

HEC MONTRÉAL

**Les rendements des fonds de  
couverture sont-ils absolus?  
Une étude basée sur un modèle  
espace-état**

**Par**

**Nadim Amatouri**

**Sciences de la gestion  
(Économie financière appliquée)**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du  
grade de maîtrise ès sciences (M.Sc.)*

Janvier 2011

© Amatouri, 2011



# Remerciements

Je voudrais commencer par remercier Pierre Laroche pour m'avoir aidé, à travers ce mémoire, à donner le meilleur de moi-même. Je lui suis particulièrement reconnaissant pour sa disponibilité, et pour les efforts qu'il a investi dans ce travail. C'est une chance mais surtout un réel plaisir de travailler avec lui.

Je voudrais également remercier Bruno Rémillard et Tolga Cenesizoglu qui furent très généreux de leur temps. Leurs directives m'ont permis de me familiariser avec une série de nouvelles notions et de développer mes connaissances sur un sujet qui me passionne. La qualité de leur encadrement est d'une grande valeur ajoutée à ce travail.

Je remercie mes parents, ma soeur et mes frères pour l'appui et la confiance inconditionnels dont ils ont toujours fait preuve à mon égard.

Je remercie aussi ma copine pour son soutien et lui suis reconnaissant pour l'attention qu'elle a porté à ce travail.

Enfin, un grand merci à l'équipe d'Innocap pour sa générosité en terme de données et de support logistique.

# Sommaire

Tandis que les gestionnaires traditionnels offrent des rendements relatifs à la performance des différents marchés financiers traditionnels, les fonds de couverture clament leur capacité à générer des rendements absolus. C'est ainsi que les investissements dans les fonds de couverture ont connu une croissance phénoménale depuis le début des années 90, période à laquelle ils furent lancés. Ces fonds sont largement moins régulés que les autres types de fonds, et disposent d'une panoplie d'outils plus sophistiqués tels que l'utilisation de l'effet de levier, des prises de positions courtes ainsi que l'incorporation de produits dérivés dans leurs portefeuilles d'investissement.

Ce mémoire a pour but d'examiner le caractère absolu des rendements de vingt-trois stratégies de fonds de couverture. Si la performance de ces fonds est véritablement indépendante de celle des différents marchés financiers, alors ceux-ci devraient présenter un profil rendement-risque-corrélation identique quelque soit le régime de marché.

Dans un premier temps, notre méthode d'analyse se base sur la construction d'un modèle de Markov caché à travers les séries de rendement de six marchés financiers, afin d'y analyser dans un deuxième temps, la performance et les caractéristiques des différentes stratégies de fonds de couverture. Ce cadre d'analyse nous paraît être particulièrement approprié pour une étude de performance des fonds de couverture, d'autant plus que leurs rendements sont de nature non-linéaire.

Nous parvenons d'abord à discerner deux régimes de marché inférés par les rendements observés sur les marchés financiers considérés. Notre étude se poursuit par l'identification de onze stratégies de fonds de couverture présentant une distribution de rendements différente dans chacun des deux états du modèle. Selon trois ratios de mesure de performance, ces stratégies performant nettement mieux dans un état en particulier, avec en tête de liste, les fonds « relative value » et « equity hedge ».

Ce mémoire aboutit ainsi à la conclusion que la performance des fonds de couverture est positivement reliée à celle des marchés financiers.

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>i</b>
<b>Sommaire</b>	<b>ii</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2 Revue de littérature</b>	<b>4</b>
2.1 Modèles espace-état . . . . .	4
2.2 Modèles de Markov Cachés . . . . .	6
2.3 Littérature sur les fonds de couverture . . . . .	9
<b>3 Présentation des données utilisées</b>	<b>14</b>
<b>4 Analyse préliminaire des fonds de couverture</b>	<b>19</b>
4.1 Analyse descriptive des fonds de couverture . . . . .	19
4.1.1 Corrélations avec les marchés financiers . . . . .	19
4.1.2 Corrélations inter-stratégies . . . . .	22
4.1.3 Analyse statistique . . . . .	25
4.2 Mesure de performance des fonds de couverture . . . . .	29
4.2.1 Présentation des ratios de performance . . . . .	29
4.2.2 Analyse de performance . . . . .	31
<b>5 Définition du modèle espace-état</b>	<b>35</b>
5.1 Application du Modèle de Markov Caché . . . . .	35

---

5.2	Identification des états . . . . .	39
<b>6</b>	<b>Analyse des fonds de couverture dans le modèle espace-état</b>	<b>45</b>
6.1	Identification des stratégies hétérogènes . . . . .	45
6.1.1	Test d'égalité des moyennes . . . . .	45
6.1.2	Test de Kolmogorov-Smirnov . . . . .	46
6.2	Analyse de performance par état . . . . .	48
6.3	Analyse statistique par état . . . . .	52
6.3.1	Etat 1 . . . . .	52
6.3.2	Etat 2 . . . . .	57
<b>7</b>	<b>Conclusion</b>	<b>61</b>

# Liste des tableaux

4.1	Corrélations entre les stratégies de fonds de couverture et les indices financiers (1/2) . . . . .	20
4.2	Corrélations entre les stratégies de fonds de couverture et les indices financiers (2/2) . . . . .	21
4.3	Corrélations entre les différentes stratégies de fonds de couverture (1/2) . . . . .	23
4.4	Corrélations entre les différentes stratégies de fonds de couverture(2/2) . . . . .	24
4.5	Statistiques des rendements mensuels des différentes stratégies (1/2)	26
4.6	Statistiques des rendements mensuels des différentes stratégies (2/2)	27
4.7	Classement par moments des différentes stratégies . . . . .	28
4.8	Ratios de performance des stratégies de fonds de couverture (1/2)	32
4.9	Ratios de performance des stratégies de fonds de couverture (2/2)	33
4.10	Classement par ratio des différentes stratégies . . . . .	34
5.1	Rendements moyens à l'état 1 . . . . .	39
5.2	Matrice de covariance à l'état 1 . . . . .	40
5.3	Rendements moyens à l'état 2 . . . . .	40
5.4	Matrice de covariance à l'état 2 . . . . .	41
5.5	Matrice de transition . . . . .	41
6.1	Résultats des tests effectués . . . . .	47
6.2	Ratios de performance à l'état 1 . . . . .	50
6.3	Ratios de performance à l'état 2 . . . . .	51

6.4	Statistiques des rendements mensuels à l'état 1 . . . . .	54
6.5	Corrélations à l'état 1 . . . . .	56
6.6	Statistiques des rendements mensuels à l'état 2 . . . . .	58
6.7	Corrélations à l'état 2 . . . . .	60

# Table des figures

5.1	Succession des états dans le temps . . . . .	41
5.2	Indice d'aversion au risque : Facteur extrait par ACP . . . . .	42
5.3	Indice de risque de crédit : US00O/N - USGG10YR . . . . .	43
5.4	Indice de volatilité : VIX . . . . .	43
6.1	Distributions empiriques à l'état 1 (1/2) . . . . .	55
6.2	Distributions empiriques à l'état 1 (2/2) . . . . .	55
6.3	Distributions empiriques à l'état 2 (1/2) . . . . .	59
6.4	Distributions empiriques à l'état 2 (2/2) . . . . .	59

# Chapitre 1

## Introduction

Depuis le début des années 90, les fonds alternatifs, et notamment les fonds de couverture, suscitent l'engouement des investisseurs institutionnels et individuels fortunés, ainsi que celui du reste des investisseurs à travers la création plus récente des ETF (« Exchange Traded Funds »). En effet, la taille des actifs sous gestion dans l'industrie des fonds de couverture est passée de 40 milliards de dollars en 1990 à 750 milliards de dollars en 2004 à plus de 1500 milliards en 2009 pour en arriver à plus de 2000 milliards en 2010.

Un fonds de couverture est un portefeuille d'actifs financiers offrant un rendement absolu - c'est-à-dire décorrélé des rendements sur les marchés financiers - ainsi qu'un meilleur contrôle du risque baissier que les gestionnaires de portefeuille traditionnels. Ces fonds incorporent des outils tels que l'effet de levier et la vente à découvert, ainsi qu'une grande variété d'actifs financiers, des plus banals (actions, bonds du trésor) aux plus sophistiqués tels que les produits dérivés (à des fins de spéculation ou de couverture). Par ailleurs, ces fonds sont assujettis à peu de réglementation en terme d'exposition sur produits dérivés, de compensation des gestionnaires et de transparence et sont répartis en quatre grandes classes, dépendamment de la stratégie suivie dans leurs investissements. Nous retrouvons ainsi les fonds « equity hedge », « event driven », « macro » et « relative value ».

Le but de ce mémoire est de répondre à la question suivante : Dans quelle mesure la performance des différentes stratégies de fonds de couverture dépend-elle de l'état des marchés financiers ?

Cette relation est concrètement étudiée grâce à l'application d'un Modèle de Markov Caché, qui se veut donc être une représentation agrégée d'un état de la nature commun aux principaux marchés financiers. Plus précisément, nous examinons dans quelle mesure les rendements d'indices représentatifs des principaux marchés financiers seraient influents sur la performance des différentes stratégies de fonds de couverture.

Nous parvenons ensuite à repérer les stratégies de fonds de couverture les plus intéressantes, dépendamment du régime de marché.

Dans notre quête de répondre à la problématique, nous définissons d'abord un cadre d'analyse dans lequel l'étude de performance des stratégies de fonds de couverture est ensuite réalisée. Plus précisément, nous parvenons à définir un espace à deux états, construit grâce à l'application d'un modèle de Markov caché sur l'information contenue dans divers marchés financiers. L'un de ces deux états, caractérisé par une croissance générale et une faible volatilité sur les marchés financiers, s'avère être largement plus favorable à une bonne performance des fonds de couverture, par rapport au second état du modèle.

La méthodologie que nous choisissons d'appliquer est intéressante pour plusieurs raisons : premièrement, la constitution de l'espace d'analyse ne se limite pas à l'information contenue dans un indice en particulier, tel que le VIX par exemple. Deuxièmement, le choix de deux états  $y$  est effectué par le biais d'un test statistique, non pas de façon arbitraire. Troisièmement, il nous est possible d'identifier la probabilité que les marchés se trouvent, à tout moment, dans l'un ou l'autre des deux états conjoncturels. Quatrièmement, l'espace-état ainsi construit s'avère être un cadre d'analyse adéquat à l'étude de rendements de fonds de couverture, vu la nature non-linéaire de leurs rendements.

Nous estimons dans les faits, qu'il existe divers signaux à capter à travers ces différents marchés. Pour cela, afin d'identifier les états, nous choisissons de bâtir notre espace-état à partir de l'information contenue dans six indices financiers, soient ceux des fonds propres, des titres obligataires, des matières premières,

du dollar américain ainsi que les rendements sur les fonds fédéraux. En nous appuyant sur une analyse des caractéristiques statistiques des six indices financiers considérés, nous parvenons à comprendre et qualifier intuitivement chacun des deux états du modèle.

Enfin, l'étude de performance des fonds de couverture est effectuée non seulement par le biais du ratio de Sharpe ajusté pour les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement, mais aussi grâce à ceux de Sortino et Oméga. La distribution des rendements de fonds de couverture n'est généralement pas Gaussienne, tel que nous le confirme le test de Cramér-Von Mises - décrit au chapitre 5 - appliqué pour un seul régime. Pour cela, ces ratios sont adéquats pour l'étude de performance de ces fonds, dans le sens où ils tiennent compte de caractéristiques de distribution débordant du cadre classique d'analyse du profil rendement-risque appliqué aux actifs financiers en général.

Le chapitre 2 présente une revue de littérature portant sur les principaux articles desquels s'inspire notre démarche. Le chapitre 3 comprend une présentation des données utilisées. Le chapitre 4 consiste en une analyse descriptive des différentes stratégies de fonds de couverture. Le chapitre 5 illustre l'application du Modèle de Markov Caché pour la construction du modèle espace-état. Le chapitre 6 consiste en une analyse de performance des différentes stratégies de fonds de couverture, dans le cadre d'analyse construit au chapitre précédent. Enfin, le chapitre 7 renferme les conclusions du travail de recherche.

# Chapitre 2

## Revue de littérature

En guise d'introduction au modèle de Markov caché, nous présentons d'abord la structure générale des modèles espace-état. Nous poursuivons avec une série d'applications de ce modèle dans différents buts. Nous terminons par un aperçu sur divers travaux de recherche touchant aux fonds de couverture.

### 2.1 Modèles espace-état

Le modèle espace-état procure un environnement adéquat et avantageux pour la détection et l'analyse de facteurs, à priori inobservables, étant à la base d'une certaine covariance entre différentes séries temporelles d'intérêt. Lemoine et Pelgrin (2003) soulignent trois principaux avantages : Premièrement, il n'est pas nécessaire de se préoccuper de la stationnarité des séries dans ce type de modèle. Deuxièmement, de façon générale, les bruits ne doivent pas nécessairement y être supposés comme suivant une distribution gaussienne. Troisièmement, les matrices et vecteurs jouant le rôle de coefficients dans le système d'équation ci-dessous, peuvent être supposés comme étant statiques ou dynamiques au cours de la période d'estimation.

Voici en guise d'introduction, le système d'équations et les caractéristiques propres aux modèles espace-état, selon Harvey (1989).

- L'équation linéaire de mesure reflétant la relation dans le temps  $t$ , déterminée par la matrice  $Z_t$  de dimension  $(N \times m)$ , entre le vecteur-signal  $Y_t$  comportant les  $N$  variables observées et le vecteur d'état  $\gamma_t$  regroupant  $m$  facteurs latents :

$$Y_t = Z_t \cdot \gamma_t + d_t + \epsilon_t ; \quad \text{avec } t = 1, \dots, n \quad (2.1)$$

- L'équation linéaire de transition, où le vecteur de facteurs latents  $\gamma_t$  est généré par un processus Markovien de premier ordre par le biais de la matrice de transition  $T_t$  de dimension  $(m \times m)$  :

$$\gamma_t = T_t \cdot \gamma_{t-1} + c_t + \nu_t ; \quad \text{avec } t = 1, \dots, n \quad (2.2)$$

- Le vecteur d'état initial  $\gamma_0$  de moyenne  $a_0$  et de variance  $P_0$  :

$$E(\gamma_0) = a_0 \quad \text{et} \quad Var(\gamma_0) = P_0 \quad (2.3)$$

- Les innovations bruits blancs de mesure  $\epsilon_t$  et de transition  $\nu_t$ , sont de matrices de covariance  $H_t$  et  $Q_t$ . Celle-ci sont, en tout temps, non-corrélées entre elles et non-corrélées avec l'état initial. Pour  $s$  et  $t = 1, \dots, n$  :

$$E(\epsilon_t) = E(\nu_t) = 0 \quad (2.4)$$

$$Var(\epsilon_t) = H_t \quad \text{et} \quad Var(\nu_t) = Q_t \quad (2.5)$$

$$E(\epsilon_t \cdot \nu_s') = E(\epsilon_t \cdot \gamma_0') = E(\nu_t \cdot \gamma_0') = 0 \quad (2.6)$$

Notons que les vecteurs  $d_t$  et  $c_t$  sont des variables exogènes (ou prédéterminées) pouvant être supprimées du modèle.

En appliquant des tests statistiques, une série pourrait ne pas sembler être Gaussienne sur l'ensemble de la période d'observation. En appliquant un modèle de Markov caché sur cette série, nous faisons l'hypothèse qu'il existe, pour cette série, plusieurs états non observables, Gaussiens de nature, qui dictent sa

distribution. En d'autres termes, ce modèle suppose que cette série est distribuée différemment à travers les différents états de la nature. Ainsi, d'une part, l'équation de mesure de ce modèle n'est autre que la relation entre le signal observé (soit la série elle-même) et les différents états, dans chacun desquels la série observée suit une distribution Gaussienne. D'autre part, l'équation de transition consiste en la probabilité de passage d'un état à un autre. Celle-ci est supposée Markovienne, dans le sens où les probabilités de transition au temps  $t$  ne dépendent que de l'information au temps  $t - 1$ .

## 2.2 Modèles de Markov Cachés

Le modèle de Markov caché fut introduit pour la première fois par Baum *et al.* (1970). L'une des premières applications de ce genre de modèle fut effectuée dans le domaine de la reconnaissance vocale, par Poritz (1982), Juang et Rabiner (1985) et Rabiner (1989).

Certaines séries temporelles ne parviennent pas à être modélisées correctement par des équations linéaires. Elles tendent plutôt à se comporter de diverses façons au cours de la période étudiée, dans le sens où leur dynamique (en termes de moyenne, variance et autocorrélation), dépend de l'état (ou régime) dans lequel elles se trouvent au moment de l'observation. Le passage d'un état à un autre est aléatoire. Les modèles nécessaires pour capter ce genre de dynamique sont considérés comme étant non-linéaires, même si la relation est linéaire à l'intérieur de chacun des régimes.

Les modèles de Markov cachés (MMC) sont justement un cas particulier de ce genre de modèles. Ils attribuent un processus Markovien au comportement de la variable étudiée, dans le sens où la probabilité de changement de régime à l'instant  $t$  ne dépend que de l'information à  $t - 1$ . Tel que le nom du modèle l'indique, les régimes ne sont pas observables. Ils sont par contre induits grâce à des variables d'observation.

Hardy (2001) applique un MMC unidimensionnel à deux états sur les séries de rendements mensuels de chacun des indices TSE 300 et S&P 500, sur la période allant de 1956 à 1999. Bien que le modèle log-normal utilisé à premier abord

puisse modéliser efficacement ces deux séries, il échoue à souligner les séquences de variation de l'ampleur de la volatilité observables à l'œil nu sur les graphes de ces rendements. Justement, ces séquences sont intuitivement à la base du concept de changement de régimes, et justifient la supériorité du MMC sur le modèle log-normal. Il est important de garder à l'esprit que dans ce genre de modèle, à tout instant, la probabilité de changement de régime à la période suivante dépend de l'état inhérent à l'instant présent. Les paramètres du MMC englobent les deux premiers moments de la distribution des rendements pour chaque régime, ainsi que la matrice de transition qui indique la probabilité de passer d'un état à l'autre, en l'espace d'une période. Ceux-ci sont estimés par une maximisation de la fonction de vraisemblance des rendements observés, construite à partir des probabilités de transition ainsi que des fonctions de densité conditionnelles élaborées de manière récursive. L'auteur compare ensuite ce modèle avec d'autres modèles (autorégressifs avec changement de régimes) en terme de vraisemblance et de critères Akaike et Schwartz-Bayes, pour ce qui est du nombre de paramètres à intégrer dans le modèle. Finalement, elle extrait une formule d'évaluation d'options européennes.

L'une des subtilités de ce genre de modèle (notamment dans le cas du présent mémoire) est l'endogénéité du nombre d'états, puisqu'il est possible de tester la modélisation de variables via des MMC à différents états. Toutefois, la comparaison de ces modèles entre eux s'annonce, dans un premier temps, ardue. En effet, Hamilton (2005) souligne l'inefficacité du test du ratio de vraisemblance (normalement populaire pour comparer deux méthodes de prévision) entre deux modèles à différents états. Il souligne toutefois des alternatives telles que le test proposé par Carrasco *et al.* (2004) ainsi que des méthodes de type Bayésien pour le choix du nombre optimal d'états à considérer. Dans ce papier, Hamilton justifie l'utilisation de tels modèles, par des changements abruptes et périodiques, révélés par l'observation de l'évolution de séries financières dans le temps. Dans les faits, de tels changements peuvent être justifiés par des effets externes, tels que des chocs monétaires, ou bien par la conjoncture économique. Un modèle de Markov ne se soucie pas de la cause véritable de tels changements, mais plutôt d'identifier l'état intrinsèque dans lequel se trouve la variable étudiée, à un instant précis. L'auteur illustre, en guise d'exemple,

un MMC autorégressif à deux états. Il révèle également la méthode itérative permettant la construction d'une fonction de vraisemblance, dont la maximisation permet l'estimation du vecteur des paramètres des différents états du modèle. Enfin, il insiste sur l'importance des valeurs attribuées aux probabilités de distribution initiale pour chaque état du modèle.

Dionne *et al.* (2007) se concentrent sur l'élaboration d'un modèle d'estimation de la volatilité des écarts de taux sur les titres de dettes corporatifs. Ce modèle incorpore entre autres, l'effet de changement de régime au niveau de ces écarts de taux. L'étude révèle la présence de deux états, l'un à forte volatilité et le second à faible volatilité. Les auteurs observent des écarts de taux plus élevés en moyenne pour les titres de mauvaise qualité que pour les titres de bonne qualité, dans l'état de haute volatilité. Enfin, ils révèlent une certaine relation, pour les titres de faible qualité, entre leurs régimes et le cycle économique.

Billio *et al.* (2006) étudient l'exposition dynamique de huit stratégies de fonds de couverture aux facteurs de risques incorporés dans des indices financiers. Les auteurs justifient l'utilisation d'un modèle avec changement de régimes, d'abord par l'effet de contagion généralement observé en temps de crise financière (dans le sens où les rendements de différentes classes d'actifs tendent à devenir fortement corrélés entre eux en situation de détresse sur les marchés financiers), ensuite par le style de gestion dynamique des gestionnaires de ces fonds et enfin par l'utilisation de produits dérivés qui affichent une relation généralement non linéaire avec leurs sous-jacents.

L'une des forces du modèle utilisé est sa flexibilité pour intégrer des facteurs linéaires ou pas. L'exposition des huit stratégies de fonds de couvertures à différents facteurs de risques y est étudiée à travers trois modèles — ceux-ci diffèrent entre eux au niveau de la linéarité de la relation facteurs-fonds de couverture, et de la dépendance des paramètres vis-à-vis du régime non-observable. Les auteurs soulignent le fait que l'hypothèse de non-linéarité de la relation facteurs-fonds de couverture permet d'observer des différences statistiquement significatives dans les expositions conditionnelles aux régimes du modèle. Autrement dit, les stratégies tendent à être différemment exposées aux facteurs de risque à travers les trois régimes, notamment entre ceux de crise et de croissance.

L'endogénéité du nombre d'états joue un rôle critique dans ce type de modèle. Le choix du nombre d'états à considérer dans un MMC est primordial, puisqu'il est à la base de toute déduction éventuelle sur les différences de comportement d'une certaine série, d'un état à un autre. Ce choix ne saurait donc être fait de manière arbitraire ou intuitive, sans compromettre la fiabilité du modèle et des conclusions tirées. C'est pourquoi nous basons la construction du MMC sur la méthodologie appliquée par Rémillard *et al.* (2010) pour définir l'espace-état, au sein duquel les caractéristiques des différentes stratégies de fonds de couverture sont examinées.

Cette étude porte sur l'évaluation et les stratégies de couverture dynamique d'actifs dont les rendements peuvent être modélisés par un modèle de marche aléatoire avec changement de régimes. Tel qu'expliqué par la suite, ce n'est pas tant le but de cette étude que la méthodologie de modélisation des rendements qui y est élaborée, qui suscite notre intérêt, et sur laquelle nous porterons particulièrement notre attention.

## 2.3 Littérature sur les fonds de couverture

Dans leur quête de fournir des rendements absolus, les gestionnaires de fonds alternatifs utilisent des styles de gestion dynamique dont les outils consistent entre autres en des positions courtes, du levier financier ainsi que des produits dérivés. Fung et Hsieh (1997) proposent ainsi une amélioration du modèle de Sharpe (1992) pour l'analyse de différents types de fonds, en y ajoutant les facteurs de style de gestion et d'utilisation du levier financier au critère de catégorie d'actifs dont tient compte le modèle de Sharpe (1992). Ce travail de recherche a pour but d'évaluer non seulement les gestionnaires traditionnels offrant des taux de rendements relatifs au contexte économique et financier, mais aussi les gestionnaires de fonds alternatifs dont les différents styles de gestion procurent des rendements censés être absolus et décorrélés des actifs financiers traditionnels, grâce selon les auteurs, à l'utilisation des deux facteurs ajoutés au modèle de Sharpe (1992). Selon cette étude, les styles de gestion dynamique ne parviennent à offrir leurs rendements absolus qu'au prix de risques inexis-

tants dans les styles de gestion plus statique. Les auteurs font d'abord allusion à une plus grande complexité de la construction d'un portefeuille dans un fonds alternatif qui devrait tenir compte en quelque sorte de la fonction d'utilité des investisseurs. Par ailleurs, les auteurs soulignent le fait qu'une diversification des styles de gestion dans un portefeuille de fonds alternatifs, ne soustrait pas nécessairement le risque de marché inhérent à ce portefeuille. Ceci introduit donc le phénomène de contagion, qui fait partie intégrante de notre analyse des régimes de marché.

Fung et Hsieh (2001) se concentrent sur la réplication des rendements de fonds de couverture. Vu l'incapacité de modèles à facteurs linéaires à remplir cette tâche, les auteurs modélisent les rendements de fonds de couverture à l'aide d'options. Plus précisément, ils se concentrent sur le style « trend following », fortement dominant chez les CTA (« Commodity Trading Advisor »). La modélisation des rendements de ces fonds est effectuée via la stratégie d'options « lookback straddle », qui consiste à acheter le sous-jacent au plus bas et le vendre au pic, ce qui est en quelque sorte le but du style « trend following ». Les auteurs constatent que cette stratégie d'options incorpore des caractéristiques intrinsèques à la stratégie « trend following ». Effectivement, ces deux stratégies présentent une asymétrie positive, et profitent de la volatilité sur les marchés des fonds propres ainsi que des scénarios extrêmes sur les marchés financiers. Nous retenons qu'il convient donc de construire un cadre d'analyse tenant compte de la relation non-linéaire qui lie les fonds de couverture aux actifs financiers traditionnels.

Par ailleurs, un examen de l'exposition des fonds de couverture à des facteurs de risque est effectué par Patton (2004), qui étudie la mesure dans laquelle les fonds de couverture poursuivant la stratégie « market neutral » seraient, dans les faits, neutres au risque de marché. L'auteur définit cinq mesures différentes du risque : la neutralité de la moyenne, la neutralité de la variance, la neutralité de la valeur à risque, la neutralité des queues et enfin la neutralité complète. Il propose cinq tests statistiques différents pour tester chacune des neutralités énumérées. Selon cette étude, près d'un tiers des fonds « market neutral » est significativement non-neutre au risque de marché, d'après au moins une des

cinq mesures. L'auteur vérifie toutefois que cette stratégie est plus neutre au risque de marché que d'autres stratégies telles que « equity-hedge » et « event-driven » ou même les fonds de fonds.

Vu leur faible niveau de transparence, il est difficile d'évaluer pleinement le risque inhérent à un certain fonds de couverture. Par souci de diversification du risque et vu le nombre de fonds de couverture fermés aux nouveaux investissements, les investisseurs peuvent envisager d'allouer leurs investissements aux fonds de fonds. Les gestionnaires de ces fonds ont tendance à faire assumer à leurs investisseurs, les frais de gestion et de performance payés aux fonds individuels sous-jacents. Brown *et al.* (2004) se penchent sur la structure des frais payés par les investisseurs dans ces fonds de fonds. L'étude plaide pour la supériorité des autres types de stratégie sur les fonds de fonds en terme de performance. Ceci s'explique par le fait que, dans le cas où le fonds de fonds dans lequel ils ont investi n'est pas profitable, les investisseurs assument quand-même les frais de performance des fonds individuels ayant bien performé. Les auteurs proposent une nouvelles structure de frais, où le fonds de fonds assume les frais payés aux fonds individuels, et facture à ces investisseurs des frais de gestion fixes et des frais de performance conditionnels à sa propre performance.

En ligne avec les conclusions de ce mémoire, nous observons un nombre croissant d'oeuvres de littérature qui questionnent les avantages réels d'investir dans un fonds de fonds. Kat et Palaro (2006) se penchent par exemple sur la valeur ajoutée des gestionnaires de fonds de fonds. Selon cette étude, ces gestionnaires n'offrent pas aux investisseurs des rendements qu'ils n'auraient pas pu eux-mêmes se procurer par des investissements dans les actifs plus traditionnels.

D'autre part, Fung *et al.* (2006) soulignent une sorte de cycle dans les flux de capitaux vers les fonds de fonds grâce à des observations sur la période s'étendant de 1995 à 2004. L'étude précise que les fonds de fonds font preuve d'importantes expositions au risque systémique. Ainsi, rares sont ceux d'entre eux qui parviennent à générer une composante élevé du rendement, qui ne serait pas due au risque systémique. Cette composante est communément identifiée par « rendement alpha », dans l'industrie des fonds de couverture. Ainsi, grâce

à leurs rendements alpha importants, certains fonds attirent logiquement davantage de flux de capitaux qui sont associés à une diminution des rendements alpha offerts par la suite par ces fonds. Parallèlement, les fonds de fonds générant moins de rendements alpha sont tenus de diminuer leurs frais de gestion et de performance pour pouvoir survivre dans cette industrie.

Nous relevons enfin deux articles traitant des différentes caractéristiques des différentes stratégies de fonds de couverture.

Kat et Brooks (2001) tentent d'appliquer une analyse étendue des caractéristiques de quarante-huit indices de fonds de couverture, extraits de sept bases de données différentes. HFR semble être la plus riche d'entre ces sources d'information, avec des données sur 4,000 fonds de couverture à l'époque. Soit dit en passant, les auteurs signalent l'absence du biais de survie pour six des sept bases de données utilisées.

Dans cette étude, les auteurs soulignent le fait qu'une certaine stratégie pourrait présenter différentes caractéristiques à travers les différentes bases de données, restreignant ainsi le caractère absolu des conclusions qu'un travail d'analyse pourrait tirer sur une stratégie en général. Aussi, les auteurs mettent l'emphase sur l'inaptitude du ratio de Sharpe à évaluer raisonnablement le profil rendement-risque des fonds de couverture, vu les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement des queues, ainsi que l'autocorrélation généralement révélée par la distribution des rendements de cette classe d'actifs. Selon les auteurs, la distribution des rendements des fonds « Macro » et « Equity Market Neutral » se rapprochent le plus de la distribution Gaussienne, alors que ceux des stratégies « Convertible arbitrage », « Distressed securities » et « Emerging Markets » sont fortement autocorrélés. Enfin, les auteurs concluent que les rendements des indices de fonds de couverture sont fortement corrélés avec ceux du marché des fonds propres alors que, à l'exception des stratégies « Macro » et « Equity Market Neutral », les rendements de ces fonds sont faiblement corrélés avec ceux du marché obligataire.

Kat et Lu (2002) étudient également les caractéristique statistiques des différentes stratégies de fonds de couverture. Les auteurs utilisent les rendements mensuels nets de 376 fonds individuels et de 103 fonds de fonds, sur la période

allant de juin 1994 à mai 2001, inclus dans la base de données Tremont TASS. Ici encore, ils insistent sur le fait que l'évaluation du profil rendement-risque d'une stratégie d'investissement se limitant à l'espérance et la volatilité des rendements est insuffisante. Les auteurs incorporent à leur analyse les moments supérieurs de la distribution des rendements des fonds de couverture. En général, la distribution des rendements de ces fonds tend à afficher une asymétrie négative, jumelée à un coefficient d'aplatissement excédentaire par rapport à celui d'une distribution Gaussienne. Soit dit en passant, les auteurs remarquent que les rendements des fonds présentant une faible volatilité, manifestent en général une faible asymétrie mais aussi un coefficient d'aplatissement élevé. Dans le cadre de ce travail de recherche, les auteurs notent la corrélation modérée des rendements des fonds de couverture avec ceux de l'indice S&P 500, alors que la corrélation est pratiquement nulle avec les rendements de l'indice Salomon Brothers. Par le biais de régressions, les auteurs soulignent que les rendements de ces deux indices n'expliquent en moyenne que 10 à 20% des rendements de fonds de couverture. Par ailleurs, ils tirent aussi d'autres conclusions en comparant, pour un même niveau de rendement moyen, les caractéristiques d'un portefeuille intégrant plusieurs fonds suivant une même stratégie d'investissement avec les caractéristiques moyennes d'un fonds individuel suivant cette même stratégie : à l'exception des fonds « equity market neutral », l'effet portefeuille présente généralement un coefficient d'asymétrie inférieur à celui d'un fonds individuel. Les rendements du portefeuille présentent moins de volatilité que ceux du fonds individuel. Enfin, à l'exception des stratégies « merger arbitrage » et « distressed securities », l'effet portefeuille réduit significativement le coefficient d'aplatissement des queues de la distribution des rendements.

## Chapitre 3

# Présentation des données utilisées

Notre approche pour répondre à la problématique se base sur l'information recueillie à partir de six indices observés sur les marchés financiers. Tel qu'expliqué préalablement, cette information nous permet de construire l'espace-état, au sein duquel les fonds de couverture seront étudiées. Dans cette section, nous présentons les indices financiers ainsi que les différentes stratégies de fonds de couverture dont nous disposons.

Soit dit en passant, nous sommes contraints de limiter l'élaboration de l'espace-état aux deux dernières décennies, vu que les fonds de couverture ne furent lancés qu'au début des années 90. Par ailleurs, dans le but d'englober des données sur un maximum de stratégies différentes de fonds de couverture, nous débutons notre période d'observation au mois de mars 1991. Celle-ci se termine au mois de septembre 2010. Enfin, vu la fréquence mensuelle des données disponibles sur les fonds de couverture, l'espace-état est également construit à travers les rendements mensuels des indices financiers sélectionnés.

Ainsi, nous regroupons les rendements mensuels d'indices que nous estimons être représentatifs et récapitulatifs de l'information propre aux différents marchés financiers. Ces indices sont au nombre de six :

- S&P 500 (SPX) : indice de fonds propres, représentatifs des prix des 500 plus grandes compagnies cotées sur les bourses du New York Stock Exchange et du NASDAQ, pondérés par leurs capitalisations boursières.
  - Dow Jones-UBS Commodity Index (DJUBS) : indice représentatif des différents marchés de matières premières.
  - MSCI Global Emerging Markets Index (GDLEEGF) : indice représentatif d'une vingtaine de marchés de fonds propres localisés dans les marchés émergents.
  - AMEX Dollar Index (DXY) : indicateur avancé de la valeur du dollar américain vis-à-vis d'un panier de devises, incluant l'Euro, le Yen japonais, la Livre Sterling, le Dollar canadien et la couronne suédoise.
  - PIMCO Total Return Fund (PTTRX) : fonds investi à plus de 65% en titres à revenus fixes de qualité moyenne inférieure et géré par la firme de gestion d'actifs Pacific Investment Management Company.
  - US Federal Funds rate (FDFD) : taux interbancaire à un jour en vigueur entre les institutions financières membres de la Réserve Fédérale Américaine.
- Par ailleurs, du côté des fonds de couverture, nos observations comprennent les rendements mensuels de vingt-trois indices représentant différentes stratégies et sous-stratégies de fonds de couverture, extraits des bases de données de HedgeFundResearch, Inc. (HFR) :
- Equity hedge Total (EHI) : Stratégie qui tend à maintenir des positions longues et courtes sur des titres de produits dérivés ainsi que sur leurs actifs sous-jacents. En voici quatre sous-stratégies :
    - Equity market neutral (EMNI) : Utilise des techniques quantitatives pour l'extraction d'information sur les mouvements futurs et les relations entre différents titres d'actions. L'exposition nette au marché des actions (longue ou courte) ne dépasse pas le niveau de 10% de celle du portefeuille.
    - Quantitative directionnal (ENHI) : Cette sous-stratégie est semblable à la précédente. L'exposition nette (longue ou courte) y varie en fonction du cycle des marchés.

- 
- Sector-Technologies & Healthcare (STI) : tend à identifier des opportunités d’investissement dans le secteur de développement de technologies et de biotechnologies appliquées au secteur pharmaceutique, et y maintient une exposition de plus de 50% du portefeuille.
  - Short bias (SHSE) : tend à identifier des titres surévalués par le marché et maintient une exposition nette courte sur les titres d’actions.
  - Even driven Total (EDI) : Investissements visant des compagnies impliquées dans des ajustements de la structure de capital, tel que dans le cas de restructuration, de fusion, d’émissions de titres, etc. En voici trois sous-stratégies :
    - Distressed restructuring (DSI) : Investissement concentrés (60% du portefeuille) dans des titres de dette corporatifs se transigeant à escompte par rapport à leur valeur d’émission, en raison de difficultés financières.
    - Merger arbitrage (MAI) : Sous-stratégie visant à profiter des opportunités d’opérations de fusion-acquisitions.
    - Multi-strategy (FI) : Investissements basés sur la réalisation d’un écart de valeurs entre différents instruments financiers entre titres obligataire, produits dérivés, actions et actifs immobiliers.
  - Macro Total (MI) : Les investissements sont dictés par les impacts macroéconomiques potentiels sur les différents marchés financiers et englobent une variété de techniques d’évaluation telles que les approches « top-down » et « bottom-up », quantitatives, fondamentales, etc. En voici une sous-stratégie :
    - Systematic diversified (MTI) : processus d’investissement tributaire d’algorithmes mathématiques et de modèles techniques, qui tendent à déceler des tendances « cachées » du marché. L’exposition sur devises et matières premières ne devrait pas y dépasser 35% de l’exposition totale du portefeuille, au cours du cycle du marché.
  - Relative value Total (RVA) : Cette stratégie tend à déceler et tirer profit des irrationalités d’évaluation par le marché de titres reliés entre eux. Ces titres peuvent appartenir à différentes classes d’actif. En voici deux sous-stratégies :
    - Fixed income — convertible arbitrage (CAI) : fonds d’investissement basés sur la réalisation d’un écart de valeurs entre différents instruments financiers, dont l’un (ou plusieurs) est nécessairement un titre obligataire

convertible.

- Fixed income-Corporate (RV) : Sous-stratégie d'investissement basée sur des réalisation d'écart de rendements entre plusieurs actifs financiers, comprenant entre autres des titres de dettes corporatifs. Ces fonds présentent généralement une exposition nette au marché des titres obligataires.
- Fund weighted (FWI) : Stratégie dont les investissements sont équipondérés entre les quatre classes de stratégies présentées ci-dessus et n'incluent pas les stratégies de fonds de fonds.
- Fund of Funds Composite (FOF) : Stratégie d'investissement dans plusieurs fonds de couverture. Ces fonds peuvent se concentrer sur une certaine stratégie, ou en combiner plusieurs. En voici des exemples :
  - Fund of funds — Conservative (FOFC) : Sous-stratégie d'investissement généralement axée vers une certaine stabilité des rendements dans le temps
  - Fund of funds — Diversified (FOFD) : les investissements sont alloués à une variété de fonds. Cette sous-stratégie présente un profil rendement-risque semblable à la stratégie FOF, à laquelle elle peut afficher une certaine corrélation. Sa volatilité positive lui confère des rendements non-linéaires semblables à ceux d'une option.
  - Fund of funds — Market Defensive (FOFM) : ces fonds peuvent afficher un biais vendeur, et sont susceptibles d'être négativement corrélés avec les indices de marchés financiers. Ces fonds sont généralement plus profitables en situation de contraction des marchés financiers.
  - Fund of funds — Strategic (FOFS) : Cette sous-stratégie vise les fonds opportunistes tels que les stratégies axées sur les marchés émergents et/ou les secteurs industriels. Ces fonds présentent généralement des rendements dont la volatilité est positive. Les rendements sont donc non-linéaires et semblables à ceux d'une option.
- Emerging markets (EM) : investissements généralement mobilisés vers certaines zones géographiques où les conditions macroéconomiques semblent favorables.
- Emerging Markets — Asia ex-Japan (EMA) : les investissements de ces fonds sont concentrés en Asie, avec une exposition au Japon inférieure

à 10%.

- Emerging Markets — Latin America (EMLA) : Les investissements de ces fonds sont concentrés à plus de 50% en Amérique Latine.

# Chapitre 4

## Analyse préliminaire des fonds de couverture

### 4.1 Analyse descriptive des fonds de couverture

#### 4.1.1 Corrélations avec les marchés financiers

Nous constatons que, mis à part les stratégies EMNI, MI, MTI, CAI et FOFM, les rendements des stratégies de fonds de couverture sont en général fortement corrélés avec ceux des deux indices de fonds propres considérés.

Par contre, les rendements des indices de fonds de couverture signalent une très faible corrélation avec ceux des quatre autres indices observés sur les marchés financiers. Ainsi, les indices DJUBS et FDFD présentent une corrélation avec chacune des vingt-trois stratégies considérées, inférieure à 43% (en valeur absolue). La relation est encore plus faible pour les indices DXY et PTTRX, qui sont tous les deux corrélés à moins de 30% (en valeur absolue) avec chacune des stratégies étudiées.

	EHI	EMNI	ENHI	SHSE	EDI	DSI	MAI	MI	MTI	EM	RVA	CAI
SPX	73%	24%	77%	-70%	69%	49%	52%	30%	46%	62%	49%	45%
DJUBS	39%	25%	29%	-17%	37%	34%	28%	27%	20%	36%	41%	40%
GDLEEGF	72%	16%	75%	-58%	73%	60%	58%	50%	46%	89%	56%	47%
DXY	-12%	-7%	-7%	7%	-8%	-3%	-7%	1%	-8%	-8%	-8%	-20%
FDFD	18%	39%	9%	7%	13%	5%	30%	9%	11%	-4%	12%	7%
PTTRX	9%	13%	2%	0%	8%	7%	6%	29%	4%	7%	14%	26%

TABLE 4.1 – Corrélations entre les stratégies de fonds de couverture et les indices financiers (1/2)

	FI	FOF	FWI	STI	EMA	EMLA	FOFC	FOFD	FOFM	FOFS	RV
SPX	50%	56%	72%	60%	55%	54%	54%	53%	13%	58%	50%
DJUBS	43%	40%	40%	20%	35%	24%	42%	37%	33%	34%	35%
GDLLEEGF	61%	73%	81%	58%	83%	73%	61%	71%	34%	74%	57%
DXY	-12%	-3%	-9%	-1%	-13%	-6%	-6%	0%	-8%	-1%	-6%
FDFD	4%	15%	13%	9%	-9%	2%	22%	12%	13%	12%	0%
PTTRX	20%	13%	9%	0%	2%	13%	13%	9%	18%	11%	12%

TABLE 4.2 – Corrélations entre les stratégies de fonds de couverture et les indices financiers (2/2)

### 4.1.2 Corrélations inter-stratégies

En s'adonnant au critère de corrélation moyenne, les stratégies de fonds de couverture semblent être assez bien corrélées entre elles.

La corrélation moyenne inter-stratégies n'est inférieure ou égale à 50% (en valeur absolue) que pour les cinq stratégies faiblement corrélées avec les indices de fonds propres. La corrélation moyenne est par ailleurs comprise entre 50% et 70% (en valeur absolue) pour seize d'entre eux et n'est supérieure à 70% (en valeur absolue) que pour les stratégies FOF et FWI.

Par ailleurs, Duchesne et Roy (2003) stipulent que pour deux séries, lorsque les résidus de modèles ARMA(p,q) sont indépendants, leurs corrélations n'est significative au niveau de confiance de 95% que si elle dépasse  $\frac{1.96}{\sqrt{n}}$ . Nous avons pour cela extrait les résidus d'un AR(1) sur l'ensemble de ces stratégies, et comparé leurs corrélations au seuil en question. Nous constatons que toutes les corrélations des rendements de fonds de couverture corrigés pour l'autocorrélation d'ordre 1 sont significatives au seuil de 5%.

	EHI	EMNI	ENHI	SHSE	EDI	DSI	MAI	MI	MTI	EM	RVA	CAI
EHI	100%											
EMNI	48%	100%										
ENHI	92%	34%	100%									
SHSE	-78%	-15%	-86%	100%								
EDI	85%	42%	82%	-63%	100%							
DSI	69%	38%	64%	-48%	86%	100%						
MAI	63%	43%	58%	-38%	75%	59%	100%					
MI	56%	36%	53%	-34%	49%	41%	31%	100%				
MTI	57%	27%	64%	-54%	42%	24%	31%	56%	100%			
EM	74%	25%	74%	-59%	76%	70%	54%	55%	44%	100%		
RVA	66%	37%	55%	-39%	77%	79%	62%	32%	15%	60%	100%	
CAI	58%	29%	42%	-31%	65%	65%	50%	22%	5%	52%	80%	100%
FI												
FOF												
FWI												
STI												
EMA												
EMLA												
FOFC												
FOFD												
FOFM												
FOFS												
RV												

TABLE 4.3 – Corrélations entre les différentes stratégies de fonds de couverture (1/2)

	FI	FOF	FWI	STI	EMA	EMLA	FOFC	FOFD	FOFM	FOFS	RV
EHI	67%	85%	96%	81%	67%	59%	76%	82%	41%	86%	60%
EMNI	36%	47%	45%	25%	14%	20%	51%	44%	37%	44%	32%
ENHI	57%	76%	93%	85%	67%	62%	66%	75%	31%	80%	55%
SHSE	-41%	-56%	-75%	-82%	-53%	-50%	-44%	-56%	-11%	-63%	-39%
EDI	77%	82%	90%	65%	64%	62%	79%	79%	39%	81%	77%
DSI	78%	74%	77%	47%	57%	55%	74%	72%	33%	70%	85%
MAI	50%	61%	67%	45%	44%	45%	59%	57%	36%	58%	55%
MI	41%	70%	63%	44%	51%	44%	55%	69%	68%	68%	35%
MTI	15%	50%	59%	59%	45%	40%	37%	50%	43%	51%	13%
EM	67%	84%	86%	58%	85%	81%	73%	83%	43%	83%	64%
RVA	80%	67%	71%	43%	52%	42%	73%	64%	28%	63%	75%
CAI	81%	59%	60%	32%	46%	40%	68%	55%	22%	53%	71%
FI	100%	74%	73%	43%	56%	54%	77%	71%	34%	67%	85%
FOF		100%	91%	64%	71%	64%	91%	98%	65%	95%	65%
FWI			100%	80%	76%	69%	81%	88%	48%	92%	69%
STI				100%	53%	50%	53%	63%	24%	71%	38%
EMA					100%	55%	60%	72%	33%	71%	53%
EMLA						100%	56%	62%	32%	64%	51%
FOFC							100%	87%	54%	84%	68%
FOFD								100%	62%	91%	63%
FOFM									100%	57%	23%
FOFS										100%	61%
RV											100%

TABLE 4.4 – Corrélations entre les différentes stratégies de fonds de couverture(2/2)

### 4.1.3 Analyse statistique

Tel que le relèvent souvent les chercheurs, les deux premiers moments de la distribution des rendements sont insuffisants pour évaluer le profil rendement-risque d'un fonds de couverture. Pour cela, nous examinons les quatre premiers moments de la distribution de chaque stratégie de fonds de couverture. Tel que le relèvent Kat et Lu (2002), nous constatons que la plupart des fonds affichant une faible volatilité, ont effectivement tendance à présenter une faible asymétrie ainsi qu'un coefficient d'aplatissement élevé. C'est le cas des stratégies RVA, RV, FI, MAI et FOFC.

	EHI	EMNI	ENHI	SHSE	EDI	DSI	MAI	MI	MTI	EM	RVA	CAI
Moyenne	1.09%	0.57%	1.13%	0.17%	1.03%	1.02%	0.78%	1.08%	0.97%	1.22%	0.83%	0.79%
Ecart-type	2.65%	0.93%	3.76%	5.48%	1.93%	1.89%	1.07%	2.21%	2.13%	4.13%	1.31%	1.98%
Asymétrie	-0.247	-0.085	-0.451	0.277	-1.407	-1.063	-1.686	0.498	0.172	-0.881	-2.249	-3.265
Aplatissement	2.162	1.226	0.735	2.242	4.999	5.696	6.180	1.020	-0.189	4.087	14.103	29.803

TABLE 4.5 – Statistiques des rendements mensuels des différentes stratégies (1/2)

	FI	FOF	FWI	STI	EMA	EMLA	FOFC	FOFD	FOFM	FOFS	RV
Moyenne	0.70%	0.63%	0.97%	1.28%	0.94%	1.38%	0.53%	0.59%	0.67%	0.79%	0.71%
Ecart-type	1.26%	1.74%	2.04%	4.95%	3.84%	5.35%	1.18%	1.80%	1.58%	2.56%	1.72%
Asymétrie	-2.720	-0.698	-0.751	0.415	0.063	0.419	-1.758	-0.473	0.020	-0.554	-1.902
Aplatissement	15.684	3.939	2.894	2.664	0.751	3.532	7.820	3.864	0.529	3.553	9.878

TABLE 4.6 – Statistiques des rendements mensuels des différentes stratégies (2/2)

Un examen des tables ci-dessus permet d'effectuer les conclusions suivantes :

- Les rendements des stratégies EMLA et STI sont en moyenne les plus élevés mais aussi parmi les plus volatiles. Ils présentent enfin une asymétrie fort intéressante.
- La stratégie EM présente un rendement élevé bien que très volatile alors que l'inverse est vrai pour la stratégie EMNI.
- La stratégie SHSE semble inintéressante de par la moyenne et la volatilité de ses rendements, malgré un bon coefficient d'asymétrie.
- Les stratégies STI et ENHI affichent des rendements moyens des plus élevés. Tandis que la distribution des rendements de la première affiche une asymétrie relativement élevée et positive, celle de la seconde affiche un coefficient d'aplatissement relativement faible.
- Les stratégies CAI, FI, RVA et RV semblent peut attrayantes, de par l'asymétrie fortement négative et le coefficient d'aplatissement élevé de la distribution de leurs rendements.
- Les stratégies FOFM et MTI affichent les coefficients d'aplatissement des queues les plus faibles, ainsi qu'une asymétrie légèrement positive.

La table 4.7 présente, pour chacun des quatre premiers moments de la distribution des rendements, les stratégie les plus et les moins intéressantes. A titre d'exemple, la stratégie EM offre un rendements moyen relativement élevé en moyenne mais aussi considérablement variable. Nous faisons ici l'hypothèse qu'un investisseur averti privilégie une distribution des rendements qui maximise la moyenne, affiche le plus d'asymétrie positive et minimise la volatilité et les probabilités de scénarios extrêmes.

Moyenne	Volatilité	Asymétrie	Aplatissement
1. EMLA	1. EMNI	1. MI	1. MTI
2. STI	2. MAI	2. EMLA	2. FOFM
3. EM	3. FOFC	3. STI	3. ENHI
(...)	(...)	(...)	(...)
21. EMNI	21. STI	21. RVA	21. RVA
22. FOFC	22. EMLA	22. FI	22. FI
23. SHSE	23. SHSE	23. CAI	23. CAI

TABLE 4.7 – Classement par moments des différentes stratégies

## 4.2 Mesure de performance des fonds de couverture

Nous utilisons trois ratios adéquats pour l'évaluation de la performance d'un fonds de couverture, dans la mesure où ils tiennent compte de l'ensemble des caractéristiques statistiques de la distribution des rendements du fonds.

### 4.2.1 Présentation des ratios de performance

Pour les trois ratios ci-dessous, la prime de risque est calculée par rapport à l'indice USGG10YR (indice général de titres de dette du gouvernement fédéral américain) qui est donc l'indice de référence  $r_f$ . Soit  $g \in \{1, \dots, 23\}$ .

#### Ratio de Sharpe ajusté

La première mesure de performance utilisée est le ratio de Sharpe ajusté (RSA), qui complète l'information généralement suffisante au calcul du ratio de Sharpe traditionnel, par les moments supérieurs d'ordres trois et quatre.

$$SR_g = \frac{\frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n (R_{gt} - r_f)}{\sigma_R} \quad (4.1)$$

$$RSA_g = \left(1 + \frac{AS(R_g)}{6}\right) \cdot SR^2 - \left(\frac{AP(R_g) - 3}{24}\right) \cdot SR^2,$$

avec AS et AP étant les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement de la série  $R_g$  (4.2)

La perception du risque propre au ratio de Sharpe englobe aussi bien les déviations au-dessus qu'au dessous de l'espérance de rendement de l'indice de référence. Ce ratio pénalise ainsi la mesure de performance d'un actif selon sa volatilité « brute », sans nuance entre les déviations à la hausse et à la baisse.

### Ratio de Sortino

Le ratio de Sortino consiste par contre en un rapport entre d'une part le rendement excédentaire vis-à-vis d'un indice de référence et d'autre part, la portion de la volatilité qui causerait une chute des rendements de l'actif d'intérêt en dessous de ceux de l'indice de référence. Il est ainsi question de différencier entre la volatilité positive et la volatilité négative (qui représente la véritable source de risque, puisqu'elle ne vise que les déviations des rendements en dessous d'un certain niveau jugé minimal par l'investisseur). L'utilisation du ratio de Sortino est d'autant plus adéquate que la distribution des rendements d'un actif est asymétrique, en l'occurrence dans le cas des fonds de couverture.

$$Sortino_g = \frac{R_g - r_f}{DR_g} \quad (4.3)$$

$$DR_g = \left( \int_{-\infty}^{r_f} (r_f - x)^2 \cdot f_g(x) dx \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.4)$$

$f_g$  est la fonction de densité des rendement du fonds  $g$ .

### Ratio Oméga

Ce ratio mesure la performance d'un actif financier, en établissant un rapport entre la probabilité d'enregistrer un rendement excédentaire par rapport à un indice de référence d'une part, et la probabilité d'enregistrer un rendement déficitaire vis-à-vis de ce même indice d'autre part. Contrairement au ratio de Sharpe, le ratio Oméga tient compte de l'ensemble des moments de la distribution des rendements d'un actif.

$$\Omega_g(r_f) = \frac{\int_{r_f}^{\infty} (1 - F_g(x)) dx}{\int_{-\infty}^{r_f} F_g(x) dx} \quad (4.5)$$

$F_g$  est la fonction de répartition des rendements du fonds  $g$ .

### 4.2.2 Analyse de performance

Pour chacune des vingt-trois stratégies composant notre base de données, nous calculons<sup>1</sup> les trois ratios de performance élaborés ci-dessus, et choisissons le taux de rendement sans risque comme étant le rendement minimal exigé pour chaque stratégie. Nous examinons par la suite la performance des différentes stratégies selon chaque ratio. D'après Laroche et Rémillard (2008) nous examinons aussi les erreurs d'estimation pour les deux ratios de Sortino et Oméga<sup>2</sup>.

---

1. Les ratios ont été calculés grâce au logiciel fourni par Gestion de Placements Innocap Inc.

2. Les erreurs d'estimation furent calculées grâce au logiciel fourni par Bruno Rémillard

	EHI	EMNI	ENHI	SHSE	EDI	DSI	MAI	MI	MTI	EM	RVA	CAI
Sharpe Ajusté	0.245	0.147	0.185	-0.047	0.284	0.291	0.292	0.299	0.255	0.185	0.257	0.155
Sortino	1.273	0.799	0.980	-0.259	1.232	1.234	1.185	1.935	1.814	0.833	0.957	0.494
Erreur Sortino	0.352	0.329	0.289	0.204	0.383	0.406	0.383	0.414	0.364	0.293	0.428	0.331
Oméga	2.895	5.013	2.107	1.088	3.808	4.386	5.537	3.969	3.133	2.148	5.767	3.509
Erreur Oméga	0.676	0.526	0.529	0.305	0.895	1.023	0.987	0.790	0.595	0.594	1.218	1.013

TABLE 4.8 – Ratios de performance des stratégies de fonds de couverture (1/2)

	FI	FOF	FWI	STI	EMA	EMLA	FOFC	FOFD	FOFM	FOFS	RV
Sharpe Ajusté	0.190	0.112	0.256	0.174	0.134	0.179	0.082	0.087	0.155	0.139	0.156
Sortino	0.671	0.494	1.230	0.959	0.757	0.936	0.304	0.389	0.935	0.642	0.571
Erreur Sortino	0.348	0.261	0.355	0.304	0.275	0.296	0.250	0.247	0.301	0.270	0.290
Oméga	4.488	2.620	3.353	2.046	1.846	2.038	3.256	2.448	2.962	2.267	3.120
Erreur Oméga	0.879	0.502	0.718	0.571	0.468	0.595	0.493	0.474	0.487	0.526	0.673

TABLE 4.9 – Ratios de performance des stratégies de fonds de couverture (2/2)

Malheureusement, nous ne retrouvons une cohérence dans les trois classements obtenus que pour un nombre restreint de stratégies. Les ratios de Sharpe ajusté et de Sortino semblent s'accorder sur les positions extrêmes dans le classement qu'ils permettent d'établir :

- Selon ces deux ratios, les stratégies MI et DSI seraient parmi les plus performantes.
- Les stratégies FOF, FOFD, FOFC et SHSE se divisent les quatre dernières positions des deux classements en question, en ligne en quelques sortes avec les résultats de la Table 4.7.

Par ailleurs, le classement des stratégies obtenu à travers le ratio Oméga est totalement divergent des deux premiers et se rapproche étrangement du classement de la table 4.7 concernant la volatilité.

- D'une part, la stratégie RVA serait la plus attrayante selon ce ratio, avec près de six fois plus de chances de récolter un rendement supérieur qu'inférieur au taux de rendement sans risque, suivie par les stratégie MAI et EMNI
- D'autre part, les stratégie STI et SHSE ainsi que les stratégies concentrées sur les marchés émergents d'Asie et d'Amérique Latine font partie des moins bonne stratégies d'après ce ratio.

Sharpe Ajusté	Sortino	Oméga
1. MI	1. MI	1. RVA
2. MAI	2. MTI	2. MAI
3. DSI	3. EHI	3. EMNI
4. EDI	4. DSI	4. FI
(...)	(...)	(...)
20. FOF	20. FOF	20. STI
21. FOFD	21. FOFD	21. EMLA
22. FOFC	22. FOFC	22. EMA
23. SHSE	23. SHSE	23. SHSE

TABLE 4.10 – Classement par ratio des différentes stratégies

# Chapitre 5

## Définition du modèle espace-état

### 5.1 Application du Modèle de Markov Caché

Nous élaborons dans cette section la méthodologie appliquée par Rémillard *et al.* (2010) pour construire le Modèle de Markov Caché à partir de séries de rendements d'indices représentatifs de différents marchés financiers<sup>1</sup>.

La première raison de notre intérêt pour cet article est la méthode de choix du nombre d'états. Pour cela, il est tout d'abord question de poser la fonction de transformation de Rosenblatt qui correspond à la fonction de densité conditionnelle des observations sur la période d'observation. Soit dit en passant, la fonction de densité conditionnelle de l'observation à un instant précis est basée sur les fonctions de densité à chaque état, une période plus tôt. Cette transformation convertit un vecteur d'observations obéissant à une fonction de distribution quelconque, en un vecteur de variables indépendantes et identiquement distribuées selon la loi normale centrée réduite. Ensuite, il devient possible de tester l'hypothèse nulle d'un test de Cramér Von-Mises, selon laquelle il y aurait «  $l$  » régimes gaussiens inférés par les facteurs de construction du MMC. Enfin, la décision qui découle de ce test est effectuée grâce au calcul

---

1. Le modèle a été implanté grâce au logiciel fourni par Bruno Rémillard

de la probabilité critique de la statistique, par la méthode d'un « bootstrap » paramétrique. Ainsi, suite à l'application de cette méthode sur les six séries de rendements financiers choisies préalablement, nous déduisons l'existence de deux états de la nature gaussiens au niveau de confiance de 95%.

La seconde raison de notre intérêt pour cet article, est la méthode d'estimation des paramètres du modèle avec changement de régime, effectuée par le biais de l'algorithme « Espérance-Maximisation » (EM) élaboré par Dempster *et al.* (1977). Cet algorithme consiste ainsi en deux phases pour chaque observation. Dans le cadre du MMC, la phase « espérance » de cet algorithme consiste, à chaque observation, en une estimation de probabilités dépendantes de l'ensemble des observations disponibles dans l'échantillon d'observation, ainsi que des paramètres estimés préalablement au cours de la phase « maximisation » de l'algorithme. Il s'agit d'une méthode itérative. Contrairement aux modèles statiques, les paramètres du modèle issus de cet algorithme sont dynamiques, dans le sens où ils sont continuellement mis à jour au fur et à mesure que de nouvelles observations sont disponibles.

Nous dénotons :

- La série d'observations (multivariée dans notre cas) utilisée pour construire le modèle par  $R_t$ .
- L'état inhérent à la période  $t$ , prenant une valeur dans  $\{1, \dots, l\}$ , par  $\tau_t$ .
- La fonction de densité de la série  $R_t$  conditionnelle à l'observation disponible au temps  $t$  par  $q_t$ .
- La matrice de transition estimée du modèle par  $Q$ .
- La distribution stationnaire de la série  $R_t$  à l'état  $i$  par  $\nu_i$ .
- La moyenne de la série  $R_t$  à l'état  $i$  par  $\mu_i$ .
- La matrice de covariance de la série  $R_t$  à l'état  $i$  par  $A_i$ .

Lors de la phase « espérance », les probabilités en question sont estimées conditionnellement à l'ensemble des observations et paramètres estimés :

Pour  $i, j \in \{1, \dots, l\}$  :

$$\lambda_t(i) = P(\tau_t = i | R_1, \dots, R_n) = \frac{q_t(i) \cdot \bar{q}_t(i)}{\sum_{\alpha=1}^l q_t(\alpha) \cdot \bar{q}_t(\alpha)} \quad \text{avec } t=1, \dots, n \quad (5.1)$$

$$\Lambda_t(i, j) = P(\tau_t = i, \tau_{t+1} = j | R_1, \dots, R_n) = \frac{Q_{ij} \cdot q_t(i) \cdot \bar{q}_{t+1}(j) \cdot f_j(R_{t+1})}{\sum_{\alpha=1}^l \sum_{\beta=1}^l Q_{\alpha\beta} \cdot q_t(\alpha) \cdot \bar{q}_{t+1}(\beta) \cdot f_\beta(R_{t+1})}, \quad \text{avec } t=1, \dots, n-1 \quad (5.2)$$

$$\Lambda_n(i, j) = \lambda_n(i) \cdot Q_{ij} \quad (5.3)$$

Avec :

$$q_t(i) = f_i(R_t) \cdot \sum_{j=1}^l q_{t-1}(j) \cdot Q_{ji}, \quad \text{avec } q_0 \text{ suivant une loi uniforme sur les } l \text{ régimes} \quad (5.4)$$

$$\bar{q}_t(i) = \sum_{j=1}^l \bar{q}_{t+1}(j) \cdot Q_{ij} \cdot f_j(R_{t+1}), \quad \text{avec } \bar{q}_n = 1 \quad (5.5)$$

$$f_i(R_t) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \cdot \exp^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{R_t - \mu_i}{\sigma_i}\right)^2} \quad (5.6)$$

La phase « maximisation » consiste, à chaque observation, en une mise à jour des paramètres du modèle, dépendamment des probabilités conditionnelles estimées préalablement à l'étape « espérance » :

Pour  $i, j \in \{1, \dots, l\}$  :

$$\nu_i = \sum_{t=1}^n \frac{\lambda_t(i)}{n} \quad (5.7)$$

$$\mu'_i = \sum_{t=1}^n x_t \cdot \frac{\lambda_t(i)}{\sum_{k=1}^n \lambda_k(i)} \quad (5.8)$$

$$A'_i = \sum_{t=1}^n (x_t - \mu'_i)(x_t - \mu'_i)^T \cdot \frac{\lambda_t(i)}{\sum_{k=1}^n \lambda_k(i)} \quad (5.9)$$

$$Q'_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^n \Lambda_t(i, j)}{\sum_{t=1}^n \lambda_t(i)} \quad (5.10)$$

La fonction de vraisemblance est ensuite maximisée :

Pour tout  $j \in \{1, \dots, l\}$  :

$$\text{Max} \sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^l \Lambda_t(i, j) \quad (5.11)$$

Nous obtenons ainsi une estimation des paramètres du modèle. Dans le cas de ce mémoire, il s'agit des deux premiers moments de la distribution (supposée gaussienne) de chaque série de rendements financiers dans chaque état, des corrélations de ces rendements à chaque état, ainsi que de la matrice de transition du modèle.

Il nous est aussi possible de déterminer la séquence d'états la plus probable sur la période d'observation. Nous déterminons par  $\eta_t(i)$ , la probabilité conditionnelle de se retrouver à l'état  $i$ , au temps  $t$ , conditionnellement à l'information disponible à la période  $t$  :

$$\eta_t(i) = P(\tau_t = i | R_1, \dots, R_t) = \frac{q_t(i)}{\sum_{j=1}^l q_t(j)} \quad (5.12)$$

Les probabilités  $\eta_t(i)$  nous permettent de construire la figure 5.1.

Chaque série de rendements est une mixture, dans le sens où sa fonction de densité n'est autre qu'une pondération, par la probabilité stationnaire de chaque état (gaussien), des fonctions de densité de cette série dans chaque état du modèle.

## 5.2 Identification des états

Contrairement aux études de Hardy (2001) et Hamilton (2005), notre choix du nombre d'état n'est pas soumis à un jugement arbitraire, et s'inspire de la méthode appliquée par Rémillard *et al.* (2010). Ainsi, le test de Cramér-Von Mises que nous effectuons uinduit, avec un niveau de confiance de 95% , la présence de deux états de la nature derrière l'information contenue dans les six séries de rendements observés sur les marchés financiers.

Le premier état de notre espace se démarque par une faible corrélation entre les rendements des différents marchés, mis à part la relation entre ceux des indices S&P500 et GDLEEGF, qui affichent d'ailleurs les plus gros rendements mensuels moyens, soit 0.94% et 2.35% respectivement.

SPX	0.94%
DJUBS	0.19%
GDLEEGF	2.35%
DXY	0.15%
FDFD	0.41%
PTTRX	0.17%

TABLE 5.1 – Rendements moyens à l'état 1

	SPX	DJUBS	GDLEEGF	DXY	FDFD	PTTRX
SPX	0.0014					
DJUBS	0.0001	0.0011				
GDLEEGF	0.0013	0.0004	0.0038			
DXY	0.0000	-0.0002	0.0002	0.0006		
FDFD	0.0000	0.0000	-0.0002	0.0000	0.0001	
PTTRX	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001

TABLE 5.2 – Matrice de covariance à l'état 1

Le deuxième état est par contre caractérisé par une volatilité accrue des rendements observés sur les marchés financiers, notamment en ce qui concerne les rendements des indices S&P500 et DJUBS. Dans cet état, le rendement moyen mensuel des fonds propres sur les marchés émergents est nettement plus faible qu'à l'état 1. Aussi, les indices PTTRX et DJUBS y présentent tous deux un rendement moyen mensuel plus attrayant qu'à l'état 1, alors que celui de l'indice DXY devient négatif à -0.3%, laissant présager l'apparition de tendances inflationnistes jumelées à un désinvestissement des marchés des fonds propres et du dollar américain, au profit des titres à revenu fixe et au refuge dans les matières premières. De plus, l'effet de contagion entre les différents marchés financiers est perceptible à l'état 2, tel qu'illustré par un renforcement des corrélations entre les différents marchés. Ainsi à l'état 2, les rendements de l'indice GDLEEGF deviennent fortement corrélés avec l'indice DJUBS (53%), et surtout avec le S&P500 (83%). D'autre part, le désinvestissement du dollar américain au profit des valeurs refuges et des titres à revenu fixe s'exprime par ses corrélations négatives de -45% et -53% respectivement, avec ces deux indices. Enfin, les rendements des fonds fédéraux demeurent très faiblement corrélés avec ceux des autres actifs financiers, quel que soit l'état de la nature.

SPX	-0.16%
DJUBS	0.38%
GDLEEGF	0.91%
DXY	-0.30%
FDFD	0.10%
PTTRX	0.32%

TABLE 5.3 – Rendements moyens à l'état 2

	SPX	DJUBS	GDLEEGF	DXY	FDFD	PTTRX
SPX	0.0029					
DJUBS	0.0012	0.0031				
GDLEEGF	0.0028	0.0019	0.0041			
DXY	-0.0006	-0.0008	-0.0007	0.0008		
FDFD	-0.0001	0.0001	-0.0001	0.0000	0.0001	
PTTRX	0.0001	0.0001	0.0001	-0.0002	0.0000	0.0002

TABLE 5.4 – Matrice de covariance à l'état 2

Les probabilités de passer d'un régime à l'autre au cours d'une période sont faibles, tel qu'indiqué par la matrice de transition estimée.

	Etat 1	Etat 2
Etat 1	98.74%	1.26%
Etat 2	1.31%	98.69%

TABLE 5.5 – Matrice de transition

C'est pourquoi nous observons l'écoulement de longues périodes de temps, avant que les marchés financiers ne virent d'un régime à l'autre. Grâce à l'application du MMC sur les six séries de rendements financiers, chaque mois appartenant à notre période d'observation est inscrit dans l'un ou l'autre des deux états, selon les probabilités  $\eta_t(i)$  estimées.

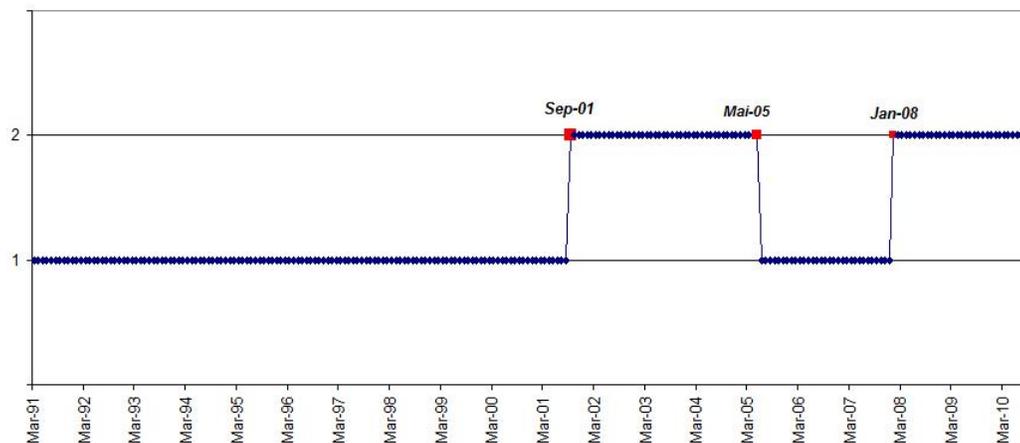


FIGURE 5.1 – Succession des états dans le temps

Les périodes allant de mars 1991 à août 2001 puis de juin 2005 à décembre 2007 s'inscrivent dans l'état 1. D'autre part, les périodes de septembre 2001 à mai 2005 et de janvier 2008 à septembre 2010, sont dominées par l'état 2.

Les différences statistiques des séries observées dans chaque état laisse présager une diminution d'appétit pour le risque à l'état 2. Toutefois, les dynamiques de changement de régime contenues dans les six séries utilisées sont cachées et inconnues. Nous avons donc tenté d'expliquer, par une méthode simplistique, les changements de régimes de septembre 2001, juin 2005 et janvier 2008 observés dans notre modèle en utilisant trois indices. Le premier consiste en une extraction d'un facteur commun de plusieurs indices d'aversion au risque, par une analyse en composante principale (ACP). Le deuxième représente l'écart de taux USGG10YR - LIBOR, soit la prime de risque exigée sur les opérations de financement interbancaire par rapport au taux exigé sur les titres de dettes du gouvernement fédéral américain. Enfin, le troisième indicateur n'est autre que l'indice VIX, soit l'indicateur de volatilité implicite d'options sur l'indice S&P 500. L'exercice effectué sur ces indicateurs consiste à examiner leurs comportements vis-à-vis de leurs moyennes historiques sur les deux dernières décennies, dans le but de détecter une certaine relation avec les changements de régimes de notre modèle.

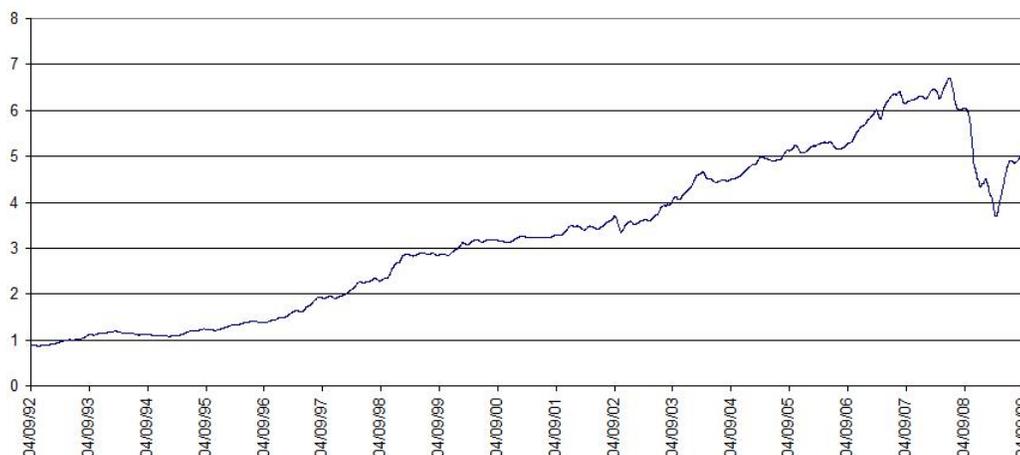


FIGURE 5.2 – Indice d'aversion au risque : Facteur extrait par ACP



FIGURE 5.3 – Indice de risque de crédit : US000/N - USGG10YR

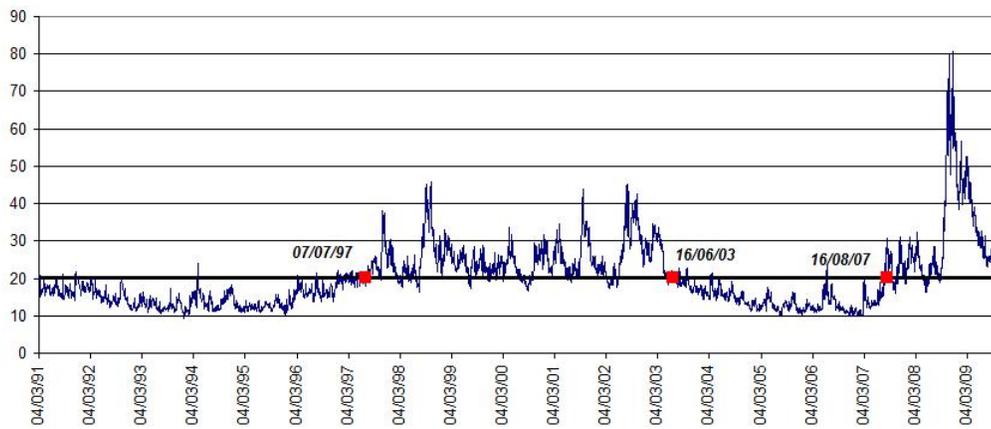


FIGURE 5.4 – Indice de volatilité : VIX

Suivant leurs variations sur la période observée, chacun de ces trois indices ne semble expliquer qu'une partie de la séquence de changements de régimes de notre modèle. Le facteur extrait par ACP à partir de quatre indices d'aversion au risque ne semble capter une diminution de l'appétit des investisseurs pour le risque qu'au mois de juin 2008. L'indice VIX signale un raffermissement de la volatilité entre 1997 et 2003, mais aussi depuis août 2008. Cependant, l'observation la plus intéressante et la plus contradictoire se situe au niveau de l'indicateur du risque de crédit, dont nos observations ne débutent qu'en 2001, en raison d'une limitation des données disponibles. Celui-ci indique d'octobre 2001 à février 2005 et depuis octobre 2008, une réduction de l'écart entre le taux de dépôt interbancaire à un jour et le taux exigé sur les titres obligataires du gouvernement américain ayant une maturité de dix ans. Autrement dit, la perception du risque de crédit augmenterait durant l'état de croissance et de stabilité de notre modèle et diminuerait dans l'état de volatilité et de contagion sur les marchés.

Ces observations ne viennent toutefois que conforter notre hypothèse, selon laquelle il existe différentes dynamiques qui affectent les différents marchés financiers étudiés, et dont l'aggrégation expliquerait les changements de régimes découverts. Ces dynamiques sont cachées, ce qui justifie l'utilisation du MMC. Par ailleurs, la construction d'un indicateur de ces changements de régimes sur les marchés financiers semble particulièrement intéressante et pourrait se baser sur les travaux de Stock et Watson (1990) et Stock et Watson (2004). Un tel indicateur serait un outil fort utile pour des gestionnaires de fonds de couverture. Toutefois, la construction d'un tel outil déborde des objectifs du présent mémoire. Notre but est plutôt d'investiguer sur la véracité de la théorie selon laquelle les rendements des fonds de couverture seraient absolus, dans le sens où leur profil rendement-risque-corrélation serait le même dans chacun des deux régimes de marché.

# Chapitre 6

## Analyse des fonds de couverture dans le modèle espace-état

### 6.1 Identification des stratégies hétérogènes

Suite à l'exploration et l'identification des deux états constituant notre espace d'analyse, nous compilons les rendements des différentes stratégies dans chacun des deux régimes, et effectuons deux tests statistiques, afin de repérer les stratégies « statistiquement différentes » entre les deux régimes du modèle.

Les résultats de ces tests sont résumés à la table 6.1, au sein de laquelle le signe ✓ signifie que l'on parvient à rejeter l'hypothèse nulle du test en question au niveau de confiance de 95%.

#### 6.1.1 Test d'égalité des moyennes

Ce test, extrait de Snedecor et Cochran (1989), nous permet de tester pour l'égalité des moyennes entre deux échantillons donnés, en se basant sur la statistique de *Student*. Dans notre cas, nous testons l'hypothèse d'égalité des rendements moyens, pour chaque stratégie, entre les deux états du modèle. Nous posons  $\Gamma \sim t_d$ , avec :

$$\Gamma = \frac{\bar{R}_1 - \bar{R}_2}{\sqrt{(\sigma_1^2/N_1) + (\sigma_2^2/N_2)}} \quad (6.1)$$

$$d = \frac{((\sigma_1^2/N_1) + (\sigma_2^2/N_2))^2}{(\sigma_1^2/N_1)^2/(N_1 - 1) + (\sigma_2^2/N_2)^2/(N_2 - 1)} \quad (6.2)$$

### 6.1.2 Test de Kolmogorov-Smirnov

Le test de Kolmogorov-Smirnov est un test statistique de type non-paramétrique, particulièrement utile pour l'identification de la fonction de distribution d'une série d'observations lorsque celle-ci ne peut raisonnablement être supposée comme étant gaussienne. Ce test est utilisé dans le but d'effectuer un test d'adéquation de deux séries d'observations. Le but est ici de tester l'hypothèse (nulle) selon laquelle deux « échantillons » seraient en fait issus de la même source de base. Autrement dit nous testons dans le cadre de ce mémoire, pour chacune des vingt-trois stratégies, l'hypothèse selon laquelle les fonctions de répartition empiriques des séries de rendement à chaque état obéiraient à la même loi, au niveau de confiance de 95%. La statistique du test est :

$$\vartheta_{n,n'} = \sup_x |F_{1,n}(x) - F_{2,n'}(x)| \quad (6.3)$$

$F_{1,n}$  et  $F_{2,n}$  sont les fonctions de répartition empiriques des deux séries d'observation en question.

Le critère de rejet de l'hypothèse nulle au niveau de confiance  $\zeta$ , selon laquelle ces deux séries auraient dans les faits la même fonction de répartition, se base sur la table statistique développé par Nikolai Smirnov :

$$\sqrt{\frac{n \cdot n'}{n + n'}} \cdot \vartheta_{n,n'} \geq K_\zeta \quad (6.4)$$

Le test de Kolmogorov-Smirnov joue donc un rôle central dans notre étude, dans le sens où il permet d'identifier les stratégies qui présentent des fonctions de répartition différentes entre les deux états du modèle, au niveau de confiance de 95%.

	Kolmogorov-Smirnov $H_0 : F_{E_1,n}(R_g) = F_{E_2,n'}(R_g)$	Egalité des moyennes $H_0 : \bar{R}_{g,E_1} = \bar{R}_{g,E_2}$
EHI	✓	✓
EMNI	✓	✓
ENHI		✓
SHSE		
EDI		✓
DSI		
MAI	✓	✓
MI		✓
MTI		✓
EM		
RVA	✓	✓
CAI	✓	
FI		
FOF	✓	✓
FWI	✓	✓
STI	✓	✓
EMA		
EMLA		
FOFC	✓	✓
FOFD	✓	✓
FOFM		✓
FOFS	✓	✓
RV		

TABLE 6.1 – Résultats des tests effectués

Ce test révèle ainsi onze stratégies dont les rendements présentent des fonctions de répartition statistiquement différentes d'un état à l'autre. Nous restreignons donc l'analyse des fonds de couverture dans cet espace à ces stratégies. Il serait en effet absurde de comparer entre les deux états, les caractéristiques de stratégies qui n'y sont pas statistiquement différentes.

## 6.2 Analyse de performance par état

Nous retenons quatre constatations majeures de la section qui suit :

Premièrement, nous réalisons que les onze stratégies retenues performant systématiquement mieux à l'état 1 qu'à l'état 2. A titre d'exemple, le ratio Oméga indique à l'état 1, jusqu'à près de douze fois plus de chances d'offrir des rendements supérieurs aux titres de dette gouvernementaux que celles d'obtenir des rendements qui leur seraient inférieurs. Ce ratio ne dépasse pas le niveau de 2.3 à l'état 2. En guise de réponse à la problématique, nous retenons qu'onze des vingt-trois stratégies de notre base de données présentent une distribution de rendements plus attrayante dans le régime de marché caractérisé par une faible volatilité, une faible corrélation entre les différents marchés financiers et une croissance particulièrement au niveau des fonds propres.

Deuxièmement, nous constatons que les stratégies RVA et CAI sont parmi les plus performantes dans les deux régimes, alors que la performance des différentes stratégies de fonds de fonds laisse à désirer. Par ailleurs, les stratégies EHI et EMNI performant efficacement à l'état 1, en harmonie avec les indices de fonds propres.

Troisièmement, nous réalisons que les quatre premiers moments de la distribution des stratégies de fonds de couverture ne permettent pas toujours d'expliquer la mesure de performance de ratios tel que le ratio Oméga. Ainsi, l'étude des moments d'ordre supérieur au coefficient d'aplatissement de la distribution des rendements de tels fonds, pourrait enrichir l'étude de performance.

Quatrièmement, nous constatons qu'il ne convient pas toujours de privilégier les fonds dont les distributions de rendements sont marquées par une asymétrie positive et un faible coefficient d'aplatissement des queues.

Nous débutons l'analyse par l'identification des stratégies supérieures pour chacun des deux états.

D'une part, en contexte de faible volatilité et de croissance, en général, au niveau des marchés financiers (état 1) :

- La stratégie CAI offre le meilleur profil rendement-risque ajusté pour les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement, ainsi que la seconde plus grande probabilité d'obtenir un rendement supérieur au taux sans risque par rapport à celle d'obtenir un rendement qui lui serait inférieur. D'autre part, La stratégie RVA se classe respectivement seconde et première selon ces deux mesures.
- La stratégie EHI est aussi performante que la stratégie RVA selon le ratio de Sharpe ajusté. Par ailleurs, elle offre la plus grande prime de risque par rapport à son niveau de volatilité négative.
- La stratégie EMNI est également parmi les plus performantes à l'état 1, se classant seconde et troisième respectivement, d'après les ratios de Sortino et Oméga.
- Les stratégies STI et les fonds de fonds terminent en fin de classement. En ligne avec Brown *et al.* (2004) et Kat et Palaro (2006), les quatre stratégies de fonds de fonds offrent la plus faible prime de risque vis-à-vis de la volatilité négative de leurs rendements. Enfin, la stratégie STI induit la plus faible probabilité relative d'obtenir des rendements supérieurs au taux sans risque.

D'autre part, en situation de forte volatilité et de migration des investissements vers les titres à revenu fixe et les valeurs refuges (état 2) :

- Il devient inintéressant de classer les différentes stratégies, puisque la plupart des ratios de Sortino et de Sharpe ajusté deviennent négatifs, vu les faibles rendements en général dans cet état. Toutefois, les deux ratios évoqués semblent s'accorder sur la supériorité des stratégies RVA, FWI et CAI.
- Contrairement à l'état 1, les onze stratégies retenues présentent des ratios Oméga peu intéressants et très proches à l'état 2, en ligne avec le phénomène de contagion observé sur les marchés financiers. Nous pouvons affirmer grossièrement qu'il devient équiprobable (mais aussi peu probable), à l'état 2, d'obtenir un rendement supérieur au taux sans risque lorsque le choix d'investissement se limite uniquement à l'une de ces stratégies.

	EHI	EMNI	MAI	RVA	CAI	FOF	FWI	STI	FOFC	FOFD	FOFS
Sharpe Ajusté	0.402	0.348	0.346	0.402	0.434	0.223	0.362	0.231	0.240	0.180	0.235
Sortino	2.420	1.971	1.692	1.894	1.842	1.109	1.851	1.260	1.123	0.891	1.140
Erreur Sortino	0.614	0.516	0.815	0.929	0.587	0.435	0.613	0.412	0.420	0.393	0.428
Oméga	4.747	9.948	9.880	11.933	10.450	3.771	4.955	2.388	5.884	3.329	2.979
Erreur Oméga	1.254	1.120	2.468	2.257	2.021	0.816	1.233	0.824	0.847	0.737	0.842

TABLE 6.2 – Ratios de performance à l'état 1

	EHI	EMNI	MAI	RVA	CAI	FOF	FWI	STI	FOFC	FOFD	FOFS
Sharpe Ajusté	-0.021	-0.300	-0.064	0.070	0.033	-0.130	0.042	-0.002	-0.160	-0.134	-0.112
Sortino	-0.093	-1.214	-0.233	0.206	0.108	-0.440	0.178	-0.009	-0.478	-0.450	-0.416
Erreur Sortino	0.315	0.205	0.261	0.331	0.318	0.224	0.350	0.349	0.195	0.221	0.243
Oméga	1.283	1.384	1.915	2.291	1.578	1.218	1.668	1.276	1.277	1.224	1.125
Erreur Oméga	0.549	0.264	0.510	1.002	0.897	0.429	0.662	0.543	0.400	0.422	0.438

TABLE 6.3 – Ratios de performance à l'état 2

## 6.3 Analyse statistique par état

### 6.3.1 Etat 1

Un examen visuel des tables ci-dessous permet de remarquer que ces onze stratégies présentent un rendement moyen supérieur à l'état 1 qu'à l'état 2. Mis à part la stratégie MAI, toutes y présentent également un coefficient d'asymétrie plus attrayant. Enfin, dans cet état, les corrélations entre ces stratégies sont plus modérées qu'à l'état 2. Les stratégies de fonds de fonds tendent à y présenter le plus de corrélation avec les autres stratégies.

A l'état 1, les ratios de performance tranchent en faveur des stratégies EHI, EMNI, RVA et CAI. Les deux premières offrent une asymétrie positive ainsi qu'une faible probabilité de scénarios extrêmes, tandis que les deux autres exhibent une asymétrie fortement négative jumelée à une grosse épaisseur des queues. Bien que la stratégie EHI soit par ailleurs la plus volatile d'entre les onze stratégies à l'état 1, le ratio de Sortino souligne le fait que cette volatilité joue en faveur de rendements supérieurs au taux sans risque. Ainsi, la stratégie EHI jouit d'une volatilité positive à l'état 1 qui, en plus des caractéristiques d'asymétrie positive, de faible épaisseur des queues et de rendements relativement élevés en moyenne, parvient à justifier la bonne performance induite par les trois ratios de performance.

Quant à la stratégie EMNI, elle présente moins de volatilité et d'épaisseur au niveau des queues de la distribution de ses rendements. Par contre, ses rendements sont en moyenne nettement plus faibles. L'asymétrie, quoi que positive, y est aussi moins intéressante que dans le cas de EHI. Toutefois, comme dans le cas précédent, la prime de risque offerte par rapport à la volatilité négative des rendements y est attrayante. De plus, le ratio Oméga signale des moments supérieurs intéressants, offrant de fortes probabilités d'obtenir des rendements supérieurs à ceux de l'actif sans risque. Il s'agit de la stratégie la moins corrélée avec le reste des stratégies.

Enfin, les stratégies RVA et CAI semblent bénéficier de leur asymétrie négative à l'état 1. Car même si la longueur de la queue de gauche va de paire avec potentiellement davantage de lourdes pertes, il n'en reste pas moins que

la majeure partie de la distribution des rendements se trouve être à droite de la moyenne. Ceci vient contester l'argument selon lequel il convient nécessairement de privilégier les distributions de rendements caractérisées par une asymétrie positive et un faible coefficient d'aplatissement des queues.

	EHI	EMNI	MAI	RVA	CAI	FOF	FWI	STI	FOFC	FOFD	FOFS
Moyenne	1.49%	0.80%	1.04%	1.03%	0.96%	0.88%	1.25%	1.76%	0.73%	0.82%	1.14%
Ecart-type	2.52%	0.91%	1.01%	1.09%	0.92%	1.74%	1.98%	5.58%	1.01%	1.86%	2.70%
Asymétrie	0.189	0.044	-2.419	-1.107	-1.395	-0.387	-0.695	0.289	-0.613	-0.214	-0.544
Aplatissement	1.903	0.604	12.559	10.770	4.146	3.490	3.628	1.954	3.001	3.432	3.627

TABLE 6.4 – Statistiques des rendements mensuels à l'état 1

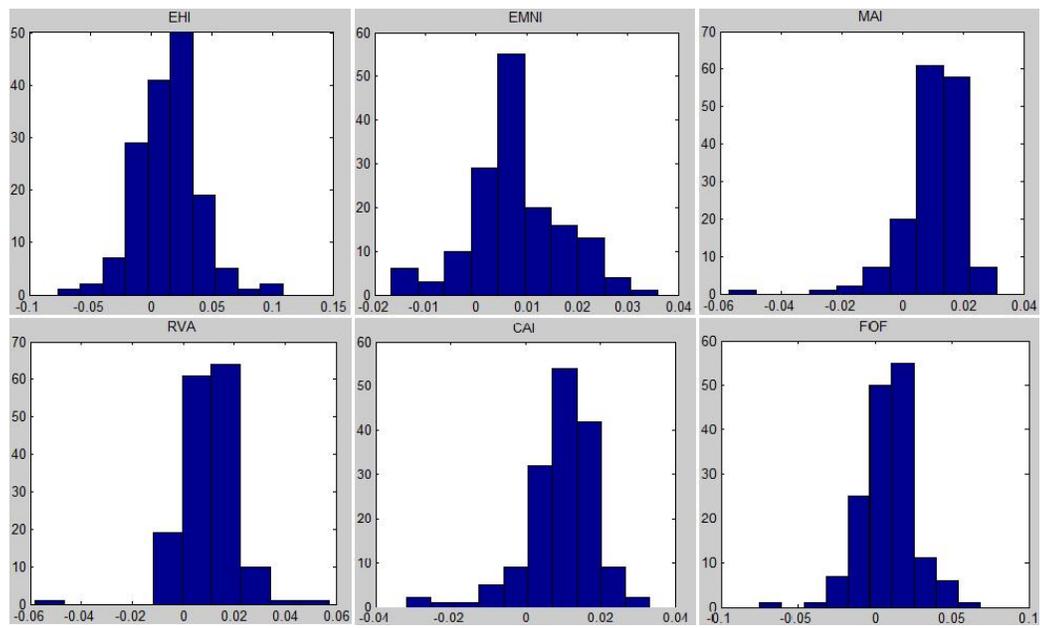


FIGURE 6.1 – Distributions empiriques à l'état 1 (1/2)

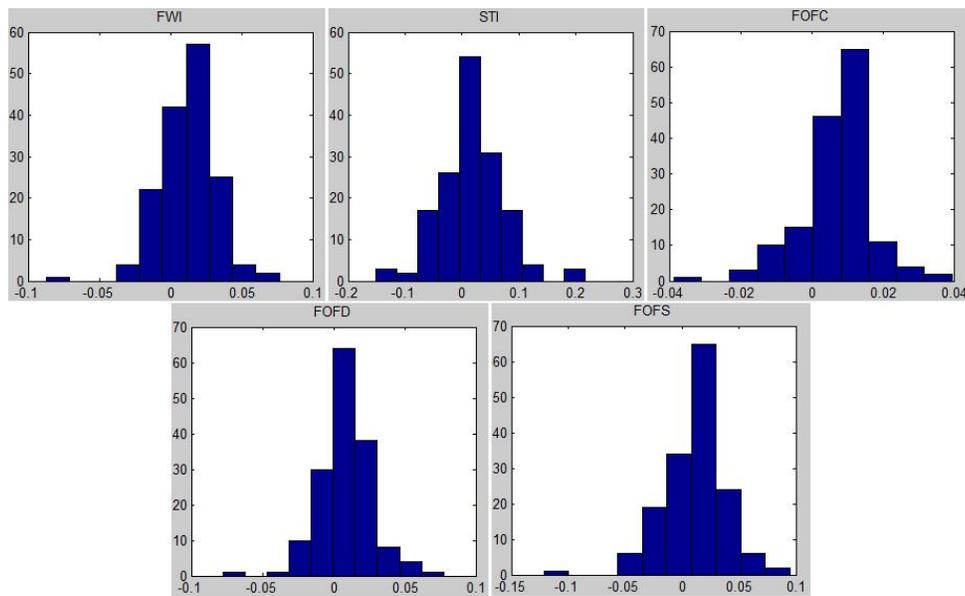


FIGURE 6.2 – Distributions empiriques à l'état 1 (2/2)

	EHI	EMNI	MAI	RVA	CAI	FOF	FWI	STI	FOFC	FOFD	FOFS
EHI	100%	42%	47%	53%	50%	81%	94%	84%	71%	78%	83%
EMNI		100%	35%	26%	28%	35%	37%	21%	37%	32%	35%
MAI			100%	55%	49%	48%	55%	34%	48%	45%	46%
RVA				100%	63%	53%	63%	40%	52%	51%	53%
CAI					100%	56%	59%	38%	56%	52%	57%
FOF						100%	89%	64%	90%	98%	95%
FWI							100%	81%	78%	87%	90%
STI								100%	55%	62%	70%
FOFC									100%	84%	84%
FOFD										100%	89%
FOFS											100%

TABLE 6.5 – Corrélations à l'état 1

### 6.3.2 Etat 2

L'état 2 se caractérise par une asymétrie négative générale ainsi qu'une augmentation de la corrélation entre ces onze stratégies, qui ne semblent donc pas échapper au phénomène de contagion observé sur les marchés financiers.

À première vue, les trois stratégies RVA, FWI et CAI semblent supérieures aux huit autres stratégies, selon les trois ratios de performance. Toutefois, en examinant leurs caractéristiques de plus près, nous remarquons que ces stratégies ne doivent leur supériorité qu'au niveau plus élevé de leurs rendements moyens à l'état 2. En effet, les rendements mensuels de ces trois stratégies tournent en moyenne autour du niveau relativement élevé de 0.4%.

Vu le signe négatif des primes de rendements dans cet état, l'analyse de ratios tels que Sortino et Sharpe devient délicate. En effet, pour deux stratégies présentant des primes de rendement négatives par rapport à l'actif sans risque, celle qui afficherait le ratio de performance le moins négatif pourrait être celle qui offre dans les faits le plus de volatilité. Dans ces circonstances, une décision d'investissement basée sur ces ratios de performance pourrait être lourde de conséquences.

Par ailleurs, le ratio Oméga ne procure qu'une faible discrimination entre les différentes stratégies dans cet état.

	EHI	EMNI	MAI	RVA	CAI	FOF	FWI	STI	FOFC	FOFD	FOFS
Moyenne	0.26%	0.09%	0.26%	0.43%	0.43%	0.11%	0.40%	0.31%	0.11%	0.11%	0.09%
Ecart-type	2.71%	0.78%	1.00%	1.60%	3.17%	1.63%	2.03%	3.13%	1.37%	1.58%	2.08%
Asymétrie	-0.877	-1.114	-1.222	-2.655	-2.090	-1.777	-0.956	-0.373	-2.502	-1.798	-1.417
Aplatissement	1.952	2.903	1.674	12.198	11.887	5.167	2.099	-0.337	8.407	5.013	3.288

TABLE 6.6 – Statistiques des rendements mensuels à l'état 2

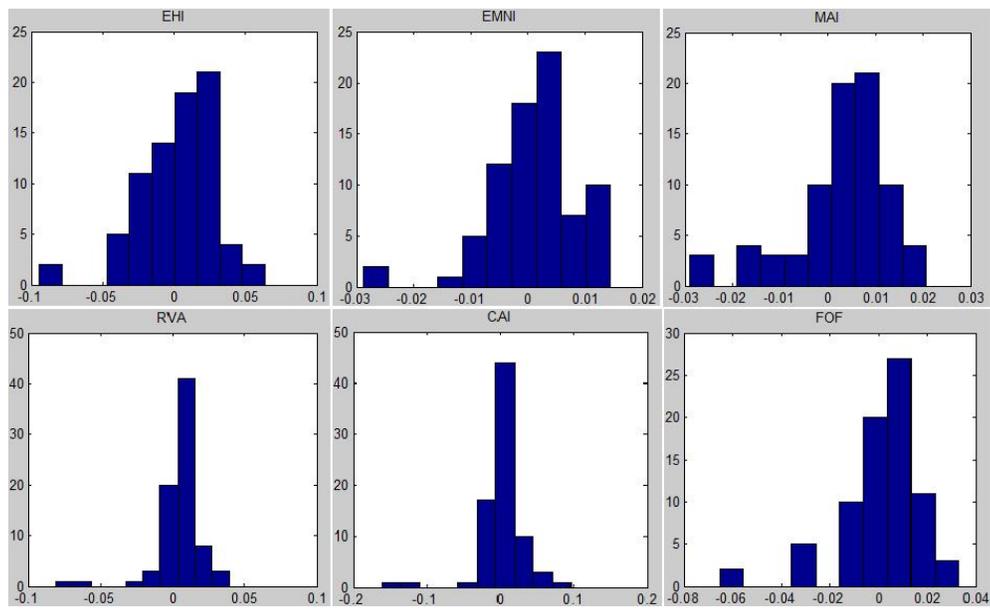


FIGURE 6.3 – Distributions empiriques à l'état 2 (1/2)

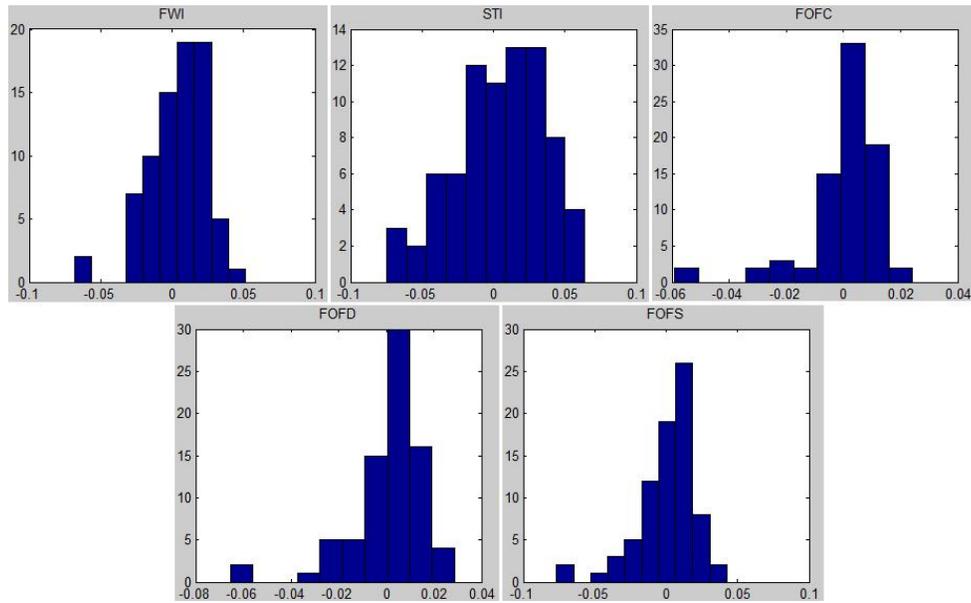


FIGURE 6.4 – Distributions empiriques à l'état 2 (2/2)

	EH	EMNI	MAI	RVA	CAI	FOF	FWI	STI	FOFC	FOFD	FOFS
EH	100%	50%	87%	81%	74%	91%	99%	83%	81%	90%	96%
EMNI		100%	36%	45%	35%	64%	51%	24%	65%	64%	57%
MAI			100%	69%	63%	80%	87%	80%	68%	80%	85%
RVA				100%	95%	88%	82%	57%	91%	87%	83%
CAI					100%	79%	75%	50%	82%	78%	74%
FOF						100%	94%	68%	96%	100%	97%
FWI							100%	83%	84%	92%	98%
STI								100%	57%	67%	77%
FOFC									100%	96%	89%
FOFD										100%	96%
FOFS											100%

TABLE 6.7 – Corrélations à l'état 2

# Chapitre 7

## Conclusion

Le but de ce mémoire était de repérer les stratégies de fonds de couverture dont la performance dépend de celle des marchés financiers.

Dans un premier temps, nous définissons un cadre d'analyse à partir des séries temporelles de six indices financiers. Nous proposons pour cela l'application d'un modèle de Markov dont nous limitons la composition à deux états, tel qu'inféré par le test de Cramér Von-Mises. L'application du MMC engendre deux états fortement différents. D'une part, le premier état déduit des observations mensuelles sur les différents indices financiers décrit un contexte de croissance soutenue et stable sur les marchés. La volatilité des indices  $y$  est faible. Il en est de même pour leurs corrélations. Enfin, les marchés des fonds propres  $y$  offrent en moyenne les plus gros rendements, notamment au niveau des marchés émergents. D'autre part, le deuxième état semble caractérisé par une contraction ainsi qu'une forte volatilité sur les marchés financiers. En effet, les corrélations des indices se raffermissent, soulignant un effet de contagion sur les marchés financiers. Les indices de fonds propres et de matières premières  $y$  sont nettement plus volatiles. Ainsi, dans cet état, les investisseurs privilégient les marchés de titres à revenu fixe ainsi que les valeurs refuges au profit des titres de fonds propres.

Dans un deuxième temps, nous décelons onze stratégies de fonds de couverture qui affichent des distributions de rendements différentes entre les deux états du modèle, via le test de Kolmogorov-Smirnov. Ces stratégies performant systé-

matiquement mieux à l'état de stabilité qu'à l'état de volatilité. Nous classons ensuite ces stratégies grâce à trois ratios de performance dans les deux états du modèle. A l'état de croissance et de faible volatilité, les stratégies « relative value » et « equity hedge », ainsi que leurs sous-stratégies respectives « convertible arbitrage » et « equity market neutral » sont les plus performantes d'entre les onze stratégies en question. Par contre, à l'état de volatilité, le classement de ces stratégies devient plus ardu, en raison de la faiblesse des rendements moyens généralement offerts.

Ce mémoire ouvre la porte à une étude sur les facteurs qui expliquent la prédominance de certaines stratégies par rapport à d'autres, dans le cadre de ce modèle espace-état. Ainsi, les raisons pour lesquelles certaines stratégies performant mieux que d'autres, conditionnellement au régime, pourraient être explorées par l'étude de leurs expositions dynamiques à différents facteurs de risque, à travers une méthode de filtrage dont les paramètres seraient estimés par l'algorithme EM.

# Bibliographie

- BAUM, L., PETRIE, T., SOULES, G. et WEISS, N. (1970). A maximization technique occurring in the statistical analysis of probabilistic functions of Markov chains. *Ann. Math. Statist.*, 41:164–171.
- BILLIO, M., GETMANSKY, M. et PELIZZON, L. (2006). Dynamic risk exposure of hedge funds : A regime-switching approach.
- BROWN, S., GOETZMANN, W. et LIANG, B. (2004). Fees on fees in funds of funds. *Yale International Center for Finance*, (02-33).
- CARRASCO, M., LIANG, H. et WERNER, P. (2004). Optimal test for markov switching. *Working paper*.
- DEMPSTER, A., LAIRD, N. et RUBIN, D. (1977). Maximum likelihood from incomplete data via the em algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society*, 39(1):1–38.
- DIONNE, G., HAMMAMI, K. et SIMONATO, J.-G. (2007). Regime shift in corporate bond spreads.
- FUNG, W. et HSIEH, D. (1997). Empirical characteristics of dynamic trading strategies : the case of hedge funds. *The Review of Financial Studies*, 10(2): 275–302.
- FUNG, W. et HSIEH, D. (2001). The risks in hedge fund strategies : Theory and evidence from trend followers. *The Review of Financial Studies*, 14(2):313–341.

- FUNG, W., HSIEH, D., NAIK, N. et RAMADORAI, T. (2006). Hedge funds : Performance, risk and capital formation.
- HAMILTON, J. (2005). Regime switching models. *Palgrave Dictionary of Economics*.
- HARDY, M. (2001). A regime-switching model of long-term stock returns. *N. Am. Actuar. J.*, 5(2):41–53.
- HARVEY, A. (1989). Forecasting, structural time series models and the kalman filter. *Cambridge University Press*.
- JUANG, B. et RABINER, L. (1985). Mixture autoregressive hidden markov models for speech signals. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 30:1404–1413.
- KAT, H. et BROOKS, C. (2001). The statistical properties of hedge fund index returns and their implications for investors. *Alternative Investment Research Centre*.
- KAT, H. et LU, S. (2002). An excursion into the statistical properties of hedge fund returns. *Alternative Investment Research Centre*.
- KAT, H. et PALARO, H. (2006). Replication and evaluation of fund of hedge funds returns. *Alternative Investment Research Centre*.
- LAROCHE, P. et RÉMILLARD, B. (2008). A statistical test for the Omega measure of performance. Rapport technique, Innocap.
- LEMOINE, M. et PELGRIN, F. (2003). Introduction aux modèles espace-etat et au filtre de kalman.
- PATTON, A. (2004). Are "market neutral" hedge funds really market neutral?
- PORITZ, A. (1982). Linear predictive hidden markov models and the speech signal. *Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Conference*, 7:1291–1294.

- 
- RABINER, L. (1989). A tutorial on hidden markov models and selected applications in speech recognition. *Proceedings of the IEEE*, 77:257–286.
- RÉMILLARD, B., HOCQUARD, A. et PAPAGEORGIU, N. (2010). Option pricing and hedging for regime-switching models.
- SHARPE, W. (1992). Asset allocation : Management style and performance measurement. *Journal of Portfolio Management*, 18:7–19.
- SNEDECOR, G. et COCHRAN, W. (1989). Statistical methods. *8th edn. Iowa State University Press : Ames, Iowa State, USA.*
- STOCK, J. et WATSON, M. (1990). New indexes of coincident and leading economic indicators. *NBER Working Paper No. R1380.*
- STOCK, J. et WATSON, M. (2004). Forecasting with many predictors. *Unpublished manuscript, Princeton University.*