette méthode a l'avantage de pouvoir être étendue à des panels de tailles et de durées très disparates, ce qui lui permet d'avoir des applications concrètes dans plusieurs champs de recherche économique et financière. Nous pouvons penser notamment aux variations des taux de change à très court terme autant qu'à une analyse historique de données macroéconomiques sur plusieurs décennies.

Des extensions futures de ce modèle peuvent être envisagées, notamment pour des bris de relations linéaires simples ou encore des bris du 3^e ou du 4^e moment estimés d'une série. Dans le cas de bris multiples, toutefois, un des défis principaux demeure la sélection d'une procédure de sélection séquentielle des bris permettant de déterminer objectivement la magnitude et l'ordre des bris de façon objective, soit en utilisant plusieurs critères de sélection ou en élaborant une méthode unifiée permettant de classer la magnitude des bris potentiels.

Références

- Bai, J. (1997). Estimating multiple breaks one at a time. *Econometric Theory*, 13(03), 315-352.
- Bai, J. (2000). Vector Autoregressive models with structural changes in regression coefficients and variance-covariance matrices. *Annals of Economics and Finance*, 1(2), 301-336.
- Bai, J. (2010). Common breaks in means and variances for panel data. *Journal of Econometrics*, 157(1), 78-92.
- Bai, J., & Perron, P. (1998). Estimating and testing linear models with multiple structural changes. *Econometrica*, 47-78.
- Bai, J., & Perron, P. (2003). Critical values for multiple structural change tests. *The Econometrics Journal*, 6(1), 72-78.
- Caprio, G., & Klingebiel, D. (2002). Episodes of systemic and borderline banking crises. *Managing the Real and Fiscal Effects of Banking Crises, World Bank Discussion Paper*, (428), 31-49.
- Eichengreen, B., & Arteta, C. (2002). Banking crises in emerging markets: presumptions and evidence. *Financial policies in emerging markets*, 47-94.
- Fogel, R. W. (1966). The new economic history. *The Economic History Review*, 19(3), 642-656.
- Frydl, E. J. (1999). *The length and cost of banking crises*. International Monetary Fund.
- Gorton, G. B., Metrick, A., & Xie, L. (2010). *The Flight from Maturity*. Working paper, Yale School of Management. Dernière mise-à-jour: 4 septembre 2012.
- Kaminsky, G. L., & Reinhart, C. M. (1999). The twin crises: the causes of banking and balance-of-payments problems. *American economic review*, 473-500.
- Laeven, L., & Valencia, F. (2008). Systemic banking crises: a new database. *IMF Working Papers*, 1-78.
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances¹. *Contrib Prob Stat: Essays Honor Harold Hotel*, 2, 278.
- Reinhart, C. M., & Rogoff, K. S. (2008). *This time is different: A panoramic view of eight centuries of financial crises* (No. w13882). National Bureau of Economic Research.
- Reinhart, C. M., & Rogoff, K. S. (2008). *Banking crises: an equal opportunity menace* (No. w14587). National Bureau of Economic Research.
- Reinhart, C. M., & Rogoff, K. S. (2009). *This time is different: Eight centuries of financial folly*. Princeton University Press.

Annexes

Tableau 1 : Valeurs critiques I* pour intervalles de confiance, pour N séries

N	Niveau de confiance			N	Niveau de confiance			N	Niveau de confiance		
	90%	95%	99%		90%	95%	99%		90%	95%	99%
2	14	20	35	34	1	1	2	67	0	0	1
3	9	13	24	35	1	1	2	68	0	0	1
4	7	10	17	36	1	1	2	69	0	0	1
5	6	8	14	37	1	1	2	70	0	0	1
6	5	7	12	38	1	1	2	71	0	0	1
7	4	6	10	39	1	1	2	72	0	0	1
8	3	5	9	40	0	1	2	73	0	0	1
9	3	4	8	41	0	1	2	74	0	0	1
10	3	4	7	42	0	1	1	75	0	0	1
11	2	3	6	43	0	1	1	76	0	0	1
12	2	3	6	44	0	1	1	77	0	0	1
13	2	3	5	45	0	1	1	78	0	0	1
14	2	3	5	46	0	1	1	79	0	0	1
15	2	3	5	47	0	1	1	80	0	0	1
16	2	2	4	48	0	1	1	81	0	0	1
17	1	2	4	49	0	1	1	82	0	0	1
18	1	2	4	50	0	1	1	83	0	0	1
19	1	2	4	51	0	1	1	84	0	0	1
20	1	2	3	52	0	1	1	85	0	0	1
21	1	2	3	53	0	1	1	86	0	0	1
22	1	2	3	54	0	1	1	87	0	0	1
23	1	2	3	55	0	0	1	88	0	0	1
24	1	2	3	56	0	0	1	89	0	0	1
25	1	1	3	57	0	0	1	90	0	0	1
26	1	1	3	58	0	0	1	91	0	0	1
27	1	1	2	59	0	0	1	92	0	0	1
28	1	1	2	60	0	0	1	93	0	0	1
29	1	1	2	61	0	0	1	94	0	0	0
30	1	1	2	62	0	0	1	95	0	0	0
31	1	1	2	63	0	0	1	96	0	0	0
32	1	1	2	64	0	0	1	97	0	0	0
33	1	1	2	65	0	0	1	98	0	0	0
				66	0	0	1	99	0	0	0

Calculé à partir d'une simulation Monte Carlo avec 100 000 répétitions.

Tableau 2 : Simulations de la sensibilité de la procédure

ζ	Erreurs potentielles		Moyenne	# sim
	Type I	Type II	$\text{abs}(M^* - \hat{m})$	
95%	506	100	0.0662	5000
99%	433	59	0.0626	5000

Tableau 3 : Codes de référence Bloomberg

Pays	Rendement 2 ans	Rendement 5 ans	Rendement 10 ans	Indice Boursier
Allemagne	GTDEM2Y Corp	GTDEM5Y Corp	GTDEM10Y Corp	DAX Index
Autriche	GTATS2Y Corp	GTATS5Y Corp	GTATS10Y Corp	ATX Index
Belgique	GTBEF2Y Corp	GTBEF5Y Corp	GTBEF10Y Corp	BEL20 Index
Espagne	GTESP2Y Corp	GTESP5Y Corp	GTESP10Y Corp	IBEX Index
Finlande	GTFIM2Y Corp	GTFIM5Y Corp	GTFIM10Y Corp	HEX Index
France	GTRFR2Y Corp	GTRFR5Y Corp	GTRFR10Y Corp	CAC Index
Grèce	GTGRD2Y Corp	GTGRD5Y Corp	GTGRD10Y Corp	ASE Index
Irlande	GTIEP2Y Corp	GTIEP5Y Corp	GTIEP10Y Corp	ISEQ Index
Italie	GTITL2Y Corp	GTITL5Y Corp	GTITL10Y Corp	FTSEMIB Index
Pays-Bas	GTNLG2Y Corp	GTNLG5Y Corp	GTNLG10Y Corp	AEX Index
Portugal	GTPTE2Y Corp	GTPTE5Y Corp	GTPTE10Y Corp	PSI20 Index
Slovaquie	GTSKK2Y Corp	GTSKK5Y Corp	GTSKK10Y Corp	SKSM Index
Slovénie	GTSIT2Y Corp	GTSIT5Y Corp	GTSIT10Y Corp	SBITOP Index
Danemark	GTDKK2Y Corp	GTDKK5Y Corp	GTDKK10Y Corp	KFX Index
Norvège	GTNOK2Y Corp	GTNOK5Y Corp	GTNOK10Y Corp	OBX Index
Royaume-Uni	GTGBP2Y Corp	GTGBP5Y Corp	GTGBP10Y Corp	UKX Index
Suède	GTSEK2Y Corp	GTSEK5Y Corp	GTSEK10Y Corp	OMX Index
Suisse	GTCHF2Y Corp	GTCHF5Y Corp	GTCHF10Y Corp	SMI Index
Bulgarie	GTBGN2Y Corp	GTBGN5Y Corp	GTBGN10Y Corp	BG40IND Index
Hongrie	GTHUF2Y Corp	GTHUF5Y Corp	GTHUF10Y Corp	BUX Index
Lettonie	GTLVL2Y Corp	GTLVL5Y Corp	GTLVL10Y Corp	RIGSE Index
Lithuanie	GTLTL2Y Corp	GTLTL5Y Corp	GTLTL10Y Corp	VILSE Index
Pologne	GTPLN2Y Corp	GTPLN5Y Corp	GTPLN10Y Corp	WIG Index
République tchèque	GTCZK2Y Corp	GTCZK5Y Corp	GTCZK10Y Corp	PX Index
Roumanie	GTRON2Y Corp	GTRON5Y Corp	GTRON10Y Corp	BET Index
Australie	GTAUD2Y Corp	GTAUD5Y Corp	GTAUD10Y Corp	AS51 Index
Canada	GTCAD2Y Corp	GTCAD5Y Corp	GTCAD10Y Corp	SPTSX Index
États-Unis	GT2 Govt	GT5 Govt	GT10 Govt	SPX Index
Japon	GTJPY2Y Corp	GTJPY5Y Corp	GTJPY10Y Corp	NKY Index
Nouvelle-Zélande	GTNZD2Y Corp	GTNZD5Y Corp	GTNZD10Y Corp	NZSE50FG Index

Tableau 4 : Bris observés dans le panel empirique (ensemble des pays)

Bris #	Date	Intervalle -	Intervalle +	ψ	p
1	08/04/2010	08/04/2010	08/04/2010	0.363871	2.94E-72
2	03/08/2011	03/08/2011	03/08/2011	0.100367	3.21E-16
3	26/07/2012	26/07/2012	26/07/2012	0.034807	1.06E-10
4	02/03/2007	02/03/2007	02/03/2007	0.022465	1.09E-47
5	26/09/2008	26/09/2008	26/09/2008	0.444806	7.32E-29
6	24/07/2009	24/07/2009	24/07/2009	0.089662	2.40E-11
7	09/01/2008	09/01/2008	09/01/2008	0.040637	1.82E-08
8	14/11/2011	14/11/2011	14/11/2011	0.028368	0.00039337
9	03/05/2012	03/05/2012	03/05/2012	0.024301	0.000394302
10	18/01/2011	18/01/2011	18/01/2011	0.02458	5.93E-05
11	09/06/2011	09/06/2011	09/06/2011	0.018761	0.002625963
12	01/05/2009	01/05/2009	01/05/2009	0.018624	4.03E-06
13	28/11/2008	28/11/2008	28/11/2008	0.046643	0.000876705
14	27/01/2012	27/01/2012	27/01/2012	0.016079	0.000523262
15	06/06/2008	06/06/2008	06/06/2008	0.016011	0.018027392
16	30/09/2010	30/09/2010	30/09/2010	0.012777	0.000344919
17	04/05/2010	04/05/2010	04/05/2010	0.012423	0.013635879
18	10/12/2009	10/12/2009	10/12/2009	0.010354	0.000393028
19	16/10/2006	16/10/2006	17/10/2006	0.000958	2.71E-06
20	06/09/2012	06/09/2012	06/09/2012	0.01109	0.018518832
21	01/12/2010	01/12/2010	01/12/2010	0.010894	0.010211829
22	28/10/2008	28/10/2008	28/10/2008	0.010887	0.022537071
23	23/07/2007	23/07/2007	23/07/2007	0.009296	1.56E-05
24	22/05/2007	22/05/2007	22/05/2007	0.013537	0.000447442
25	17/02/2009	17/02/2009	17/02/2009	0.008948	8.07E-05
26	25/04/2006	25/04/2006	26/04/2006	0.000201	0.000122239
27	03/03/2008	03/03/2008	03/03/2008	0.008287	0.00025236
28	30/07/2008	30/07/2008	30/07/2008	0.010207	0.00339243
29	01/03/2010	01/03/2010	01/03/2010	0.002908	0.000438199
30	24/07/2006	24/07/2006	25/07/2006	9.61E-05	0.001471281
31	21/02/2006	21/02/2006	22/02/2006	0.000313	0.003400555
32	19/06/2007	19/06/2007	20/06/2007	0.00048	0.00606552
33	06/11/2007	06/11/2007	06/11/2007	0.006157	0.008711825
34	19/06/2009	19/06/2009	19/06/2009	0.000834	0.00942537
35	03/09/2008	03/09/2008	03/09/2008	0.004412	0.009612047
36	13/01/2009	13/01/2009	13/01/2009	0.004005	0.009987056
37	26/12/2006	26/12/2006	27/12/2006	0.000458	0.015496216
38	19/01/2010	19/01/2010	19/01/2010	0.003884	0.015620961
39	17/04/2008	17/04/2008	17/04/2008	0.005383	0.015828697
40	02/07/2012	02/07/2012	02/07/2012	0.010102	0.084349779

41	01/04/2009	01/04/2009	01/04/2009	0.010115	0.03546137
42	04/08/2010	04/08/2010	04/08/2010	0.008653	0.017624973
43	29/06/2010	29/06/2010	29/06/2010	0.002623	0.013830926
44	26/09/2007	26/09/2007	26/09/2007	0.000478	0.019020802
45	21/08/2006	21/08/2006	22/08/2006	2.40E-05	0.027610526
46	08/09/2010	08/09/2010	08/09/2010	0.001034	0.027702588
47	03/11/2010	03/11/2010	03/11/2010	0.003542	0.028262181
48	08/09/2009	08/09/2009	08/09/2009	0.007683	0.03031881
49	13/11/2009	13/11/2009	13/11/2009	0.001638	0.020186554
50	14/10/2009	14/10/2009	14/10/2009	0.001154	0.026170696
51	09/04/2007	09/04/2007	09/04/2007	0.006222	0.033427069
52	19/12/2011	19/12/2011	19/12/2011	0.009614	0.034973296
53	01/12/2006	01/12/2006	04/12/2006	4.64E-05	0.035922719
54	11/01/2012	11/01/2012	11/01/2012	0.001988	0.03601826
55	03/04/2012	03/04/2012	03/04/2012	0.008653	0.036280105
56	11/11/2008	11/11/2008	11/11/2008	0.010144	0.092043454
57	26/11/2012	26/11/2012	26/11/2012	0.007452	0.039836191
58	01/01/2010	01/01/2010	01/01/2010	0.000624	0.04072528
59	04/02/2008	04/02/2008	04/02/2008	0.000803	0.041009566
60	07/11/2006	07/11/2006	08/11/2006	1.10E-05	0.045055568
61	20/09/2006	20/09/2006	21/09/2006	2.13E-05	0.047903154
62	15/04/2011	15/04/2011	15/04/2011	0.010286	0.096805901
63	31/10/2011	31/10/2011	31/10/2011	0.004993	0.04896567

Procédure effectuée avec $\alpha = .01$, $\Omega = .05$ et $\zeta = 95\%$ et 99%

Intervalle+ et Intervalle- dénotent les bornes supérieures et inférieures des bris retenus.

Les chiffres en caractères gras dénotent que le critère a mené à la rétention du bris.

Tableau 5 : Bris communs observés dans le panel empirique (pays anglo-saxons)

Bris #	Date	Intervalle -	Intervalle +	ψ	p
1	03/10/2008	03/10/2008	03/10/2008	0.60792	2.72E-62
2	05/08/2011	05/08/2011	05/08/2011	0.381606	9.34E-14
3	02/10/2009	02/10/2009	02/10/2009	0.121852	9.26E-08
4	07/01/2008	07/01/2008	07/01/2008	0.096895	4.14E-04
5	13/12/2006	13/12/2006	13/12/2006	0.141971	1.20E-07
6	19/05/2010	19/05/2010	19/05/2010	0.088559	4.83E-12
7	21/05/2009	21/05/2009	21/05/2009	0.099089	1.24E-07
8	19/11/2008	19/11/2008	19/11/2008	0.11144	0.0386405
9	03/05/2012	03/05/2012	03/05/2012	0.104142	2.22E-09
10	01/12/2010	01/12/2010	01/12/2010	0.046181	2.54E-02
11	09/06/2011	09/06/2011	09/06/2011	0.051398	0.030553197
12	12/04/2007	12/04/2007	12/04/2007	0.048052	3.95E-11
13	05/04/2006	05/04/2006	05/04/2006	0.043448	1.40E-05
14	30/06/2008	30/06/2008	30/06/2008	0.04122	0.009373316
15	14/11/2011	14/11/2011	14/11/2011	0.039849	0.001437097
16	02/08/2010	02/08/2010	02/08/2010	0.03149	0.000361925
17	15/11/2007	15/11/2007	15/11/2007	0.030344	5.04E-05
18	21/05/2008	21/05/2008	21/05/2008	0.028989	0.026596309
19	13/08/2007	13/08/2007	13/08/2007	0.02821	3.43E-05
20	17/08/2006	17/08/2006	17/08/2006	0.02792	0.003839902
21	03/05/2011	03/05/2011	03/05/2011	0.022359	0.032504762
22	24/03/2009	24/03/2009	24/03/2009	0.023457	0.005076515
23	28/05/2007	28/05/2007	28/05/2007	0.022441	8.57E-04
24	13/08/2009	13/08/2009	13/08/2009	0.017573	0.001245425
25	10/02/2009	10/02/2009	10/02/2009	0.017313	2.17E-03
26	19/09/2007	19/09/2007	19/09/2007	0.015592	0.037669157
27	06/02/2012	06/02/2012	06/02/2012	0.010145	0.000131945
28	06/08/2008	06/08/2008	06/08/2008	0.04294	0.059746885
29	03/09/2008	03/09/2008	03/09/2008	0.014121	0.00897129
30	14/06/2006	14/06/2006	14/06/2006	1.05E-02	0.001559473
31	05/03/2010	05/03/2010	05/03/2010	0.032117	0.124908333
32	15/12/2008	15/12/2008	15/12/2008	0.030842	0.431499873
33	28/04/2009	28/04/2009	28/04/2009	0.017169	0.257346382
34	25/07/2007	25/07/2007	25/07/2007	0.012701	0.121850331
35	31/01/2011	31/01/2011	31/01/2011	0.010182	0.006967167
36	28/07/2011	28/07/2011	28/07/2011	0.0127	0.15584738
37	05/11/2008	05/11/2008	05/11/2008	0.010945	0.19004889
38	18/10/2007	18/10/2007	18/10/2007	0.010688	0.076839536
39	23/06/2010	23/06/2010	23/06/2010	0.010048	0.2734455
40	27/10/2006	27/10/2006	27/10/2006	0.010036	0.005929763

41	28/02/2008	28/02/2008	28/02/2008	0.010202	0.006116047
42	22/07/2009	22/07/2009	22/07/2009	0.012427	0.029637471
43	16/04/2008	16/04/2008	16/04/2008	0.027611	0.085917517
44	17/09/2010	17/09/2010	17/09/2010	0.010612	0.001560942
45	15/01/2009	15/01/2009	15/01/2009	1.09E-02	0.024300964
46	24/01/2006	24/01/2006	24/01/2006	0.01033	0.016241339
47	08/11/2010	08/11/2010	08/11/2010	0.033336	0.203260954
48	03/05/2010	03/05/2010	03/05/2010	0.012414	0.310371108
49	28/11/2008	28/11/2008	28/11/2008	0.012504	0.299172146
50	18/12/2009	18/12/2009	18/12/2009	0.010164	0.01973967
51	19/01/2010	19/01/2010	19/01/2010	0.010827	0.028310684
52	06/06/2008	06/06/2008	06/06/2008	0.012675	0.083507289
53	07/09/2012	07/09/2012	07/09/2012	7.57E-03	4.68E-05
54	02/08/2012	02/08/2012	02/08/2012	0.017789	0.013396633
55	10/01/2007	10/01/2007	10/01/2007	0.005256	0.001262628
56	29/05/2012	29/05/2012	29/05/2012	0.010125	0.267608636
57	12/03/2012	12/03/2012	12/03/2012	0.008349	0.005926018
58	23/02/2007	23/02/2007	23/02/2007	0.006856	0.012825165
59	08/07/2011	08/07/2011	08/07/2011	0.002953	0.022439152
60	12/05/2006	12/05/2006	12/05/2006	2.05E-03	0.023168367
61	23/01/2007	23/01/2007	23/01/2007	1.31E-03	0.024209173
62	12/07/2006	12/07/2006	12/07/2006	0.006351	0.026075364
63	20/05/2011	20/05/2011	20/05/2011	0.004015	0.033912034
64	01/07/2009	01/07/2009	01/07/2009	3.59E-03	0.037032684
65	09/10/2006	09/10/2006	09/10/2006	0.006132	0.047544065

Procédure effectuée avec $\alpha = .01$, $\Omega = .05$ et $\zeta = 95\%$ et 99%

Intervalle+ et Intervalle- dénotent les bornes supérieures et inférieures des bris retenus.

Les chiffres en caractères gras dénotent que le critère a mené à la rétention du bris.

Tableau 6 : Bris communs observés dans le panel empirique (États-Unis)

Bris #	Date	Intervalle -	Intervalle +	ψ	p
1	14/11/2007	14/11/2007	15/11/2007	0.656805	1.22E-36
2	03/08/2011	03/08/2011	04/08/2011	0.431044	1.98E-34
3	04/11/2008	04/11/2008	05/11/2008	0.388793	1.42E-05
4	03/10/2006	03/10/2006	04/10/2006	0.037184	6.29E-05
5	15/08/2007	15/08/2007	16/08/2007	0.042307	3.77E-03
6	03/01/2008	02/01/2008	07/01/2008	0.039854	9.02E-04
7	26/09/2008	26/09/2008	29/09/2008	0.055234	7.48E-04
8	03/05/2012	03/05/2012	04/05/2012	0.039257	2.25E-07
9	16/05/2007	15/05/2007	18/05/2007	0.01508	1.84E-06
10	16/06/2010	15/06/2010	18/06/2010	0.267889	2.60E-01
11	21/05/2009	21/05/2009	22/05/2009	0.291078	9.37E-05
12	07/12/2010	07/12/2010	08/12/2010	0.164992	2.73E-02
13	04/08/2010	04/08/2010	05/08/2010	0.02998	0.000759
14	27/01/2009	27/01/2009	28/01/2009	0.011616	5.43E-08
15	28/11/2008	28/11/2008	01/12/2008	0.054484	0.027632
16	23/04/2008	22/04/2008	25/04/2008	0.097463	0.143935
17	27/03/2006	27/03/2006	28/03/2006	0.114684	0.218762
18	24/01/2006	24/01/2006	25/01/2006	0.017915	0.01449
19	04/05/2011	04/05/2011	05/05/2011	0.097712	6.50E-02
20	28/08/2009	27/08/2009	01/09/2009	0.049583	0.225911
21	09/11/2009	05/11/2009	12/11/2009	0.020334	3.74E-07
22	17/05/2010	17/05/2010	18/05/2010	0.029561	0.001585
23	18/12/2009	18/12/2009	21/12/2009	0.028969	4.76E-03
24	01/02/2011	31/01/2011	03/02/2011	0.011209	0.000509
25	15/08/2006	15/08/2006	16/08/2006	0.046384	1.09E-01
26	25/07/2007	25/07/2007	26/07/2007	0.03092	0.246174
27	27/02/2008	26/02/2008	29/02/2008	0.030962	0.444775
28	18/10/2007	18/10/2007	19/10/2007	0.027777	0.117043
29	20/09/2010	17/09/2010	22/09/2010	0.010006	0.000159
30	11/11/2010	11/11/2010	12/11/2010	2.57E-02	0.49758
31	28/04/2009	28/04/2009	29/04/2009	0.024674	0.056876
32	31/03/2008	31/03/2008	01/04/2008	0.014806	0.483778
33	16/01/2008	16/01/2008	17/01/2008	0.011929	0.200479
34	31/05/2011	31/05/2011	01/06/2011	0.012202	0.070446
35	16/04/2007	16/04/2007	17/04/2007	0.003952	0.000134
36	13/11/2006	10/11/2006	15/11/2006	0.002468	0.002783
37	26/12/2006	21/12/2006	01/01/2007	0.007103	0.001072
38	23/02/2007	23/02/2007	26/02/2007	0.024273	0.476986

39	06/06/2008	05/06/2008	10/06/2008	0.001024	0.004094
40	14/08/2008	14/08/2008	15/08/2008	0.093493	0.57048
41	21/02/2011	18/02/2011	23/02/2011	0.010352	0.038196
42	25/06/2008	25/06/2008	26/06/2008	0.03039	0.403533
43	31/05/2007	30/05/2007	04/06/2007	0.010415	0.055576
44	03/09/2008	02/09/2008	05/09/2008	0.009564	0.006476
45	16/03/2010	12/03/2010	19/03/2010	1.02E-02	0.15379
46	14/01/2010	14/01/2010	15/01/2010	0.014095	0.037444
47	16/05/2006	15/05/2006	18/05/2006	0.010273	0.036915
48	27/07/2006	27/07/2006	28/07/2006	0.010637	0.00611
49	03/05/2010	03/05/2010	04/05/2010	0.026905	0.4417
50	20/09/2006	20/09/2006	21/09/2006	0.010541	0.354151
51	18/09/2008	18/09/2008	19/09/2008	0.004345	0.013433
52	22/07/2009	22/07/2009	23/07/2009	0.002231	0.017222
53	01/07/2009	01/07/2009	02/07/2009	1.77E-02	0.01162
54	04/06/2009	04/06/2009	05/06/2009	0.017477	0.195631
55	13/08/2009	13/08/2009	14/08/2009	0.010584	0.134157
56	22/06/2011	16/06/2011	29/06/2011	0.000893	0.024904
57	13/06/2006	13/06/2006	14/06/2006	0.009333	0.026081
58	02/02/2012	02/02/2012	03/02/2012	0.010389	0.139473
59	28/10/2011	28/10/2011	31/10/2011	0.026936	0.000182
60	12/03/2012	09/03/2012	14/03/2012	1.08E-02	4.45E-06
61	05/04/2012	05/04/2012	06/04/2012	1.87E-02	0.032971
62	06/10/2011	06/10/2011	07/10/2011	0.014655	0.221975
63	12/06/2009	12/06/2009	15/06/2009	0.010751	0.166987
64	15/04/2008	15/04/2008	16/04/2008	0.01028	0.280577
65	01/03/2006	01/03/2006	02/03/2006	1.02E-02	0.258252
66	09/01/2012	09/01/2012	10/01/2012	6.03E-03	0.022345
67	06/11/2007	06/11/2007	07/11/2007	0.010183	0.71809
68	16/11/2011	11/11/2011	22/11/2011	0.000591	0.031102
69	06/04/2006	06/04/2006	07/04/2006	0.008699	0.033904
70	17/01/2012	17/01/2012	18/01/2012	1.71E-04	0.039253

Tableau 7 : Tableau de correspondance des dates de bris (ensemble des pays)

Bris #	Date	Description
1	08/04/2010	Première panique de la dette souveraine grecque, premier plan de sauvetage, décote de FITCH
2	03/08/2011	Chute brutale des bourses, crise de la dette italienne et espagnole. Conférence de presse décevante de la BCE. Intervention de la Banque du Japon pour dévaluer le yen.
3	26/07/2012	Mario Draghi déclare que la BCE fera «whatever it takes» pour calmer la crise européenne
4	02/03/2007	Début de la période de volatilité pré-crise. Ben Bernanke déclare que Fannie Mae et Freddie Mac posent un «risque systémique»
5	26/09/2008	Faillite de Lehman Brothers et d'AIG. Le plan de sauvetage américain est défait au congrès le 29 septembre, chute la plus importante de l'histoire de l'indice Dow Jones
6	24/07/2009	Fin de la phase aiguë de la crise. Ben Bernanke déclare que la Federal Reserve «diminue» les mesures d'urgence mises en place pendant la crise.
7	09/01/2008	Première chute boursière importante, particulièrement des titres liés au marché hypothécaire américain (Countrywide, «monolines»)
8	14/11/2011	Extension du programme de <i>LTROs</i> de la Banque centrale européenne. Plan d'austérité italien, démission de Silvio Berlusconi et nomination de Mario Monti à la tête de l'Italie.
9	03/05/2012	Élection grecque, aucun parti n'obtient la majorité. Nouvel épisode de la crise européenne.
10	18/01/2011	Fin du marché boursier haussier, accalmie de la crise européenne.

Tableau 8 : Tableau de correspondance des dates de bris (pays anglo-saxons)

Bris #	Date	Description
1	03/10/2008	Rachat de Bear Stearns par JP Morgan Chase, avec l'aide de la Federal Reserve.
2	05/08/2011	Chute brutale des bourses, crise de la dette italienne et espagnole. Conférence de presse décevante de la BCE. Intervention de la Banque du Japon pour dévaluer le yen.
3	02/10/2009	Dévoilement du plan de stabilité américain, jugé décevant par les marchés. Phase chronique de la crise, l'indice S&P 500 atteint son plus bas niveau en plus de 10 ans le 9 mars.
4	07/01/2008	Première chute boursière importante, particulièrement des titres liés au marché hypothécaire américain (Countrywide, «monolines»)
5	13/12/2006	Début de la période de volatilité, premiers signes de difficulté du marché hypothécaire américain.
6	19/05/2010	Contagion de la crise grecque sur les places boursières internationales sur fond de mésentente politique en Europe.
7	21/05/2009	Fin de la phase aiguë de la crise financière.
8	19/11/2008	Mise en place du plan de sauvetage bancaire TARP aux États-Unis, sauvetage de Citigroup.
9	03/05/2012	Élection grecque, aucun parti n'obtient la majorité. Nouvel épisode de la crise européenne.
10	01/12/2010	Accalmie et reprise économique américaine, début d'une période boursière haussière.

Tableau 9 : Tableau de correspondance des dates de bris (États-Unis)

Bris #	Date	Description
1	14/11/2007	Les marchés boursiers américains chutent de leurs sommets alors que les banques commencent à reconnaître des pertes sur leur portefeuille hypothécaire
2	03/08/2011	Chute brutale des bourses, crise de la dette italienne et espagnole. Conférence de presse décevante de la BCE. Intervention de la Banque du Japon pour dévaluer le yen.
3	04/11/2008	La Federal Reserve injecte des liquidités sur les marchés, dernier rebond faible avant la capitulation
4	03/10/2006	Hausse de la volatilité sur les marchés financiers internationaux. Faillite et liquidation du <i>hedge fund</i> Amaranth Advisors à la fin septembre.
5	15/08/2007	Quasi-faillite de Countrywide Financial, la Federal Reserve réduit son taux directeur d'un demi-point pour calmer les marchés. Crise des PCAA au Canada
6	03/01/2008	Chute des marchés et hausse de la volatilité précèdent le sauvetage de Bear Stearns.
7	26/09/2008	Faillite de Lehman Brothers et d'AIG. Le plan de sauvetage américain est défait au congrès le 29 septembre, chute la plus importante de l'histoire de l'indice Dow Jones
8	03/05/2012	Élection grecque, aucun parti n'obtient la majorité. Nouvel épisode de la crise européenne.
9	16/05/2007	Hausse de la volatilité menant à la fermeture de deux fonds spéculatifs de Bear Stearns en juin.
10	16/06/2010	Crise de la dette souveraine grecque se propageant à travers les marchés financiers internationaux. Début des inquiétudes sur la dette souveraine espagnole.

Figure 1

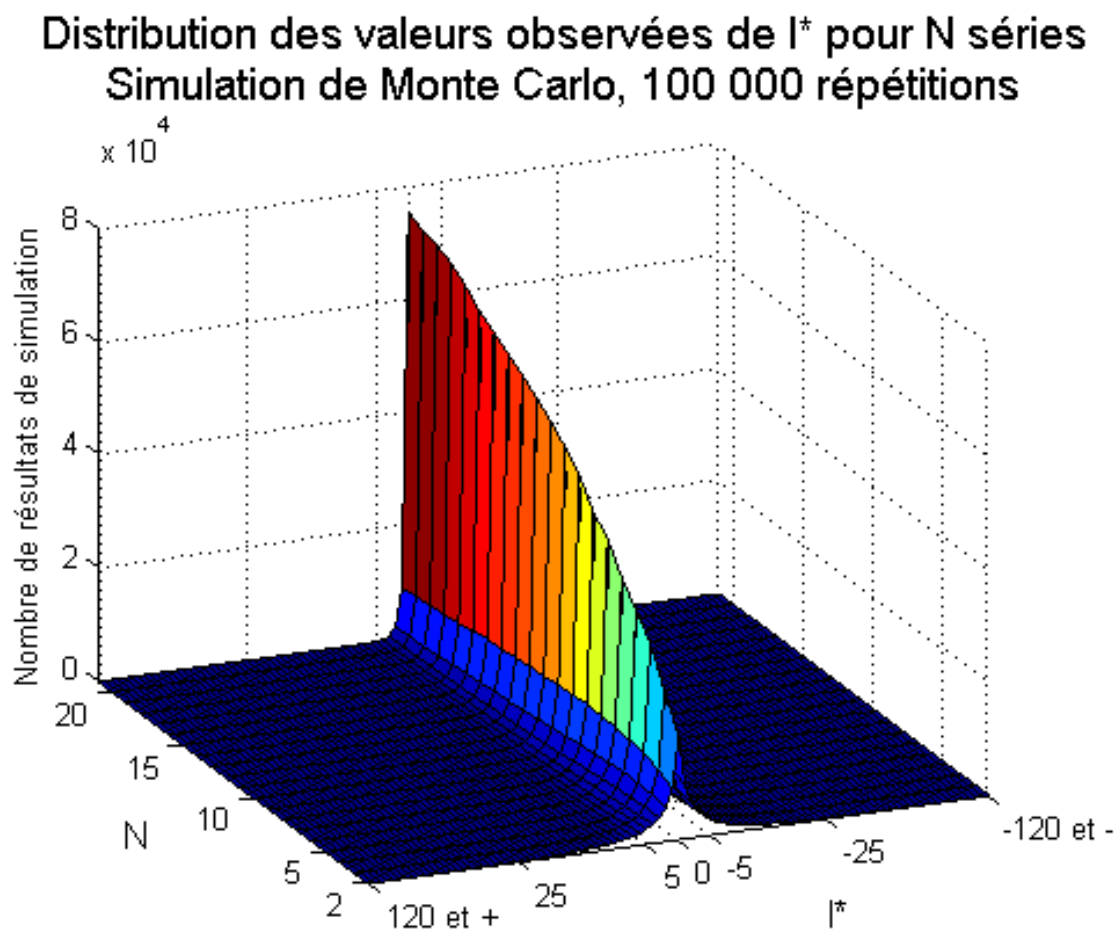


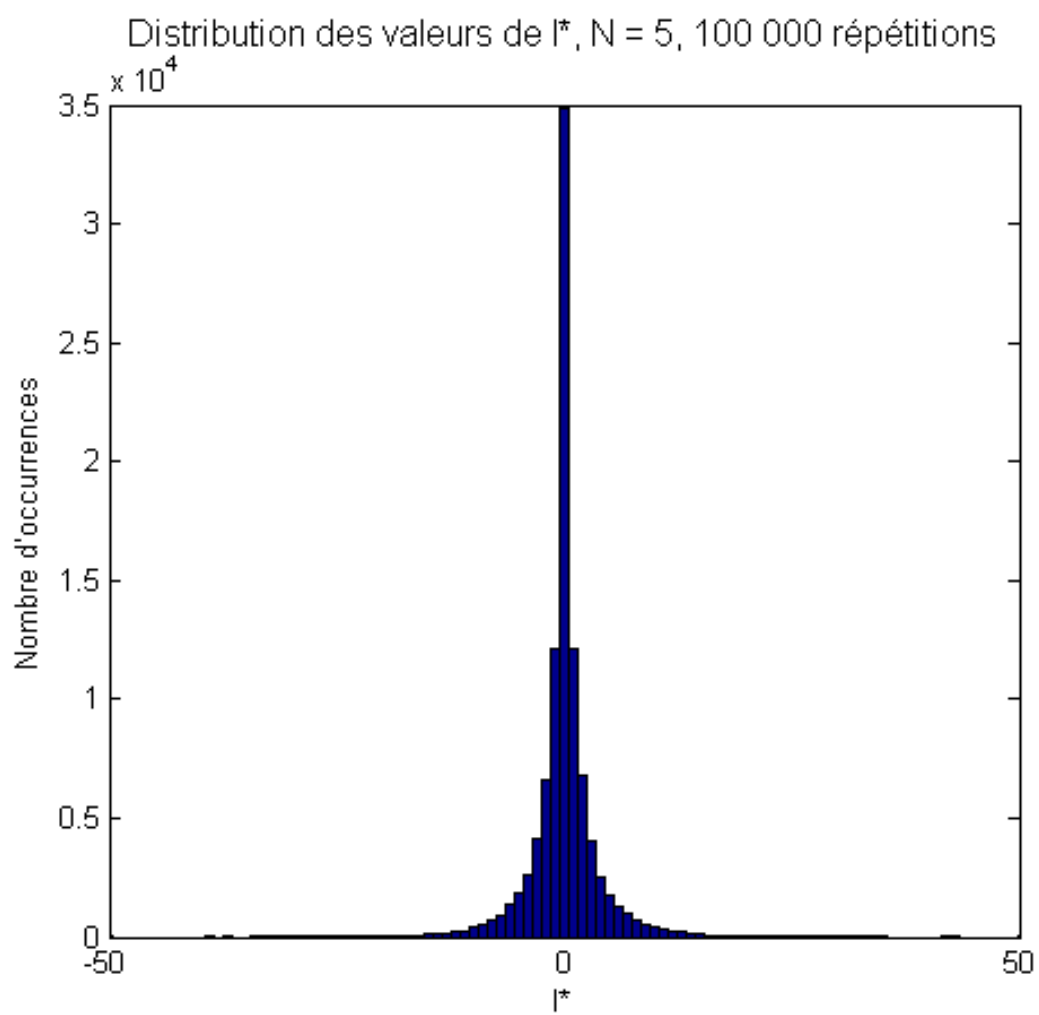
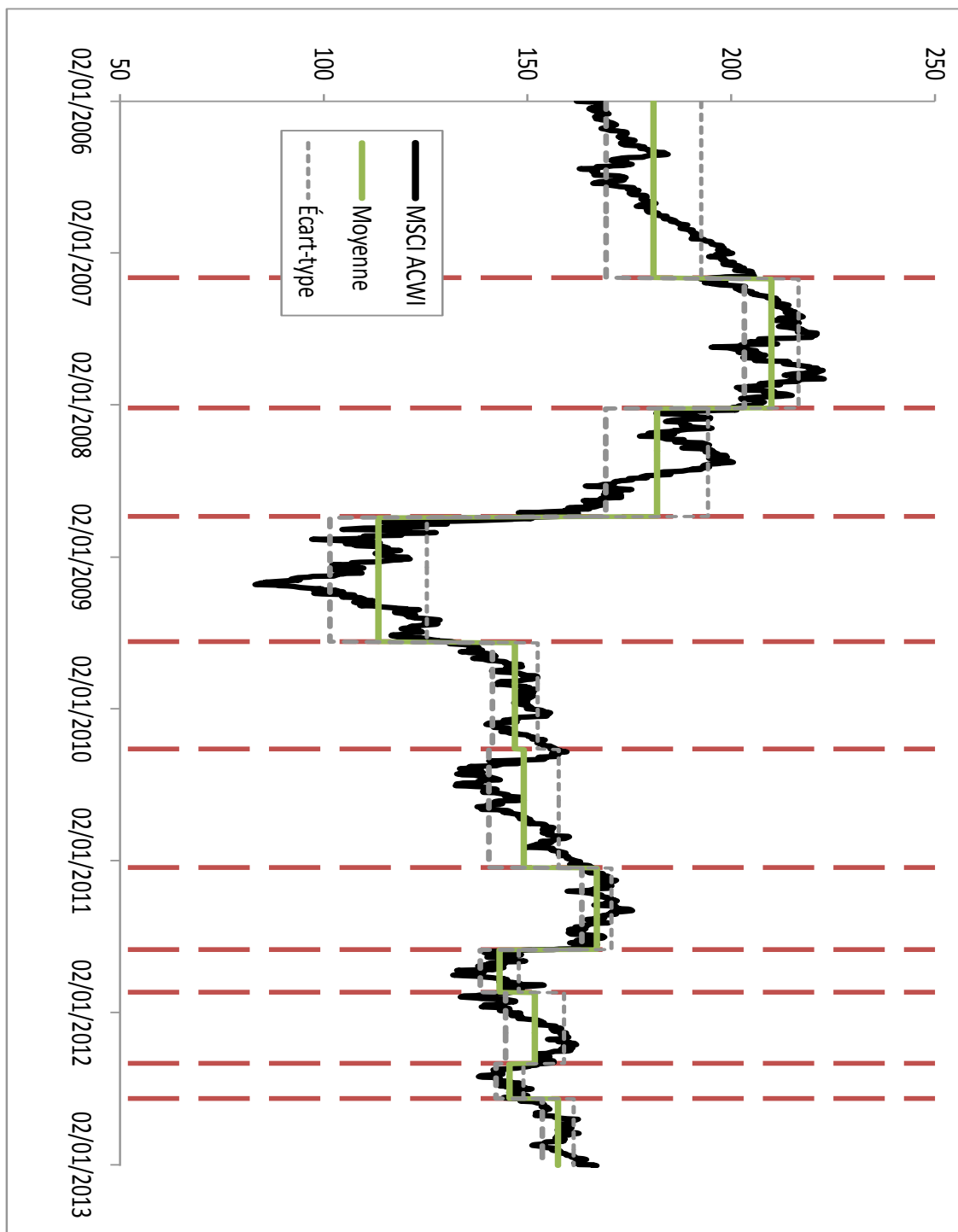
Figure 2

Figure 3 : Régimes et bris estimés par les dix premiers bris pour l'ensemble du panel



Série comparée : MSCI All Country World Index. Source : Bloomberg.