

h e g

Haute école de gestion
Genève

Etude de la contagion sur les marchés actions

Travail de Bachelor réalisé en vue de l'obtention du Bachelor HES

par :

Simon JOLLIET

Conseiller au travail de Bachelor :

Michael DESFORGES, fondateur de Telexoo

Carouge, 31 mai 2016

Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE)

Filière économie d'entreprise

Orientation Banque & Finance

Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute école de gestion de Genève, en vue de l'obtention du titre de Bachelor of Science en économie d'entreprise orientation Banque et Finance.

L'étudiant a envoyé ce document par email à l'adresse d'analyse remise par son conseiller au travail de Bachelor pour analyse par le logiciel de détection de plagiat URKUND. <http://www.orkund.com/fr/student/392-orkund-faq>

L'étudiant accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. L'utilisation des conclusions et recommandations formulées dans le travail de Bachelor, sans préjuger de leur valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur, ni celle du conseiller au travail de Bachelor, du juré et de la HEG.

« J'atteste avoir réalisé seul le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie. »

Fait à Carouge, le 31 mai 2016

Simon Jolliet

Remerciements

Je tiens à exprimer mes remerciements sincères à Monsieur Michael Desforges, conseiller attitré à ce travail de bachelor, ainsi que ma profonde gratitude à ma famille et mes amis qui m'ont supporté durant la rédaction de cet ouvrage.

Résumé

Ce travail a pour but de mettre en évidence la nécessité de l'analyse en continu des coefficients de corrélation dans le but de prévenir le risque systémique. Dans un premier temps, on verra les fondements théoriques qui ont articulé la réflexion constituant la genèse de ce travail. Dans un deuxième temps, grâce à deux exemples, on verra comment l'étude des co-mouvements peut permettre d'observer l'effet de contagion sur les marchés actions. Finalement, des potentielles applications de l'analyse des coefficients de corrélation seront mises en avant. Par cette démarche, on constatera que l'observation des mouvements joints par le biais de l'analyse technique, peut permettre de déceler des opportunités d'investissements.

Table des matières

Déclaration.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé	iii
Table des matières	iv
Liste des tableaux	vi
Liste des figures.....	vi
1. Introduction.....	1
1.1 But	1
1.2 Hypothèses de recherche.....	2
1.3 Concepts théoriques.....	2
1.3.1 Théorie du Chaos.....	2
1.3.2 L'effet papillon	4
1.3.3 Application de l'effet papillon dans l'étude de la contagion.....	6
1.3.4 Théorie de l'efficience de marché	7
1.3.5 Le coefficient de corrélation	9
2. Analyse des corrélations sur les marchés des actions.....	12
2.1 Description de la démarche	13
2.2 Méthodologie de calcul.....	14
2.3 Analyse des corrélations entre le S&P 500 et le reste de l'échantillon... 16	16
2.4 Analyse des co-mouvements durant la crise financière de 2008.....	17
2.4.1 Mars 2008, le commencement.....	18
2.4.2 Septembre 2008, la faillite de Lehman Brothers	19
2.4.3 Février 2009, le fond du trou.....	21
2.5 Analyse des co-mouvements sur l'industrie pharmaceutique	23
2.5.1 Méthodologie.....	23
2.5.2 Analyse des observations	26
3. Quelles potentielles applications de l'étude de la contagion ?	27
3.1 Application pour un gestionnaire de portefeuille	27
3.2 Application pour un directeur financier d'une entreprise cotée.....	28
3.3 Stratégie basée sur la corrélation.....	28
3.4 Application de l'étude des corrélations aux stratégies d'arbitrage	29
4. Synthèse.....	30
4.1 Problématique du coefficient de corrélation pour l'étude de la contagion	30
4.2 Difficultés rencontrées	31
4.3 Conclusion.....	31

Bibliographie	33
Annexe 1 : Liste des composantes de l'échantillon pour l'analyse sur l'industrie pharmaceutique.....	35
Annexe 2 : Mapping des corrélations entre Valeant VRX et les autres actions de l'échantillon.....	38
Annexe 3 : Macro CollateData (Multiple Stock Quote Downloader).....	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Performance du portefeuille avec deux actifs.....	9
Tableau 2 : Description des données statistiques (rendement continu)	13
Tableau 3 : Test paramétrique sur les corrélations positives	15
Tableau 4 : Test paramétrique sur les corrélations positives	15
Tableau 5 : Rendements journaliers cumulés continus des indices étudiés entre le 1er janvier 2008 et le 17 mars 2008	19
Tableau 6 : Rendements journaliers cumulés continus des indices étudiés entre le 1er janvier 2008 et le 17 septembre 2008	20
Tableau 7 : Rendements journaliers cumulés continus des indices étudiés entre le 1er janvier 2008 et le 2 février 2009	22

Liste des figures

Figure 1 : Représentation des attracteurs de Lorenz en 3 dimensions dans l'étude du climat	6
Figure 2 : Corrélacion entre le S&P 500 et les autres indices du 1er juillet 1997 au 6 mars 2016.....	16
Figure 3 : Panier d'indices étudiés du 1 ^{er} janvier 2008 au 31 décembre 2009	18
Figure 4 : Carte des indices au 17 mars 2008 par rapport au 1 ^{er} janvier 2008.....	19
Figure 5 : Carte des indices au 17 septembre 2008 par rapport au 1 ^{er} janvier 2008	20
Figure 6 : Corrélacion entre le S&P 500 et les autres indices étudiés de janvier 2008 à décembre 2009.....	21
Figure 7 : Carte des indices au 2 février 2009 par rapport au 1 ^{er} janvier 2008	22
Figure 8 : Corrélacion entre l'action Valeant et les autres actions de l'échantillon entre juin 2015 et février 2016	24
Figure 9 : Evolution des prix des actions d'un sous-échantillon	25

1. Introduction

La crise financière de 2008 permet de mettre en avant les disfonctionnements des marchés financiers modernes mais pas seulement. Elle a aussi permis de montrer à quel point nous vivons dans un monde interconnecté. Selon un rapport du cabinet de conseil McKinsey paru en décembre 2015, la fonction de la gestion du risque dans les institutions financières va subir une transformation fondamentale dans les dix prochaines années. Cette mue découle de différents trends dont principalement :

- La nouvelle vague réglementaire
- L'expérience clients à travers les services financiers
- La détection de nouveaux types de risques.

Ces nouveaux risques peuvent être de différentes natures comme le risque de modèle, représentant l'incertitude en lien avec les méthodes d'évaluation et de calculs, le risque de cyberattaque ou encore le risque de contagion.

Toujours selon McKinsey, le risque de contagion réside principalement dans l'interconnectivité et l'interdépendance entre les marchés financiers, et plus globalement entre les différentes économies mondiales. L'augmentation des flux internationaux et la globalisation de la finance sont tels que le risque de contagion devient un aléa de plus en plus crucial. Plus les liens entre les marchés sont étroits plus la volatilité des valeurs boursières peut se répandre vite (**McKinsey, 2015**).

- Comment peut-on observer l'effet de contagion sur les marchés financiers de manière systématique ?
- Dans quelle situation le coefficient de corrélation permet d'approximer son exposition au risque de contagion ?

C'est à ces problématiques que je vais tenter de répondre tout au long de ce mémoire.

1.1 But

A travers ce travail, je souhaite décrire les études précédemment menées sur l'observation de l'effet de contagion et papillon dans l'univers des marchés des actions. De plus, je désire analyser les corrélations des indices actions les uns par rapport aux autres, puis me pencher sur les titres composant ces indices. Le but du travail est d'être capable de démontrer que l'on peut observer le co-mouvement entre certains titres qui, a

priori, n'auraient aucun lien mais réagissent régulièrement de manière concomitante ou inverse. Pour ce faire, je compte commencer par étudier ces relations entre les indices afin d'avoir un univers d'analyse resserré, puis intégrer plus d'informations en élargissant l'échantillon aux composantes de ces indices. Les résultats escomptés sont :

- déceler des corrélations discursives ;
- démontrer l'utilité d'une telle analyse pour la gestion du risque d'un portefeuille.

1.2 Hypothèses de recherche

Ma première hypothèse suppose qu'une corrélation entre les titres permettrait l'observation de l'effet de contagion sur les marchés actions. Ce qui impliquerait une hypothèse sous-jacente : le coefficient de corrélation serait un indicateur fiable pour déterminer cette relation.

Ma seconde hypothèse présume que la corrélation permettrait d'établir un modèle d'évaluation systématique pour l'observation et l'anticipation du risque de contagion.

1.3 Concepts théoriques

Les concepts dont je me suis inspiré pour effectuer mes recherches sont : les principes du chaos et son implication dans la genèse de la théorie de l'effet papillon de Lorenz (1968), ainsi que l'efficience de marché et les fondamentaux mathématiques de la corrélation.

1.3.1 Théorie du Chaos

Les prémices de la théorie du Chaos remontent à l'Antiquité, quand l'Homme essaie de comprendre son environnement, en observant et analysant le mouvement des astres. Selon Claude Ptolémée (90-168), astronome du premier siècle après J.-C., notre galaxie est caractérisée en son centre par un axe autour duquel les planètes évoluent de manière circulaire. Cette théorie, le géocentrisme, met la Terre au centre de l'Univers (**Demerson, 1993**). Le modèle de Ptolémée est une base pour l'étude du cosmos jusqu'à ce qu'un chanoine, astronome et médecin polonais remette en question les hypothèses de Ptolémée.

Nicolas Copernic (1473-1543), en rupture totale avec la pensée établie, propose un modèle dans lequel le Soleil serait le centre de l'Univers : l'héliocentrisme. Fortement

contesté par les autorités religieuses, il reçoit le soutien d'un autre astronome de son temps, Galileo Galilée (1564-1642). Celui-ci devra par la suite se rétracter sous les menaces de l'Église catholique romaine. Il faut attendre 1757 pour que le Pape Benoît XIV lève les interdits sur ce modèle du cosmos (**Lonchamp, 1995**).

Johannes Kepler (1571-1630) est le premier à tenter de calculer la trajectoire des planètes autour du Soleil, il démontrera aussi que les astres ne se déplacent pas sur des trajectoires circulaires mais elliptiques.

Malgré ces découvertes, il a toujours été difficile de prévoir les trajectoires des planètes correctement. Le mathématicien français Henri Poincaré (1854-1912) l'a démontré en proposant une analyse géométrique des mouvements qui explique l'échec des calculs linéaires de ses prédécesseurs. En appliquant sa méthode à un modèle simplifié du système solaire composé de 3 astres, il arrive à prouver qu'il n'est pas possible de déterminer leurs interactions. Voilà un système parfaitement décrit par les équations mais dont il est impossible de prévoir les mouvements (**Poincaré, 1890**). Des décalages existent entre les observations et les calculs. D'où proviennent-ils?

Comme l'a dit Isaac Newton (1643-1727), les masses s'attirent entre elles. Entre tous les corps célestes, il existe une attraction mutuelle. Jupiter est 1000 fois plus lourd que la Terre ce qui fait dévier la trajectoire de celle-ci. Cela crée des petites variations qui, accumulées au cours des siècles, peuvent donner de grandes différences de mouvements. Si on étudie leurs trajectoires sur plusieurs millions d'années on peut observer la présence de mouvements chaotiques. L'une de ces manifestations est la sensibilité aux conditions initiales, c'est-à-dire les valeurs primaires utilisées pour décrire un système à son origine. Si l'on fait une erreur de 15 mètres sur la position de la Terre dans le système solaire, après 10 millions d'années cette erreur devient 150 mètres mais sur 100 millions d'années cette erreur devient 150 millions de kilomètres, la distance Terre-Soleil, ce qui implique qu'il devient impossible de situer la planète sur son orbite. Sur plusieurs milliards d'années on peut voir que la trajectoire de Mercure peut se modifier de telle manière à pouvoir couper celle de Venus.

Comme dans le domaine de l'astronomie, en mathématique, on peut définir un système chaotique lorsque l'on est en présence des conditions suivantes :

- la forte dépendance aux conditions initiales
- l'évolution graphique suivant un processus répétitif

C'est à ces problèmes de prévisibilité que se sont confrontés beaucoup de mathématiciens. L'intérêt que l'Homme a pour déterminer le futur ne se cantonne pas à l'étude des astres mais également à la météorologie, la biologie, la physique des particules et bien sûr à la Finance. Un philosophe et homme de science français, Pierre-Simon de Laplace dit dans Essai philosophique sur les probabilités :

« Nous devons donc envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur, et comme la cause de celui qui va suivre. Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'Analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome; rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux. L'esprit humain offre, dans la perfection qu'il a su donner à l'Astronomie, une faible esquisse de cette intelligence. »
(Laplace 1886, p. 6-7)

Les recherches de Poincaré permettent à plusieurs scientifiques d'étudier les systèmes complexes : Aleksandr Andronov (1901-1952), un ingénieur russe, membre de l'Académie des sciences de l'URSS, a utilisé les travaux de Poincaré pour développer les Bifurcations de Hopf, ce qui a permis d'aboutir à de grandes avancées dans l'ingénierie ; John van Neumann, un physicien américano-hongrois du XXème siècle, s'est aussi inspiré des travaux du mathématicien français pour les appliquer aux prévisions météorologiques. Puis ce fut au tour de l'américain Edward Lorenz de poursuivre la démarche de Henri Poincaré et de développer ce qui le rendra célèbre : la théorie de l'effet papillon.

1.3.2 L'effet papillon

Edward Lorenz (1917-2008) est un scientifique américain qui a appliqué l'étude des mouvements chaotiques à l'observation des mécanismes de l'atmosphère. Lorsque l'on observe l'atmosphère, on remarque qu'elle est infiniment plus complexe que la dynamique des astres : il faut prendre en compte les températures, les densités, les pressions, les humidités, la vitesse des vents etc., à chaque point de son espace. Ces phénomènes impliquent un nombre gigantesque de variables ce qui rend son analyse extrêmement compliquée (**Leys 2013**).

Lorenz développe un modèle de 12 équations qui ont tourné sur son ordinateur pendant 2 ans. Il a essayé de simplifier ses équations et a remarqué que seules 3 variables ont un impact significatif sur les résultats. Ce qui l'a conduit à trois équations non-linéaires.

Équation 1 : Système dynamique différentiel de Lorenz

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \sigma(y(t) - x(t)) \\ \frac{dy(t)}{dt} = \rho x(t) - y(t) - x(t)z(t) \\ \frac{dz(t)}{dt} = x(t)y(t) - \beta z(t) \end{cases}$$

(Mae 2014)

Celles-ci rendent compte de phénomènes compliqués et donnent des résultats très irréguliers. Le hasard aide un peu Lorenz : son ordinateur enregistre 6 décimales après la virgule alors que son imprimante n'en affiche que 3. Lorsqu'il veut relancer son modèle, il introduit les résultats précédents avec 3 chiffres après la virgule et tombe sur des résultats extrêmement différents de ceux qu'il avait pu observer auparavant. Il en conclut que si des petits écarts aux conditions initiales pouvaient provoquer de telles différences de trajectoires, il serait impossible de proposer une quelconque prévision. Car pour faire une prévision, il faut obtenir un résultat unique pour chaque expérience effectuée avec des conditions initiales identiques.

Lorenz a montré qu'en partant de 3 équations à priori simples, on peut aboutir à une analyse compliquée des résultats. De plus, il a illustré par la pratique la sensibilité d'une solution aux conditions initiales d'un système, ici, de l'atmosphère.

Cela est vérifiable en faisant un test sur 3 ordinateurs différents qui calculent 3 mêmes équations. Il sera possible d'observer 9 séries de résultats différents dus à de toutes petites variations de réglage des ordinateurs.

Si un prévisionniste veut observer les résultats des équations de Lorenz, il doit mettre en place un modèle joué. C'est à dire un modèle simplifié dont on connaît les conditions initiales et finales et dont l'objectif est d'analyser l'évolution du système. Les mathématiciens utilisent des modèles joués dans le but de comprendre des systèmes complexes. Si le prévisionniste veut appréhender le problème complexe de l'observation de l'atmosphère, il peut prendre en compte les variables suivantes : la température, l'humidité et la vitesse du vent. Il s'aperçoit que les résultats diffèrent beaucoup. C'est notamment la représentation graphique de ceux-ci qui est intéressante car ils s'agrègent tous autour d'une forme particulière.

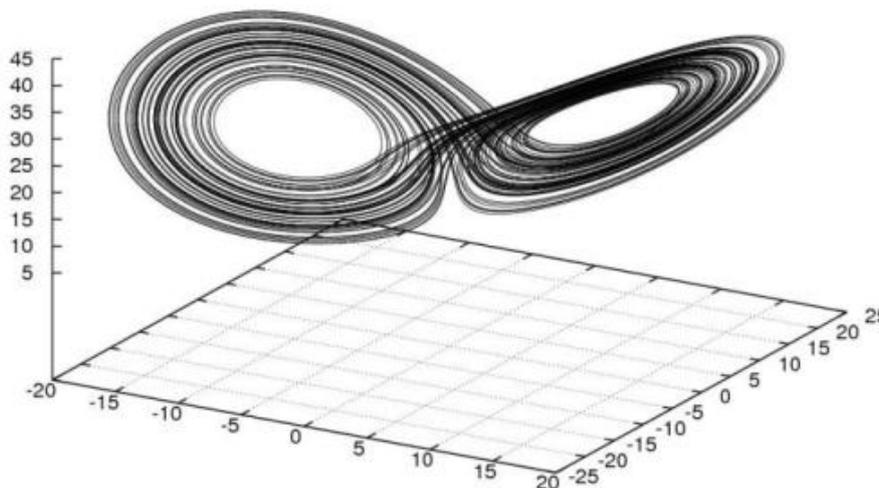
Admettons que l'on veuille étudier deux systèmes quasi identiques. Nous pouvons les représenter sur un tableau à trois dimensions. Au début ils vont réagir de la même

manière, leurs trajectoires seront très proches. Mais peu à peu, sur la représentation graphique, on verra leurs chemins diverger. Les deux évolutions se séparent de manière significative. C'est à nouveau la représentation du chaos, la dépendance aux conditions initiales.

C'est en 1972 que l'on entend pour la première fois parler de l'Effet papillon. Edward Lorenz est invité à un colloque interdisciplinaire réunissant des mathématiciens, des physiciens, des ingénieurs, des chimistes, des dynamiciens et des économistes. Il tarde à envoyer le titre de sa présentation aux organisateurs, alors ceux-ci prennent l'initiative de le nommer : "Effet papillon, un battement d'ailes au Brésil provoque un ouragan au Texas" (**Lorenz 1967**).

Les travaux de Lorenz ne se contentent pas de révéler l'impossibilité de déterminer quelque chose. Il va bien plus loin que ça. Il montre par la suite que les évolutions de plusieurs systèmes, avec des conditions initiales proches comme éloignées, s'accumulent toutes dans un même schéma, modèle ou motif si l'on veut l'exprimer ainsi. On appelle cela l'attracteur de Lorenz. Au lieu de connaître le futur d'une condition initiale, il a essayé de comprendre l'attracteur, comment se comportent les dynamiques internes.

Figure 1 : Représentation des attracteurs de Lorenz en 3 dimensions dans l'étude du climat



(Sperber, Paris, 2008. [en ligne])

1.3.3 Application de l'effet papillon dans l'étude de la contagion

Pour pouvoir utiliser les recherches d'Edward Lorenz, il faut au préalable démontrer que le jeu de données a bien une dynamique chaotique. Les mathématiciens utilisent en général des sets pouvant comprendre plus de 100'000 observations. Toutefois, les économistes, n'ayant accès qu'à un nombre fini de données, sont astreints à utiliser un nombre substantiellement plus petit. Les plus grands sets étudiés sont en général de

2'000 observations (**Hsieh, 1990. p.10**), ce qui rend notamment difficile la détection du comportement chaotique d'un jeu de données.

Plusieurs chercheurs ont déjà tenté d'élargir l'étude du chaos au domaine de la Finance. Par exemple David A. Hsieh, qui a voulu observer les hausses de volatilité sur les marchés durant les crises. Il remet en question les dynamiques qui entraînent les marchés financiers et propose une démarche pour détecter le chaos dans l'évolution des valeurs boursières. Il conclut que la volatilité observée ne peut être créditée d'une dynamique chaotique. (**Hsieh, 1990**)

Dans le monde des économistes, plusieurs questions restent en suspens :

- Les cycles économiques sont-ils la résultante du hasard ou la structure inhérente à l'économie ?
- Les échanges sur les marchés financiers sont-ils auto-générateurs de leurs conditions de marché ? (**LeBaron, 1994. p. 7**)

1.3.4 Théorie de l'efficience de marché

Les prémisses de l'efficience de marché remontent au début du XXème siècle. Louis Bachelier (1870,1946), un mathématicien français étudiant de Poincaré, écrit sa thèse de doctorat intitulée « Théorie de la spéculation » (**Bachelier 1900**) dans laquelle il souhaite étudier les causes des mouvements sur les marchés financiers. Avec le peu de données qu'il avait en sa possession, il monte un modèle qui est incroyablement proche de ce que pourrait être la réalité d'aujourd'hui, même si beaucoup de théoriciens en pensent le contraire. Un de ses constats est le suivant :

*« Les influences qui déterminent les mouvements de la bourse sont innombrables, des événements passés, actuels ou même escomptables, ne présentant souvent aucun rapport apparent avec ses variations, se répercutent sur son cours. »
(Bachelier 1900, p. 21)*

Cependant, il classe les éléments provoquant des mouvements de marché en deux groupes : les causes dites « naturelles » et les causes « factices ou artificielles ».

Les causes « naturelles » peuvent être politiques, économiques ou financières alors que les causes « factices » sont la résultante des effets des bourses sur elles-mêmes, « le mouvement actuel est fonction, non seulement des mouvements antérieurs, mais aussi de la position de place » (**Bachelier 1900, p. 21**). Il en déduit que :

« La détermination de ces mouvements se subordonne à un nombre infini de facteurs: il est dès lors impossible d'en espérer la prévision mathématique. Les opinions contradictoires relatives à ces variations se partagent si bien qu'au même instant les acheteurs croient à la hausse et les vendeurs à la baisse »

(Bachelier 1900, p. 21)

« Il semble que le marché, c'est-à-dire l'ensemble des opérateurs, ne doit croire à un instant donné ni à la hausse, ni à la baisse, puisque, pour chaque cours coté, il y a autant d'acheteurs que de vendeurs... »

«... par considération des cours vrais, on peut dire: le marché ne croît, à un instant donné, ni à la hausse, ni à la baisse du cours vrai" par conséquent, "l'espérance mathématique du spéculateur est nulle. »

(Bachelier 1900, p. 34)

En prenant en compte le postulat de Bachelier, cela implique qu'il devient inutile et irréalisable de prévoir le cours d'un actif financier:

« Le cours considéré par le marché comme le plus probable est le cours vrai actuel: si le marché en jugeait autrement, il coterait non pas ce cours, mais un autre plus ou moins élevé »

(Bachelier 1900, p. 34).

« Ainsi, pour intervenir sur un marché avec efficacité, point est besoin de connaître l'ensemble des cours passés; la valeur du dernier cours coté présent suffit, et l'on considère l'avenir seul. Par analogie, considérons les jeux échec et de bridge. Pour intervenir au cours d'une partie de bridge, il est nécessaire de connaître avec précision la totalité des annonces et des coups antérieurs: le futur dépend étroitement du passé, et l'absence de cette connaissance empêche de pouvoir jouer. Tandis que, dans le cas des échecs, jeu dit "à information parfaite", il est possible d'entrer dans le jeu à tout instant, et de pouvoir prendre la place d'un joueur, sans avoir besoin de connaître la succession des coups et prises antérieurs: toute information nécessaire à action est condensée dans la position présente des pièces sur l'échiquier. La succession des coups aux échecs caractérise un processus sans mémoire (ou markovien); tandis que, dans le cas du bridge, il existe une mémoire du jeu mémoire qui influe sur les coups à venir. »

(Walter 1996, p. 877-878)

« Si toutes les informations nécessaires à une intervention gagnante sont déjà dans les cours, alors, les seules causes de variations nouvelles ne pourront provenir que de l'arrivée d'éléments d'information non prévisibles, et seront donc aléatoires ».

(Walter 1996, p. 878)

Grâce à l'utilisation de la volatilité pour étudier les marchés boursiers, on ne cherchera plus à déterminer la direction des mouvements (perspective directionnelle) mais plutôt se concentrer sur leurs amplitudes (perspective distributive)

A partir du milieu des années soixante, il a été accepté que les marchés puissent avoir une mémoire. Une mémoire longue ou infinie a pu être démontrée grâce à l'apparition

des ordinateurs permettant de traiter l'énorme masse de données qui était disponible à cette période. Les mouvements ont été étudiés minute après minute. Les résultats de ces études empiriques vont à l'encontre des conclusions de Bachelier et Osborne expliquant que les variations des marchés financiers suivent une marche au hasard. Ils sont, cependant, encore largement utilisés dans la pratique car il est apparu que ces hypothèses permettent de développer des modèles très proches de la réalité. **(Walter, 1996)**

1.3.5 Le coefficient de corrélation

Dans le domaine de la Finance, la mesure du coefficient de corrélation permet de détecter la relation qu'un actif pourrait avoir avec un autre, en impliquant aussi les risques que l'autre actif pourrait faire émerger.

On peut distinguer deux types de corrélations: la corrélation statique et la corrélation dynamique. Quand on observe la corrélation statique, on étudie de quelle manière deux actifs évoluent sur le marché durant une période de temps définie. La corrélation dynamique observe les mouvements de deux actifs sur le marché en temps réel. Le risque de corrélation est le risque de perte induit par un mouvement inverse de la corrélation entre deux ou plusieurs variables.

Selon Markowitz (1927), et Sharpe (1934), la diversification des actifs dans un portefeuille, peut augmenter la performance tout en diminuant le risque. De plus, on peut dire qu'une bonne diversification implique une corrélation faible entre les composants du portefeuille en question. Voici un exemple qui illustre bien ce phénomène :

Mettons-nous dans la peau d'un gestionnaire de fortune qui doit gérer le portefeuille d'un client composé de deux actifs, X et Y.

Tableau 1 : Performance du portefeuille avec deux actifs

Année	Actif X	Actif Y	Performance de l'actif X	Performance de l'actif Y
2008	100	200		
2009	120	230	20.00%	15.00%
2010	108	460	-10.00%	100.00%
2011	190	410	75.93%	-10.87%
2012	160	480	-15.79%	17.07%
2013	280	380	75.00%	-20.83%
	Moyenne		29.03%	20.07%

(Correlation Risk Modeling and Management 2013, p. 6)

On peut définir la performance de l'actif X en temps t comme x_t , et la performance de l'actif Y en temps t comme y_t . La performance est calculée en pourcentage du changement, $\frac{(S_t - S_{t-1})}{S_{t-1}}$, où S est le prix. La performance moyenne de l'actif X durant la période de 2009 à 2013 est de $\mu_X = 29.03\%$; en ce qui concerne l'actif Y la performance moyenne est de $\mu_Y = 20.07\%$. Si on suppose que la proportion de l'actif X dans le portefeuille est de w_X de l'actif Y de w_Y , la performance du portefeuille sera de

$$\mu_P = w_X \mu_X + w_Y \mu_Y$$

où $w_X + w_Y = 1$.

L'écart-type des performances de l'actif X , aussi appelé la volatilité, est la somme des écarts à la moyenne au carré, l'équation est la suivante :

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (x_t - \mu_X)^2}$$

Où x_t est la performance de l'actif X en temps t et n est le nombre d'observations dans le temps. Dans l'exemple du tableau 1, nous trouvons $\sigma_X = 44.51\%$ et $\sigma_Y = 47.58\%$. Après avoir déterminé les écarts-types des deux actifs, on peut se pencher sur la covariance. La covariance illustre la manière dont deux variables bougent ensemble, elle mesure la force de la relation linéaire qu'il y aurait entre ces deux variables. Elle est déterminée par la formule suivante :

$$Cov_{XY} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (x_t - \mu_X)(y_t - \mu_Y)$$

Pour le gestionnaire de fortune, le résultat de cette équation donne : $Cov_{XY} = -0.1567$. En général on n'utilise pas la covariance car elle n'est pas facile à interpréter : sa valeur peut être comprise dans un intervalle compris entre $-\infty$ et $+\infty$. C'est pour cela qu'on utilise le coefficient de corrélation de Pearson. Comme la covariance, il nous donne le comouvement de deux variables en prenant une valeur comprise entre -1 et $+1$. Zéro étant la représentation d'aucune relation entre les deux variables étudiées. On calcule le coefficient de Pearson comme suit :

$$\rho_{XY} = \frac{Cov_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Avec les données du tableau 1, nous trouvons un coefficient de corrélation de $\rho_{XY} = -0.7403$. Ce qui implique que nos deux actifs sont corrélés négativement. Cela signifie qu'en général quand l'actif X gagne 1 %, l'actif Y perd 0.7403 %. Cela montre que la diversification du portefeuille a été bien faite. Cependant, même si un portefeuille est composé de titres très peu corrélés, il subsiste toujours un risque systématique, car lorsque l'on subit une crise financière générale, tous les titres ont tendance à perdre de la valeur. **(Correlation Risk Modeling and Management 2013, p. 6-7)**

2. Analyse des corrélations sur les marchés des actions

Dans cette partie je vais expliciter mon analyse dans le but de répondre aux questionnements centraux de ce travail:

- Est-il possible d'utiliser la corrélation pour étudier la contagion sur les marchés actions ?
- Est-il possible de le faire de manière systématique ?

Un des objectifs de ce travail est de chercher un moyen de détecter et d'analyser l'effet de contagion sur les marchés actions d'une manière systématique et dynamique.

Dans la littérature académique, on peut trouver différentes définitions de l'effet de contagion. Marzouki Haïthem propose cinq définitions de la contagion dans son papier « Contagion : Définitions et méthodes de détection ». Pour l'analyse qui nous intéresse, j'en ai retenu deux.

La première caractérise la contagion par « l'augmentation de la probabilité de crise dans un pays suite à l'avènement d'une crise dans un autre pays » (**Haïthem 2003, p. 4**). La seconde nous dit que la contagion s'illustre par « l'augmentation significative des mouvements des prix des actifs et de leurs quantités échangées à travers des marchés, suite à une crise se produisant dans un marché ou un groupe de marchés. » (**Haïthem 2003, p. 4**).

D'autre part, nous trouvons aussi des définitions provenant du monde de la pratique. Comme déjà mentionné dans l'introduction, McKinsey définit la contagion financière comme une évolution négative d'un marché qui peut se propager sur d'autres marchés et détériorer rapidement et significativement l'environnement opérationnel. Ce choc peut avoir des effets sur la situation économique domestique mais peut aussi, très rapidement, se diffuser au-delà des frontières par le biais des flux de capitaux étrangers. (**McKinsey, 2015**)

Je souhaite observer la contagion répondant à ces définitions mais également les plus petits mouvements qui ne seraient pas la conséquence d'une crise, d'un krach mais plutôt la répercussion d'un changement coordonné des attitudes des investisseurs. Ce sont ces mouvements de faible importance qui permettent de créer des portefeuilles diversifiés, à l'abri des risques systémiques, ou encore des opportunités d'investissement.

2.1 Description de la démarche

Mon intention première était de pouvoir effectuer une analyse globale sur un panier d'actions représentant toute l'économie mondiale. Pour ce faire j'ai utilisé la composition de l'indice MSCI ACWI qui englobe le MSCI World Index et le MSCI Emerging Markets Index. Ce panier d'actions est composé de 2'482 entreprises différentes et couvre 46 pays dont la moitié sont des pays développés et l'autre moitié des pays émergents. Cependant, je me suis rapidement aperçu que le nombre de données à analyser était trop volumineux pour le temps qui m'était imparti. Dans le but de diminuer le nombre d'informations à examiner et à observer l'effet de contagion sur les marchés des actions, je commencerai par démontrer que l'on peut déjà étudier cet effet entre les indices boursiers de la planète. Pour se faire j'ai sélectionné un échantillon d'indices représentatifs de chaque zone géographique. Cet échantillon comporte les indices suivants : S&P 500 pour les Etats-Unis, FTSE 100 pour le Royaume-Uni, DAX pour l'Allemagne, CAC 40 pour la France, ASX KOSPI pour la Corée du Sud, IPC pour le Mexique, IBOVESPA pour le Brésil, Nikkei 225 pour le Japon, Hang-Seng pour la Chine, BSE Sensex pour l'Inde.

Tableau 2 : Description des données statistiques (rendement continu)

Indice	Observations	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
S&P 500	4'684	1.45 %	0.0125	-9.4695 %	10.9572 %
FTSE 100	4'841	0.54 %	0.0121	-9.2645 %	9.3842 %
DAX	4'735	1.41 %	0.0154	-7.4335 %	10.7975 %
CAC 40	4'749	-0.07 %	0.0149	-9.4715 %	10.5946 %
S&P ASX	4'721	0.99 %	0.0101	-8.7043 %	5.7244 %
KOSPI	4'599	1.15 %	0.0181	-12.8047 %	11.2844 %
IPC	4'681	4.60 %	0.0145	-14.3145 %	12.1536 %
Ibovespa	4'760	2.27 %	0.0211	-17.2082 %	28.8325 %
Nikkei 225	4'583	-2.45 %	0.0152	-12.1110 %	9.4941 %
Hang-Seng	4'637	-0.35 %	0.0168	-14.7346 %	17.2470 %
BSE Sensex	4'603	2.49 %	0.0155	-11.8092 %	15.9900 %

(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

Grâce à un programme réalisé avec le langage de programmation VBA sur Excel (Multiple Stock Quote Downloader), j'ai cherché les données historiques de ces indices sur Yahoo Finance. J'ai limité les données historiques au 1^{er} juillet 1997 car il n'est pas possible d'obtenir des données antérieures pour les bourses indienne et coréenne. La troisième Macro du programme (voir annexe 3) permet d'agrèger les données de chaque ticker par colonnes et par dates. Cela m'évite de devoir réattribuer chaque donnée à une ligne chronologique continue, car il y a une grande disparité entre les indices en liens avec les jours de fermeture des bourses, comme, par exemple, les jours fériés.

La plupart des publications académiques sur ce sujet, distinguent deux problèmes importants : « nonsynchronous trading effect » et « nonsynchronous trading effect II » (Baumöhl, Vyrost, 2010. p. 415).

Le premier est le reflet de la non synchronisation des jours fériés ou religieux en fonction du pays dans lequel la bourse se situe, l'autre est le biais implicite aux heures d'ouverture des marchés qui sont décalés en raison des différents fuseaux horaires. Pour éviter ce type d'erreur, une grande partie des recherches dans ce domaine ont simplement décidé de ne pas prendre les données journalières des marchés et ont préféré les prix de clôture hebdomadaires ou mensuels. Dans ce travail, l'intérêt a été placé principalement sur l'analyse des données journalières car, en augmentant la fréquence des observations, je veux avoir à disposition le maximum d'informations en vue de pouvoir déceler des micros contagions.

2.2 Méthodologie de calcul

En vue de calculer les corrélations entre les indices, il a fallu déterminer le rendement relatif journalier au moyen de la formule suivante : $R_t = \ln \left[\frac{S_t}{S_{t-1}} \right]$. Les co-mouvements entre les indices ont été calculés sur Excel grâce à la fonction « =PEARSON($R_{S\&P500,t}$; $R_{S\&P500,t+74}$; $R_{indice,t}$; $R_{indice,t+74}$) » qui est pré-enregistrée dans le programme. Dans ce travail le coefficient est mesuré par sets de 74 observations. Afin de déterminer le nombre efficace d'observations à étudier, je me suis basé sur les travaux de J. P. Morgan et Reuters « RiskMetrics™ – Technical Document ». Il y est décrit page 95 comment déterminer le nombre de jours nécessaires à prendre en considération pour calculer la moyenne mobile pondérée exponentielle (EWMA) sur un long espace-temps. Ce n'est pas l'outil d'analyse qui nous intéresse ici mais, après avoir effectué des tests non paramétriques sur la régression linéaire, nous pouvons observer les résultats suivants :

Équation 2 : Validité d'une corrélation

$$T = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \sim \mathcal{T}_{n-2}$$

Tableau 3 : Test paramétrique sur les corrélations positives

$$\left. \begin{array}{l} H_0: \rho \leq 0 \\ H_1: \rho > 0 \end{array} \right\} t \sim T_{\alpha, n-2}$$

Scénarios	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.025$	$\alpha = 0.005$	$\alpha = 0.001$
t	4.898979486	4.898979486	4.898979486	4.898979486
r	0.5	0.5	0.5	0.5
n	74	74	74	74
α	0.05	0.025	0.005	0.001
T	1.666293696	1.993463567	2.645851913	3.207325951
Conclusion	H0 est nul	H0 est nul	H0 est nul	H0 est nul

Source : Auteur

Tableau 4 : Test paramétrique sur les corrélations positives

$$\left. \begin{array}{l} H_0: \rho \geq 0 \\ H_1: \rho < 0 \end{array} \right\} t \sim T_{\alpha, n-2}$$

Scénarios	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.025$	$\alpha = 0.005$	$\alpha = 0.001$
t	-4.898979486	-4.898979486	-4.898979486	-4.898979486
r	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
n	74	74	74	74
α	0.05	0.025	0.005	0.001
T	1.666293696	1.993463567	2.645851913	3.207325951
Conclusion	H0 est nul	H0 est nul	H0 est nul	H0 est nul

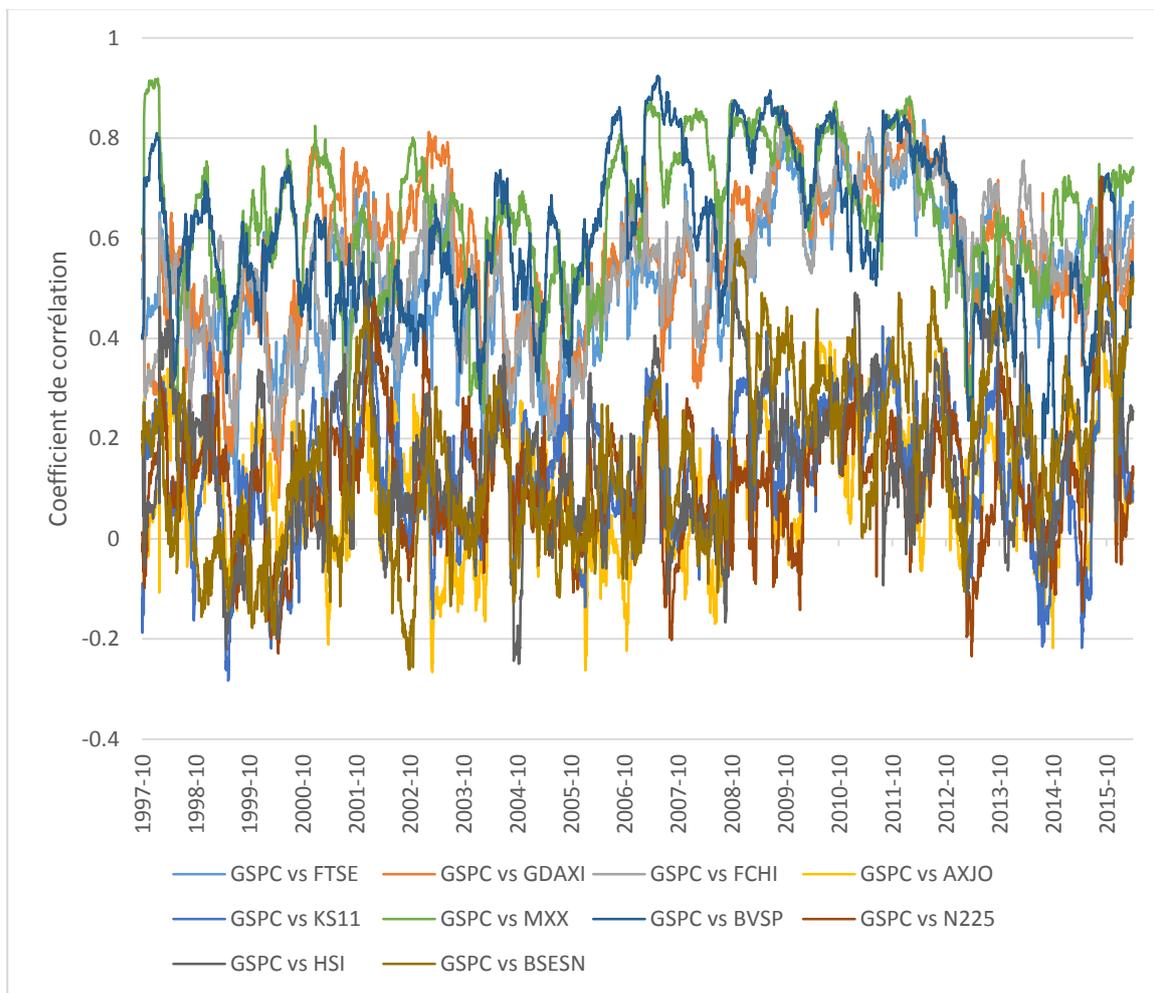
Source : Auteur

Les tableaux ci-dessus montrent que les coefficients de corrélation supérieurs à 0.5 et inférieurs à -0.5, avec des niveaux de confiance entre 0.05 et 0.001 et dont les estimations ont été effectuées avec 74 observations, sont significatifs et permettent une bonne évaluation du problème observé.

2.3 Analyse des corrélations entre le S&P 500 et le reste de l'échantillon

Après avoir calculé les co-mouvements, je les ai représentés graphiquement. La figure 2 est une représentation de l'évolution de la corrélation entre le S&P 500 et les autres indices considérés.

Figure 2 : Corrélation entre le S&P 500 et les autres indices du 1er juillet 1997 au 6 mars 2016



(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

Ce graphique est peu significatif pour étudier la contagion, c'est pourquoi j'ai pensé analyser cet effet sur des périodes plus petites où des événements particuliers ont provoqué l'augmentation des mouvements joints. Cependant on peut déjà distinguer, sur la figure 2, une séparation entre deux groupes d'indices.

Les indices sensibles au S&P 500 :

- FTSE 100
- CAC 40
- DAX
- IBOVESPA
- IPC Mex

Les indices affranchis :

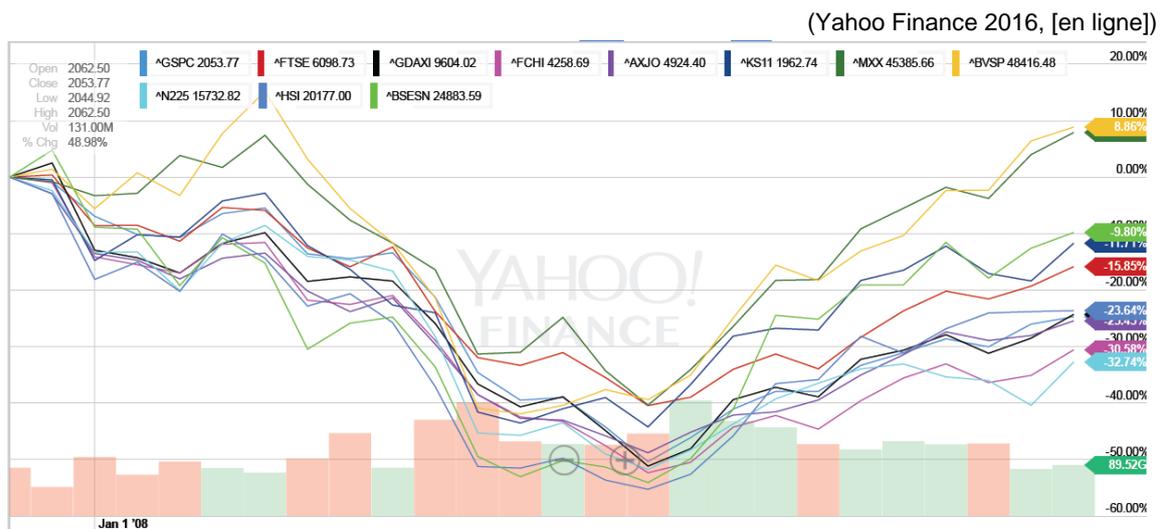
- S&P ASX
- KOSPI
- Ibovespa
- Nikkei 225
- Hang Seng
- BES-Sensex

Cette séparation entre les indices s'accroît entre les années 2005 et 2012, ce qui peut être expliqué par une polarisation entre les marchés avant et après l'explosion d'une bulle.

2.4 Analyse des co-mouvements durant la crise financière de 2008

Pour examiner les mouvements et voir l'effet de contagion sur un modèle, j'ai choisi un événement durant lequel la contagion a été avérée. La crise financière de 2008 permet d'étudier une chute vertigineuse des indices boursiers mondiaux d'au moins 30% comme on peut le voir sur la figure 3. Dans ce cas, la contagion s'est propagée dans un premier temps aux valeurs bancaires, cela étant dû à leur inter connectivité en lien avec les prêts interbancaires, puis elle s'est disséminée à travers tous les différents actifs présents sur les marchés financiers.

Figure 3 : Panier d'indices étudiés du 1^{er} janvier 2008 au 31 décembre 2009



Afin d'avoir une vue claire de la contagion, les rendements journaliers continus cumulés des indices analysés sont représentés sur un graphique avec une carte du monde (voir figures 4, 6 et 7). J'ai utilisé le rendement journalier continu cumulé depuis le 1^{er} janvier 2008.

$$(R_t = \ln \left[\frac{S_t}{S_{1er\ janvier\ 2008}} \right]).$$

2.4.1 Mars 2008, le commencement

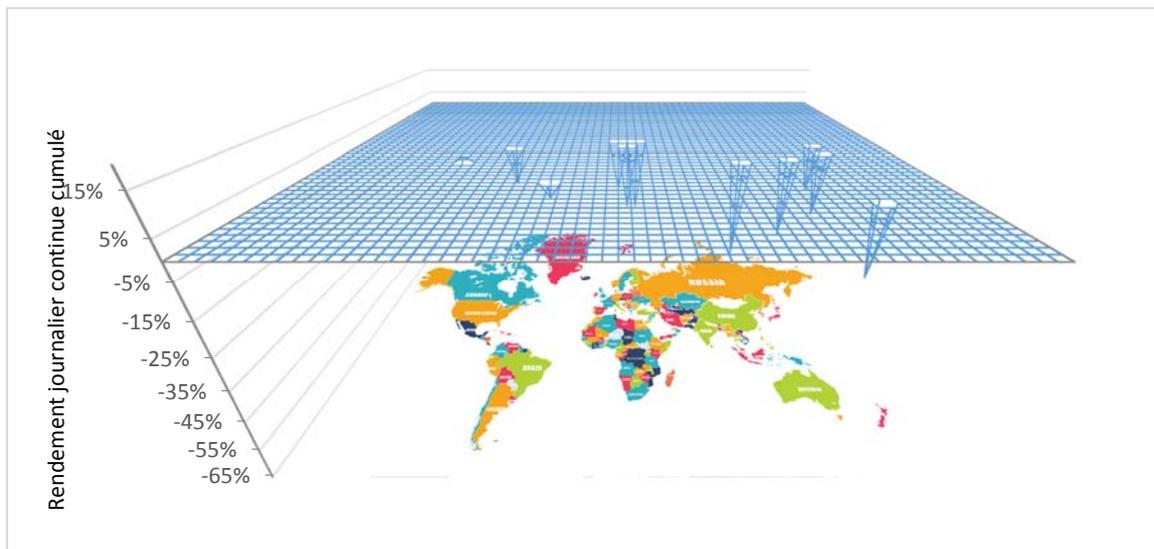
Sur la figure 4 on peut observer l'évolution des indices entre le 1^{er} janvier 2008 et le 17 mars 2008. Le lundi 17 mars 2008 est le premier jour ouvrable suite à l'annonce de JP Morgan Chase du rachat de Bear Stearns qui est la conséquence de leurs problèmes de liquidité. On voit que la plupart des marchés actions de la planète sont en baisse, sauf le Mexique qui gagne +2.0 % par rapport au 1^{er} janvier 2008. Après cet évènement, la majorité des indices sont repassés dans le vert malgré les signaux de détérioration du marché immobilier américain.

Tableau 5 : Rendements journaliers cumulés continus des indices étudiés entre le 1er janvier 2008 et le 17 mars 2008

	S&P 500	FTSE 100	DAX	CAC 40	S&P ASX	KOSPI	IPC	Ibovespa	Nikkei 225	Hang Seng	BSE-Sensex
Rendements cumulés	-12.5%	-17.6%	-25.1%	-22.5%	-22.2%	-16.3%	+2.0%	-4.5%	-22.0%	-26.7%	-32.3%

(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

Figure 4 : Carte des indices au 17 mars 2008 par rapport au 1^{er} janvier 2008



(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

On constate que la volatilité se propage plus fortement sur les marchés asiatiques et européens que sur le marché américain. Cela pourrait laisser penser que c'est la conséquence de la non synchronisation des ouvertures de marchés. Mais ce n'est pas le cas. C'est l'anticipation d'un grand mouvement à la baisse des titres américains par les autres bourses mondiales qui a fait sortir les investisseurs de leurs positions longue en masse.

2.4.2 Septembre 2008, la faillite de Lehman Brothers

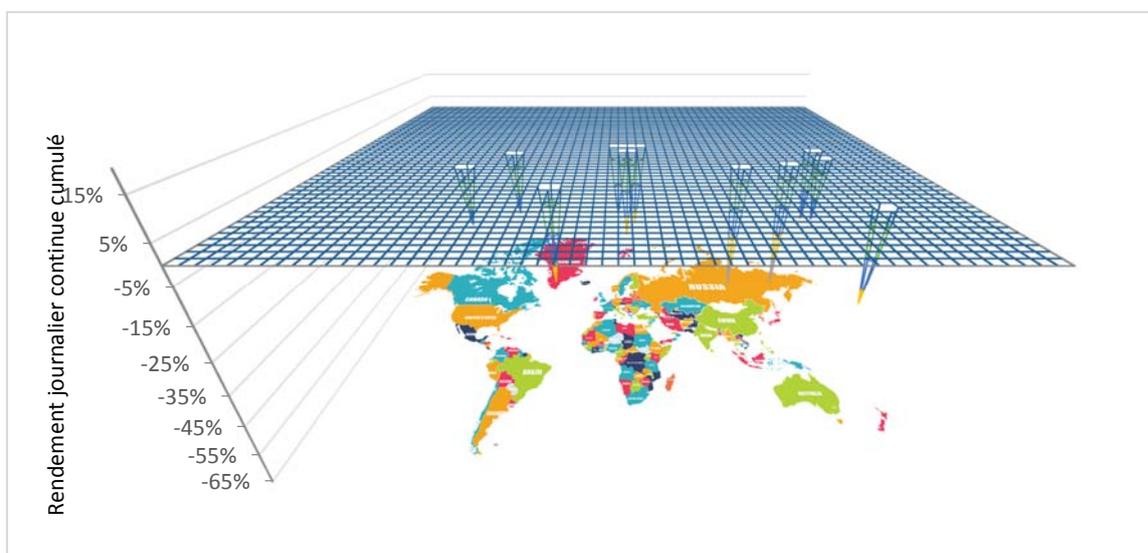
Durant les deux jours qui suivent l'annonce de la faillite de la banque d'investissement, tous les marchés mondiaux affichent des baisses vertigineuses. Le tableau 6 montre les effets sur les marchés de l'annonce de cette faillite. On peut constater que les marchés continuent de baisser, et aussi que ceux, encore isolés de la crise, commencent à rattraper la tendance mondiale.

Tableau 6 : Rendements journaliers cumulés continus des indices étudiés entre le 1er janvier 2008 et le 17 septembre 2008

	S&P 500	FTSE 100	DAX	CAC 40	S&P ASX	KOSPI	IPC	Ibovespa	Nikkei 225	Hang Seng	BSE-Sensex
Rendements cumulés	-22.4%	-27.3%	-30.4%	-32.7%	-29.6%	-26.2%	-20.1%	-31.3%	-22.3%	-44.6%	-43.3%

(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

Figure 5 : Carte des indices au 17 septembre 2008 par rapport au 1er janvier 2008

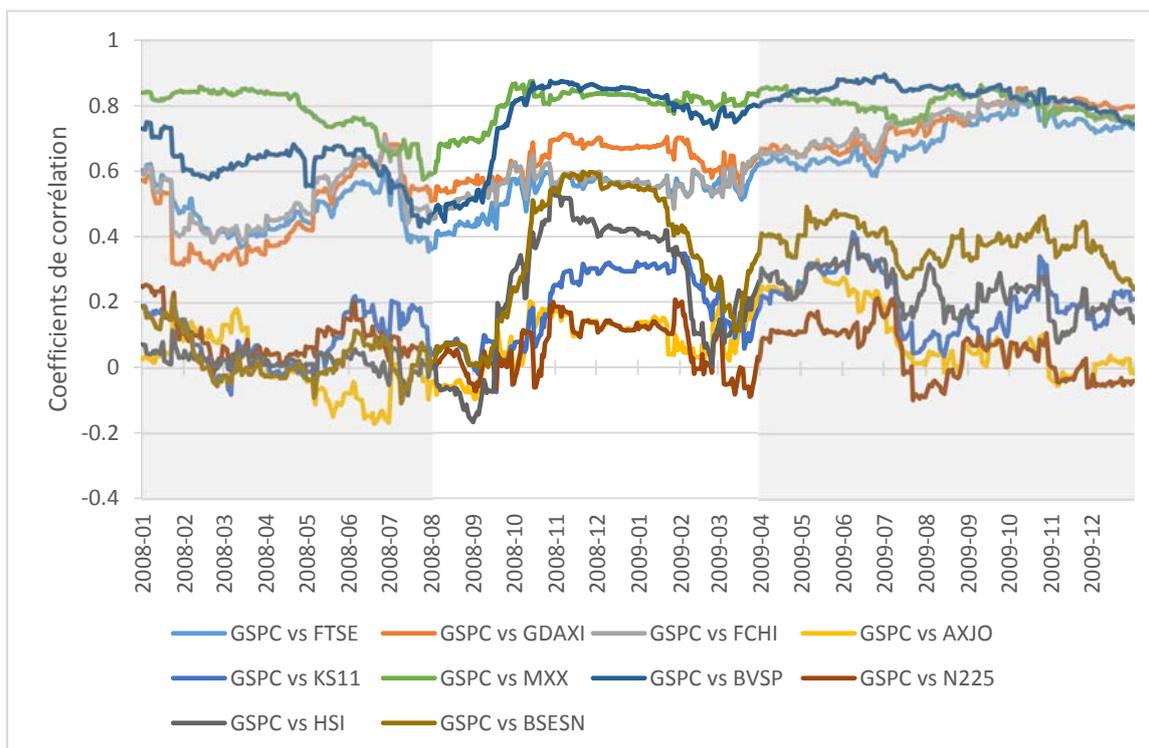


(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

La figure 6 est un zoom de la figure 2 et représente les corrélations entre les indices durant la crise financière. On peut observer une hausse généralisée des coefficients de corrélation. Cette augmentation des co-mouvements se voit aussi sur la figure 5 et le tableau 6 avec une baisse généralisée de tous les indices. Ici, on peut observer une contagion effective avec comme point de départ un évènement sur un marché qui implique des mouvements de volatilité due à la répercussion de cet évènement.

Cette augmentation de volatilité s'explique par l'assèchement des liquidités sur les marchés interbancaires. Après l'annonce de la faillite de Lehman Brothers, la confiance – le ciment permettant au système de prêts interbancaires – se désagrégea très rapidement. Car toutes les institutions financières savaient que chacune d'entre elles avaient un bilan largement constitué de produits toxiques.

Figure 6 : Corrélation entre le S&P 500 et les autres indices étudiés de janvier 2008 à décembre 2009



(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

On peut à nouveau observer une séparation entre les deux groupes précédemment décrits au point 2.3. On voit que ces deux ensembles n'ont pas les mêmes réactions aux événements. Cependant il y a des exceptions, comme le montre la période de septembre 2008 à février 2009, durant laquelle la volatilité de la corrélation entre les indices s'est atténuée. De plus, pour certains indices, comme le Nikkei 225, BSE-Sensex, le HangSeng et le KOSPI, nous pouvons observer les covariances les plus élevées de l'intervalle en question. Durant cette période, l'augmentation des coefficients de corrélation montre qu'il y a bien un phénomène de contagion.

2.4.3 Février 2009, le fond du trou.

Le dernier événement d'intérêt dans l'étude de la contagion de la crise financière se passe au mois de février 2009. Pourquoi cette date ? C'est le creux de la crise, le moment où tous les indices boursiers sont au plus bas. Avant la reprise, le S&P 500 est au niveau de février 1997, la pire perte de valeur de son histoire, plus violente encore que celle endurée après l'explosion de la bulle des dotcoms. Le Nikkei 225 est à son niveau le plus bas depuis 26 ans, les grandes banques d'investissement annoncent leurs pertes dont

notamment Royal Bank of Scotland qui atteint un record de perte pour une entreprise britannique avec 27 milliards d'euros au crédit de leur compte de résultat.

L'inversement des indices peut être expliqué par plusieurs évènements :

- 8 mars 2009, Barack Obama annonce qu'un plan de reprise économique est en marche,
- 14 mars, après une réunion avec ses homologues étrangers, Alistair Darling, ministre britannique des finances, annonce que le G20 prendra « toutes les mesures nécessaires pour protéger les grandes institutions financières, assainir le système financier mondial et relancer le crédit » (**L'OBS 2009**),
- 23 mars le Trésor américain dévoile son plan de rachat d'actifs toxiques.

Tableau 7 : Rendements journaliers cumulés continus des indices étudiés entre le 1er janvier 2008 et le 2 février 2009

	S&P 500	FTSE 100	DAX	CAC 40	S&P ASX	KOSPI	IPC	Ibovespa	Nikkei 225	Hang Seng	BSE-Sensex
Rendements cumulés	-56.1%	-45.9%	-62.1%	-63.8%	-59.6%	-47.9%	-38.1%	-48.5%	-62.3%	-76.2%	-81.4%

(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

Figure 7 : Carte des indices au 2 février 2009 par rapport au 1er janvier 2008



(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

En observant le tableau 7 ainsi que la figure 7, on peut affirmer qu'à ce stade, la crise s'est propagée sur tous les marchés actions. La contagion dans cette situation est avérée, cependant elle s'est transmise en partie par les appels de marges effectués entre les banques. L'augmentation de la corrélation à l'intérieur du marché immobilier américain et la part importante de produits toxiques dans les bilans des institutions financières autour de la planète font partie des vecteurs de la contagion. Ceux-ci sont difficilement décelables lorsque nous utilisons la corrélation comme indicateur de transmissions.

Cet exemple, démontre que l'observation de la corrélation de manière continue permet de mettre en évidence la contagion affectant un groupe d'indices observés lorsque ceux-ci subissent une forte baisse.

La même analyse peut être appliquée pour déceler la propagation de la volatilité mais cette fois à l'intérieur d'une industrie. Est-il possible d'observer des mini contagions intra-industrie ?

2.5 Analyse des co-mouvements sur l'industrie pharmaceutique

Chaque industrie réagit à des variables endogènes ou exogènes qui leurs sont propres. Dans ce chapitre, je vais observer la réaction des entreprises pharmaceutiques à la chute du prix de l'action de Valeant Pharmaceuticals International (VRX).

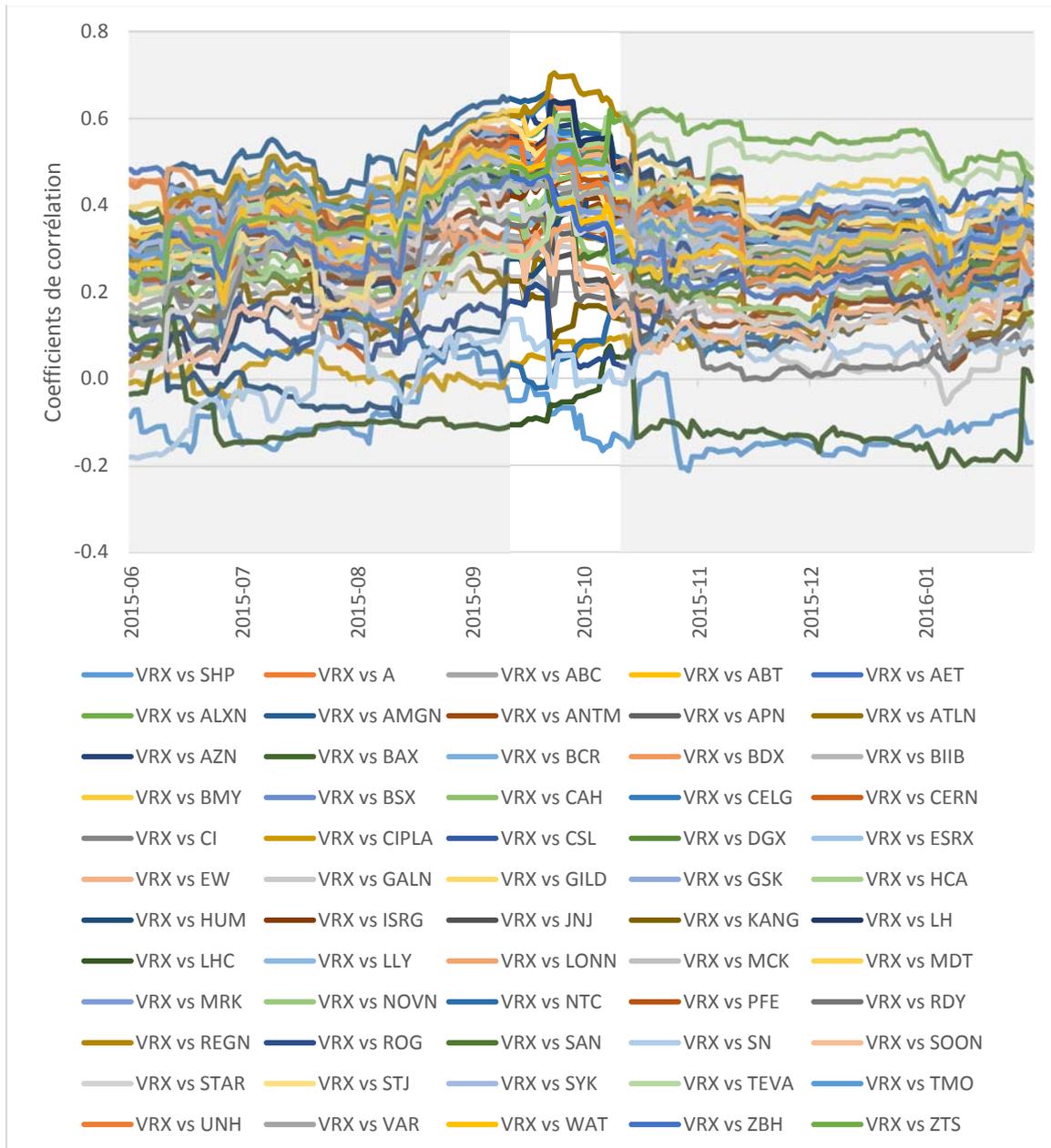
L'entreprise avait lancé une tactique pour s'attirer les faveurs des analystes financiers qui consistait à acheter des plus petits fabricants de médicaments. Par la suite elle augmentait les prix de ces produits tout en évitant les coûts de recherche et développement. Cela a permis à Valeant d'accroître considérablement ses cash-flows et a entraîné une hausse du nombre de recommandations à l'achat par les analystes financiers. C'est un tweet d'Hillary Clinton décrivant la politique de prix du groupe et sa stratégie d'acquisition qui a déclenché la chute du prix de l'action. Son prix est de 250 dollars le 21 septembre 2015 et s'échange au plus bas le 4 avril 2016 à 26 dollars.

2.5.1 Méthodologie

Afin d'analyser cet évènement, j'ai sélectionné un panier d'actions dont chaque entreprise est active dans l'industrie pharmaceutique. Dans la composition de l'indice MSCI ACWI, j'ai sous-sélectionné les titres « Health Care » ce qui m'a donné un échantillon de 62 entreprises (cf. composition de l'échantillon dans l'annexe 1). A nouveau, la corrélation a été calculée grâce à la fonction Excel « =PEARSON ($R_{VRX,t} : R_{VRX,t+74} ; R_{autres,t} : R_{autres,t+74}$) ».

Cette fois, les résultats sont plus difficiles à comprendre lorsqu'ils sont représentés sur un graphique. Cependant on peut mettre en évidence des tendances.

Figure 8 : Corrélation entre l'action Valeant et les autres actions de l'échantillon entre juin 2015 et février 2016



(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

La figure 8 décrit l'évolution de la corrélation entre l'action Valeant et les autres titres de l'échantillon. Les covariances entre Valeant et les autres actions du panier ont toutes un pic en septembre 2015. Puis les coefficients diminuent pour retourner à leurs mouvements habituels.

Est-ce que l'augmentation significative des coefficients de corrélation peut être interprétée comme un signe de la contagion ? La réponse à cette question ne peut pas être simplement oui ou non, elle doit être nuancée. Il n'est pas possible d'affirmer que la contagion a touché l'entier de l'échantillon.

Pour observer l'évolution de l'industrie en général, on peut utiliser un Exchange Trade Fund (ETF) répliquant les mouvements du panier d'actions. L'ETF IXJ est un fond composé exclusivement d'actions d'entreprises actives dans l'industrie de la pharma. Il se comporte comme un indice sur cette industrie avec la particularité qu'il n'englobe pas uniquement les actions des entreprises basées aux Etats-Unis mais toutes les firmes de la planète actives dans ce domaine.

La figure 9, montre la répercussion de la débâcle de Valeant sur l'ensemble du domaine Health Care. On voit que l'industrie (ETF) a subi un effet d'annonce à court terme, puis celle-ci s'est désolidarisée rapidement de la suite des événements liés à la baisse de l'action VRX.

Figure 9 : Evolution des prix des actions d'un sous-échantillon



(Yahoo Finance 2016, [en ligne])

2.5.2 Analyse des observations

En effectuant un mapping des corrélations (voir annexe 2), une autre représentation de la sensibilité des titres considérés, on remarque qu'en septembre 2015, certaines entreprises ont une corrélation proche de 0.5 comme AstraZeneca AZN (0.475), HCA Hoding HCA (0.488), Humana HUM (0.475), Teva Pharmaceutical Industries TEVA (0.461), Pfizer PFE (0.479), St. Jude Medical STJ (0.450), Zoetis ZTS (0.600), Regeneron Pharmaceuticals REGN (0.705) et. Amgen AMGN (0.660).

Zoetis est la seule entreprise de ce groupe à avoir un lien direct avec Valeant car en septembre 2015, les marchés financiers soupçonnent que Valeant pourrait être intéressé à l'achat de Zoetis.

En ce qui concerne Regeneron Pharmaceuticals, le prix de l'action a perdu 22% de sa valeur entre le 17 septembre et le 29 septembre 2015. En juillet 2015, un traitement contre le cholestérol développé par ce fabricant est approuvé pour la vente. Le traitement doit être vendu pour 14'600 dollars par an. Pour comparaison, le prix du traitement standard utilisé depuis les années 90 est de 600 dollars par an. Dans un environnement sensible au prix des médicaments, comme est la société américaine à cette période, l'idée d'un contrôle accru sur les prix de la part de l'Etat, a un fort impact sur les attentes des analystes. La capacité des fabricants à générer des cash-flows est remise en question. Cela entraîne une baisse mécanique de la valeur boursière des entreprises.

Le même constat peut s'appliquer à Amgen. L'entreprise californienne, active dans les biotechnologies, a également annoncé l'approbation d'un nouveau traitement contre le cholestérol en août 2015 au prix de 14'100 dollars. Pour la même raison – la sensibilité aux politiques de prix des fabricants – le titre AMGN a reculé de -20.26 % durant la semaine du 21 septembre.

Ici, la transmission de la volatilité ne s'est pas propagée à travers tout l'échantillon observé. Toutefois, nous pouvons observer une micro-contagion entre les rendements de l'action Valeant et ses deux concurrents, Regeneron et Amgen.

A travers cet exemple, on peut voir que le coefficient de corrélation est un moyen d'appréhender la diffusion de la volatilité. Cependant, cet outil ne répond pas encore entièrement à l'objectif d'observer la contagion, car il n'est pas applicable systématiquement à toutes les situations. De plus, le coefficient de corrélation ne permet d'évaluer un risque qu'a posteriori.

3. Quelles potentielles applications de l'étude de la contagion ?

Un des objectifs de ce travail est de trouver un moyen d'observer ou de détecter l'effet de contagion sur les marchés action de manière systématique. Plusieurs études universitaires ont cherché à démontrer que la volatilité peut se propager à travers les marchés financiers durant certains événements.

Force est de constater que « contagion risk » ou « systematic risk » sont des termes qui vont de plus en plus sortir des bouches des gestionnaires de portefeuilles, des directeurs financiers et des responsables des institutions financières. C'est pourquoi il serait intéressant de pouvoir appliquer l'analyse des co-mouvements en continu au domaine de la gestion du risque.

3.1 Application pour un gestionnaire de portefeuille

Les missions de bases d'un manager de portefeuille sont la mise en place de stratégies d'investissements optimisant le rapport entre le risque et la performance, et la gestion au jour le jour des positions. Il est crucial pour lui d'avoir des portefeuilles suffisamment diversifiés afin d'être protégé contre les aléas des marchés financiers. Cependant, on a pu voir que les corrélations entre les marchés internationaux augmentent durant les périodes de crise, donc les bénéfices de la diversification sont nuls au moment où ils sont le plus nécessaires. C'est pourquoi surveiller l'évolution de la corrélation à l'intérieur comme à l'extérieur du portefeuille peut permettre la détection de risques émanant de situations à volatilité accrue. Par exemple : prévenir le risque systémique ou l'effet domino sont d'une importance capitale en période de crise.

Un programme analysant les marchés en continu et pouvant scruter la volatilité ainsi que la corrélation entre les actifs, à l'intérieur comme à l'extérieur des portefeuilles, permettrait de contribuer à la surveillance des marchés et prévenir certains biais comportementaux des investisseurs.

Lors de la structuration du portefeuille, un tel logiciel pourrait amener des informations supplémentaires quant aux choix des produits appropriés pour se couvrir des risques de manière efficiente.

3.2 Application pour un directeur financier d'une entreprise cotée

Chaque mouvement a une origine différente. Certains proviennent des résultats de l'entreprise, d'autres proviennent de recommandations d'analystes ou encore de l'agitation qu'il peut y avoir sur les marchés. La volatilité ne découle pas nécessairement des décisions du management de l'entreprise. Elle est liée à une incertitude sur l'ensemble de l'industrie, aux appels de marge ainsi qu'aux rebalancements de portefeuilles de fonds de pension.

Pour un directeur financier d'une entreprise cotée en bourse, il est important de comprendre ce qui peut affecter le prix de l'action de son entreprise. Un CFO pouvant expliquer les mouvements de l'action sur les marchés renforcera la confiance de ses investisseurs. C'est un devoir pour un responsable financier de chercher ce qui pourrait avoir un impact sur sa société.

3.3 Stratégie basée sur la corrélation

En juillet 2009, CBOE (Chicago Board Options Exchange) crée un indice appelé CBOE S&P 500 Implied Correlation Index, qui mesure la corrélation espérée des rendements des 50 plus grosses capitalisations du S&P 500. Implied Correlation signifie que l'indice reflète les changements des primes entre les options sur l'indice (SPX) et les options sur un seul composant de l'indice (single-stock options). Cela permet de donner un signal pour des stratégies basées sur la volatilité (**CBOE 2009, p.1**). Comme par exemple « long volatility dispersion », une stratégie à travers laquelle on vend « at-the-money » un straddle sur l'indice et on achète « at-the money » un straddle sur un des composants de l'indice. On peut justifier cette stratégie par le fait que quand la corrélation implicite est élevée, les primes des options sur indices sont aussi élevées par rapport aux options des composants. C'est pourquoi on peut faire un profit en vendant les options sur indices qui sont chères et acheter les options sur actions qui sont proportionnellement moins chères.

Pour ce type de stratégies, l'observation systématique de la contagion et des corrélations à travers les indices et entre les actions peut permettre la mise en place de tactiques à court terme pour profiter de l'écartement ou la convergence des mouvements sur les marchés.

3.4 Application de l'étude des corrélations aux stratégies d'arbitrage

Dans le cadre des stratégies d'arbitrage, anticiper les coefficients de corrélation tout en leur attribuant une probabilité de réalisation, peut permettre de mettre en évidence des opportunités d'arbitrage. Dans le cas de deux actifs qui ont un coefficient de corrélation faible ou négatif, si un trader a une information concernant l'une ou l'autre de ces actions, il peut se positionner long sur celle qu'il estime haussière et short sur l'autre. De telles analyses donnent l'occasion d'émettre de prévision sur la convergence ou la divergence de deux ou plusieurs titres. Lorsqu'on observe les co-mouvements, il n'est plus nécessaire de faire une analyse fondamentale sur chaque actif. En estimant les coefficients de corrélation de manière continue, on peut se baser sur une action et indirectement considérer l'autre paramètre.

4. Synthèse

4.1 Problématique du coefficient de corrélation pour l'étude de la contagion

Dans le domaine de l'étude de la transmission de crise entre les marchés domestiques, les avis divergent quant à l'utilisation du coefficient de corrélation dans le but de déterminer si un choc sur un marché est contagieux ou non. Certains (**Kristin Forbes et Roberto Rigobon, 2002**) disent que l'utilisation de la corrélation peut être biaisée.

Pour étudier un évènement il faut dans un premier temps sélectionner deux périodes : la première présentant une volatilité normale, la seconde une volatilité élevée caractérisant la période de crise. Ici se présente déjà un premier écueil : comment définir une volatilité normale et sur quelle période ? Autre difficulté, la volatilité entre directement dans le calcul de la corrélation. Cela peut altérer les conclusions qui amèneraient à affirmer qu'une contagion peut être observée. Sébastien Wälti le montre par un exemple publié dans l'AGEFI Magazine :

« On suppose deux rendements, dénotés x et y , liés par une équation de régression linéaire donnée par $y_t = a + b \cdot x_t + u_t$ où u_t est un terme d'erreur normalement distribué avec moyenne zéro et une variance donnée. Le coefficient de corrélation entre ces deux séries est calculé en divisant la covariance entre x et y par le produit des deux écart-types de chaque série. Le coefficient b représente le degré d'interdépendance et est estimé en divisant la covariance entre x et y par la variance de x . En combinant ces deux coefficients, on peut écrire que le coefficient de corrélation est égal au coefficient estimé b multiplié par le ratio des écart-types. Durant les périodes de crise financière, la volatilité change de manière significative. Dès lors, le coefficient de corrélation peut varier sans que le degré d'interdépendance, capturé par le coefficient estimé b , change. Même si le modèle utilisé ci-dessus est très simpliste, il n'en reste pas moins que la leçon est plus général. Un coefficient de corrélation ne reflète que partiellement le degré d'interdépendance entre deux marchés. Et même si un ajustement pour les changements de volatilité reste possible, il requiert des hypothèses très fortes qui ne sont pas vérifiées empiriquement. »
(Wälti 2004, p. 2)

Le monde académique propose des solutions alternatives basées sur la modélisation des liens entre les marchés : Carlo Favero et Francesco Giavazzi ont présenté une étude de la crise du système monétaire en appliquant une méthode qui permet d'évaluer l'information, dans le *Journal of International Economics*, Roberto Rogobon publie en 2002 un article analysant les crises dans les marchés émergents via des estimations reposant sur des variables instrumentales. (**Wälti 2004, p. 3**) A nouveau, ce sont des analyses a posteriori et non pas prospectives.

4.2 Difficultés rencontrées

Jusqu'à présent aucun intérêt n'a été porté sur la création d'un outil d'analyse permettant de voir évoluer au jour le jour l'interdépendance et les effets des titres les uns sur les autres. Pour quelles raisons un outil tel que la corrélation, qui est utilisé pour la constitution de tous les portefeuilles, n'attire pas plus l'attention des recherches dans la Finance ?

Ce sujet m'interpelle car à mon avis les coefficients de corrélation sont des paramètres dynamiques au même titre que la volatilité. Néanmoins, la complexité des instruments et la multiplicité des facteurs à prendre en considération pour mettre en évidence les éléments répondant à mes buts de recherche, m'ont vite ralenti dans l'avancement de mon projet.

L'intention de ce travail était d'utiliser les travaux effectués sur l'étude du chaos pour les appliquer à la finance et plus précisément à la mise en place d'un calculateur permettant d'anticiper les évolutions de la corrélation sur les marchés actions.

Afin d'éviter une dispersion dans un domaine d'une vaste complexité et après plusieurs mois de recherches, les attentes et les objectifs en lien avec ce travail ont dû être reconsidérés.

Les sciences mathématiques qui traitent du chaos sont d'une technicité telle qu'il a été difficile d'appréhender le problème sous un angle mathématique. Pour pouvoir utiliser ces théories sophistiquées des très bonnes connaissances de l'algèbre appliquée sont nécessaires. C'est pourquoi les recherches d'Edward Lorenz n'ont pu être appliquées à l'étude de la contagion sur les marchés action dans le cadre de ce travail de bachelor.

4.3 Conclusion

Dans ce travail, je me suis concentré sur l'utilisation du coefficient de corrélation pour observer la contagion sur les marchés. Je me suis penché sur deux exemples pour guider mon développement : dans un premier temps l'observation de la contagion suite à la crise financière de 2008, puis la recherche de la contagion sur un sous marché.

En période de crise systémique, le coefficient de corrélation permet d'apercevoir précisément la diffusion de la volatilité sur les marchés observés. Toutefois, on ne peut voir que les conséquences et non les effets.

Par l'exemple sur l'industrie pharmaceutique, on constate qu'un choc sur un titre peut provoquer des répercussions sur une partie du marché concerné. L'étude en continu des coefficients de corrélation peut permettre d'instaurer un système de signaux indiquant les hausses inhabituelles des mouvements joints.

La corrélation ou le beta nous a souvent été présenté comme un indicateur statique, pourtant, on a pu le voir à travers ce travail, la corrélation est une valeur dynamique qui évolue en tout temps et dont les mouvements peuvent être liés à des causes multifactorielles. C'est pourquoi, l'analyse technique de cet indicateur peut déboucher sur l'identification d'opportunités d'investissements.

Bibliographie

- Bachelier, L. (1900). *Théorie de la spéculation*. Gauthier-Villars.
- Bachelier, L.. *Théorie de la spéculation*. Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure 17 (1900): 21-86.
- BAUMÖHL, Eduard et VÝROST, Tomás. *Stock Market Integration: Granger Causality Testing with Respect to Nonsynchronous Trading Effects*. Finance a Uver, 2010, vol. 60, no 5, p. 414.
- CHICAGO BOARD OPTIONS EXCHANGE, 2009. *CBOE S&P 500® Implied Correlation Index* [en ligne]. Chicago. [consulté le 2 mai 2016]. Disponible à l'adresse : <https://www.cboe.com/micro/IMPLIEDCORRELATION/IMPLIEDCORRELATIONINDICATOR.PDF>
- Demerson, G. (1993). Galileo Galilei, Sidereus Nuncius. *Le Messenger céleste*. Texte, traduction et notes établis par Isabelle Pantin/Galileo Galilei, *Le Messenger des étoiles*. Traduit du latin et annoté par Fernand Hallyn. Bulletin de l'Association d'étude sur l'humanisme, la réforme et la renaissance, 37(1), 67-70.
- HAÏTHEM, Marzouki, 2003. *Contagion : Définition et méthodes de détection* [en ligne]. Paris : CEPN-CNRS, 2003. [Consulté le 5 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.univ-paris13.fr/cepn/IMG/pdf/contagion.pdf>
- HSIEH, David A. *Chaos and nonlinear dynamics: application to financial markets*. The journal of finance, 1991, vol. 46, no 5, p. 1839-1877.
- L'OBS, 2009. De la crise des subprimes à la crise financière. *L'OBS* [en ligne]. 5 mai 2009. [Consulté le 25 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <http://tempsreel.nouvelobs.com/economie/la-crise-financiere/20080930.OBS3359/de-la-crise-des-subprimes-a-la-crise-financiere.html>
- LEBARON, Blake. Chaos and nonlinear forecastability in economics and finance. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 1994, vol. 348, no 1688, p. 397-404.
- LEYS, Jos, 2013. Chaos7 Attracteurs étranges : L'effet papillon. *YouTube* [en ligne]. 8 janvier 2013. [Consulté le 23 février 2016]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=3TOTO_0zHNc
- LONCHAMP, J. P. (1995). *A propos de la réhabilitation de Galilée*.
- LONGERSTAEY, Jacques, J. P. MORGAN / REUTERS, 1996. *RiskMetrics™-Technical Document*. 17 décembre 1996. Quatrième édition.
- LORENZ, Edward N. *Deterministic nonperiodic flow*. Journal of the atmospheric sciences, 1963, vol. 20, no 2, p. 130-141.
- MAE, Cornell, 2014. MAE5790-17 Chaos in the Lorenz equations. *YouTube* [en ligne]. 27 mai 2014. [Consulté le 16 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=gscKcPAm-H0>
- MEISSNER, Gunter. *Correlation Risk Modeling and Management : An Applied Guide including the Basel III Correlation Framework – With Interactive Models in Excel/VBA, + Website*. Wiley Finance Series. Lieu : John Wiley & Son, 2013.
- POINCARÉ, Henri. *Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique*. Acta mathematica, 1890, vol. 13, no 1, p. A3-A270.
- SPERBER, Faber, PARIS, Robert, 2008. Qu'est-ce qu'un attracteur étranger ?. *Matière et Evolution*. [en ligne]. 6 octobre 2008. [Consulté le 25 avril 2016.] Disponible à l'adresse : <http://www.matierevolution.fr/spip.php?article706>

SuperDieux, 2011. Evolution Chronologique de la Theorie du Chaos ©. *YouTube* [en ligne]. 30 mai 2011. [Consulté le 23 février 2016]. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=eh4873obspM>

WALTER, Christian. Une histoire du concept d'efficience sur les marchés financiers. *Annales*, 1996, p. 873-905.

WÄLTI, Sébastien, 2004. Crises financières : les effets de contagion des marchés. *AGEFI Magazine* [en ligne]. Hiver 2004. [Consulté le 20 avril 2016]. Disponible à l'adresse. <http://www.tcd.ie/Economics/staff/waltis/papers/agefi.pdf>

YAHOO !, 2016. Yahoo Finance [en ligne]. [Consulté le 05.04.2016]. Disponible à l'adresse : <http://finance.yahoo.com/>

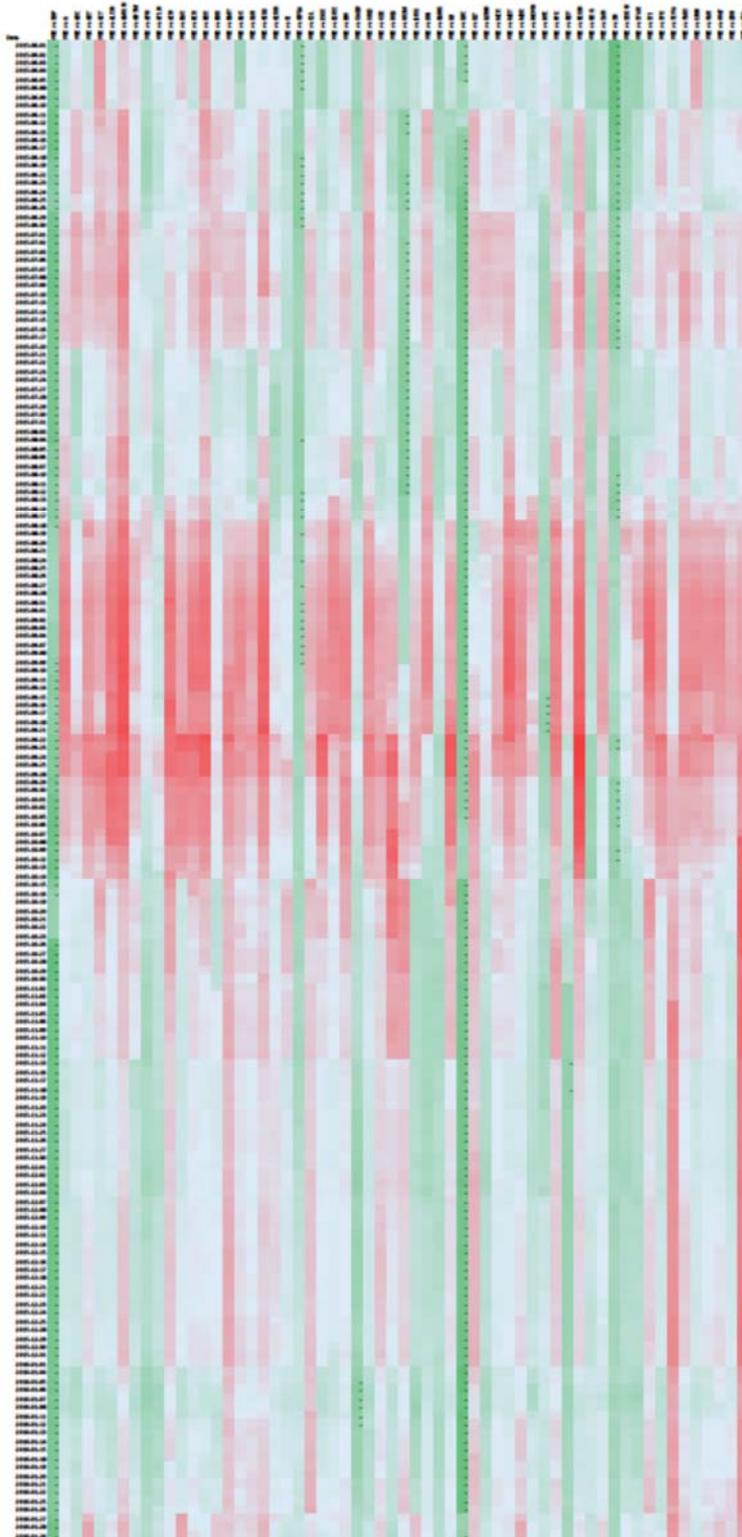
Annexe 1 : Liste des composantes de l'échantillon pour l'analyse sur l'industrie pharmaceutique

Ticker	Name	Exchange	Country
A	AGILENT TECHNOLOGIES INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
ABC	AMERISOURCEBERGEN CORP	New York Stock Exchange Inc.	United States
ABT	ABBOTT LABORATORIES	New York Stock Exchange Inc.	United States
AET	AETNA INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
ALXN	ALEXION PHARMACEUTICALS INC	NASDAQ	United States
AMGN	AMGEN INC	NASDAQ	United States
ANTM	ANTHEM INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
APN	GRUPO AEROPORTUARIO DEL SURESTE B	Johannesburg Stock Exchange	South Africa
APOLLOH OSP	STANDARD FOODS CORP.	National Stock Exchange Of India	India
ATLN	ACTELION LTD	Six Swiss Exchange Ag	Switzerland
AUROPH ARMA	GREEK ORGANITION OF FOOTBALL PROG	National Stock Exchange Of India	India
AZN	ASTRAZENECA PLC	London Stock Exchange	United Kingdom
BAX	BAXTER INTERNATIONAL INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
BCH.R	HANJIN SHIPPING LTD	Stock Exchange Of Thailand	Thailand
BCR	C R BARD INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
BDMS.R	MINTH GROUP LTD	Stock Exchange Of Thailand	Thailand
BDMS.R	BANGKOK DUSIT MEDICAL SERVICES NON	Stock Exchange Of Thailand	Thailand
BDX	BECTON DICKINSON	New York Stock Exchange Inc.	United States
BH.R	SHENZHEN INVESTMENT LTD.	Stock Exchange Of Thailand	Thailand
BIIB	BIOGEN INC INC	NASDAQ	United States
BIOCON	POS MALAYSIA	National Stock Exchange Of India	India
BMJ	BRISTOL MYERS SQUIBB	New York Stock Exchange Inc.	United States
BSX	BOSTON SCIENTIFIC CORP	New York Stock Exchange Inc.	United States
CAH	CARDINAL HEALTH INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
CELG	CELGENE CORP	NASDAQ	United States
CERN	CERNER CORP	NASDAQ	United States
CHG.R	KT SKYLIFE LTD	Stock Exchange Of Thailand	Thailand
CI	CIGNA CORP	New York Stock Exchange Inc.	United States
CIPLA	ZHEJIANG EXPRESSWAY CO. LTD.	National Stock Exchange Of India	India
CSL	CSL LTD	Asx - All Markets	Australia
DGX	QUEST DIAGNOSTICS INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
DIVISLAB	CIFI HOLDINGS (GROUP) LTD	National Stock Exchange Of India	India

Ticker	Name	Exchange	Country
DRREDDY	PTT EXPLORATION AND PRODUCTION NON	National Stock Exchange Of India	India
EI	ESSILOR INTERNATIONAL SA	Nyse Euronext - Euronext Paris	France
ESRX	EXPRESS SCRIPTS HOLDING CO	NASDAQ	United States
EW	EDWARDS LIFESCIENCES CORP	New York Stock Exchange Inc.	United States
FLRY3	MAGNUM	XBSP	Brazil
FME	FRESENIUS MEDICAL CARE AG	Xetra	Germany
FRE	FRESENIUS SE AND CO KGAA	Xetra	Germany
GALN	GALENICA AG	Six Swiss Exchange Ag	Switzerland
GILD	GILEAD SCIENCES INC	NASDAQ	United States
GSK	GLAXOSMITHKLINE PLC	London Stock Exchange	United Kingdom
HARTA	HUA HAN HEALTH INDUSTRY HOLDINGS L	Bursa Malaysia	Malaysia
HCA	HCA HOLDINGS INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
HUM	HUMANA INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
IHH	MONDI LTD	Bursa Malaysia	Malaysia
IHH	IHH HEALTHCARE	Bursa Malaysia	Malaysia
ISRG	INTUITIVE SURGICAL INC	NASDAQ	United States
JNJ	JOHNSON & JOHNSON	New York Stock Exchange Inc.	United States
KANG	CROWN CONFECTIONERY CO. LTD.	NASDAQ	China
KLBF	BRASKEM PREF SERIES A SA	Indonesia Stock Exchange	Indonesia
KLBF	KALBE FARMA	Indonesia Stock Exchange	Indonesia
KOSSAN	ANHUI EXPRESSWAY CO. LTD.	Bursa Malaysia	Malaysia
LABB	CHINA FOODS LTD.	Bolsa Mexicana De Valores (Mexican Stock Exchange)	Mexico
LH	LABORATORY CORPORATION OF AMERICA	New York Stock Exchange Inc.	United States
LHC	LUYE PHARMA GROUP LTD	Johannesburg Stock Exchange	South Africa
LLY	ELI LILLY	New York Stock Exchange Inc.	United States
LONN	LONZA GROUP AG	Six Swiss Exchange Ag	Switzerland
MCK	MCKESSON CORP	New York Stock Exchange Inc.	United States
MDT	MEDTRONIC PLC	New York Stock Exchange Inc.	Ireland
	MERCK & CO INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
MRK	MERCK KGAA	Xetra	Germany
NOVN	NOVARTIS AG	Six Swiss Exchange Ag	Switzerland
NTC	ACC LTD	Johannesburg Stock Exchange	South Africa
ODPV3	D&L INDUSTRIES INC	XBSP	Brazil
PFE	PFIZER INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
PIELIN	KOREA PETRO CHEMICAL IND LTD	National Stock Exchange Of India	India
QUAL3	INARI AMERTRON	XBSP	Brazil

Ticker	Name	Exchange	Country
RDY	DR. REDDYS LABORATORIES LTD. ADS	New York Stock Exchange Inc.	India
REGN	REGENERON PHARMACEUTICALS INC	NASDAQ	United States
RICHTER	INDOFOOD CBP SUKSES MAKMUR	Budapest Stock Exchange	Hungary
ROG	ROCHE HOLDING PAR AG	Six Swiss Exchange Ag	Switzerland
SAN	SANOFI SA	Nyse Euronext - Euronext Paris	France
SHP	SHIRE PLC	London Stock Exchange	Ireland
SN	SMITH & NEPHEW PLC	London Stock Exchange	United Kingdom
SOON	SONOVA HOLDING AG	Six Swiss Exchange Ag	Switzerland
STAR	HUAKU DEVELOPMENT LTD	National Stock Exchange Of India	India
STJ	ST JUDE MEDICAL INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
SUNPHAR MA	BANCO BRADESCO	National Stock Exchange Of India	India
SYK	STRYKER CORP	New York Stock Exchange Inc.	United States
TEVA	TEVA PHARMACEUTICAL INDUSTRIES LTD	Tel Aviv Stock Exchange	Israel
TMO	THERMO FISHER SCIENTIFIC INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
TOPG	UNIMICRON TECHNOLOGY CORP.	Bursa Malaysia	Malaysia
UCB	UCB SA	Nyse Euronext - Euronext Brussels	Belgium
UNH	UNITEDHEALTH GROUP INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
VAR	VARIAN MEDICAL SYSTEMS INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
VRX	VALEANT PHARMACEUTICALS INTERNATIO	Toronto Stock Exchange	Canada
WAT	WATER CORP CORP	New York Stock Exchange Inc.	United States
WOCKPH ARMA	MALAYSIA BUILDING SOCIETY	National Stock Exchange Of India	India
WPL	WOODSIDE PETROLEUM LTD	Asx - All Markets	Australia
ZBH	ZIMMER BIOMET HOLDINGS INC	New York Stock Exchange Inc.	United States
ZTS	ZOETIS INC CLASS A	New York Stock Exchange Inc.	United States

Annexe 2 : Mapping des corrélations entre Valeant VRX et les autres actions de l'échantillon



Légende : ■ corrélation > 0 ; ■ corrélation < 0

Annexe 3 : Macro CollateData (Multiple Stock Quote Downloader)

Module1 - 1

```

Sub CollateData()

    Dim ws As Worksheet
    Dim i As Integer, first As Integer
    Dim maxRow As Integer
    Dim maxTickerWS As Worksheet

    maxRow = 0
    For Each ws In Worksheets
        If ws.Name <> "Parameters" Then
            If ws.UsedRange.Rows.Count > maxRow Then
                maxRow = ws.UsedRange.Rows.Count
                Set maxTickerWS = ws
            End If
        End If
    Next

    Sheets.Add After:=Sheets(Sheets.Count)
    ActiveSheet.Name = "Open Price"

    Sheets.Add After:=Sheets(Sheets.Count)
    ActiveSheet.Name = "High Price"

    Sheets.Add After:=Sheets(Sheets.Count)
    ActiveSheet.Name = "Low Price"

    Sheets.Add After:=Sheets(Sheets.Count)
    ActiveSheet.Name = "Close Price"

    Sheets.Add After:=Sheets(Sheets.Count)
    ActiveSheet.Name = "Trading Volume"

    Sheets.Add After:=Sheets(Sheets.Count)
    ActiveSheet.Name = "Adjusted Close Price"

    i = 1
    maxTickerWS.Range("A2", "B" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("Open Price").Cells(1, i)
    Sheets("Open Price").Cells(1, i + 1) = maxTickerWS.Name

    maxTickerWS.Range("A2", "a" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("High Price").Cells(1, i)
    maxTickerWS.Range("c2", "c" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("High Price").Cells(1, i + 1)
    Sheets("High Price").Cells(1, i + 1) = maxTickerWS.Name

    maxTickerWS.Range("A2", "a" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("Low Price").Cells(1, i)
    maxTickerWS.Range("d2", "d" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("Low Price").Cells(1, i + 1)
    Sheets("Low Price").Cells(1, i + 1) = maxTickerWS.Name

    maxTickerWS.Range("A2", "a" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("Close Price").Cells(1, i)
    maxTickerWS.Range("e2", "e" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("Close Price").Cells(1, i + 1)
    Sheets("Close Price").Cells(1, i + 1) = maxTickerWS.Name

    maxTickerWS.Range("A2", "a" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("Trading Volume").Cells(1, i)
    maxTickerWS.Range("f2", "f" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("Trading Volume").Cells(1, i + 1)
    Sheets("Trading Volume").Cells(1, i + 1) = maxTickerWS.Name

    maxTickerWS.Range("A2", "a" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("Adjusted Close Price").Cells(1, i)
    maxTickerWS.Range("g2", "g" & maxRow).Copy Destination:=Sheets("Adjusted Close Price").Cells(1, i + 1)
    Sheets("Adjusted Close Price").Cells(1, i + 1) = maxTickerWS.Name

    i = i + 2

    For Each ws In Worksheets

        If ws.Name <> "Stacked Data" And ws.Name <> "Parameters" And ws.Name <> "About" And ws.Name <> maxTickerWS.Name And ws.Name <> "Open Price" And ws.Name <> "High Price" And ws.Name <> "Low Price" And ws.Name <> "Close Price" And ws.Name <> "Trading Volume" And ws.Name <> "Adjusted Close Price" Then

            Sheets("Open Price").Cells(1, i) = ws.Name
            Sheets("Open Price").Range(Sheets("Open Price").Cells(2, i), Sheets("Open Price").Cells(maxRow - 1, i)).Formula = "=vlookup(A2," & ws.Name & "!A$2:G$" & maxRow & ",2,0)"
        End If
    Next

```

Module1 - 2

```
Sheets("High Price").Cells(1, i) = ws.Name
Sheets("High Price").Range(Sheets("High Price").Cells(2, i), Sheets("High Price").Cells
(maxRow - 1, i)).Formula =
    "=vlookup(A2," & ws.Name & "!A$2:G$" & maxRow & ",3,0)"

Sheets("Low Price").Cells(1, i) = ws.Name
Sheets("Low Price").Range(Sheets("Low Price").Cells(2, i), Sheets("Low Price").Cells(maxRow - 1, i)).Formula =
    "=vlookup(A2," & ws.Name & "!A$2:G$" & maxRow & ",4,0)"

Sheets("Close Price").Cells(1, i) = ws.Name
Sheets("Close Price").Range(Sheets("Close Price").Cells(2, i), Sheets("Close Price").Cells(maxRow - 1, i)).Formula =
    "=vlookup(A2," & ws.Name & "!A$2:G$" & maxRow & ",5,0)"

Sheets("Trading Volume").Cells(1, i) = ws.Name
Sheets("Trading Volume").Range(Sheets("Trading Volume").Cells(2, i), Sheets("Trading Volume").Cells(maxRow - 1, i)).Formula =
    "=vlookup(A2," & ws.Name & "!A$2:G$" & maxRow & ",6,0)"

Sheets("Adjusted Close Price").Cells(1, i) = ws.Name
Sheets("Adjusted Close Price").Range(Sheets("Adjusted Close Price").Cells(2, i), Sheets("Adjusted Close Price").Cells(maxRow - 1, i)).Formula =
    "=vlookup(A2," & ws.Name & "!A$2:G$" & maxRow & ",7,0)"

    i = i + 1

End If
Next

On Error Resume Next

Sheets("Open Price").UsedRange.SpecialCells(xlFormulas, xlErrors).Clear
Sheets("Close Price").UsedRange.SpecialCells(xlFormulas, xlErrors).Clear
Sheets("High Price").UsedRange.SpecialCells(xlFormulas, xlErrors).Clear
Sheets("Low Price").UsedRange.SpecialCells(xlFormulas, xlErrors).Clear
Sheets("Trading Volume").UsedRange.SpecialCells(xlFormulas, xlErrors).Clear
Sheets("Adjusted Close Price").UsedRange.SpecialCells(xlFormulas, xlErrors).Clear

Sheets("Open Price").UsedRange.Value = Sheets("Open Price").UsedRange.Value
Sheets("Close Price").UsedRange.Value = Sheets("Close Price").UsedRange.Value
Sheets("High Price").UsedRange.Value = Sheets("High Price").UsedRange.Value
Sheets("Low Price").UsedRange.Value = Sheets("Low Price").UsedRange.Value
Sheets("Trading Volume").UsedRange.Value = Sheets("Trading Volume").UsedRange.Value
Sheets("Adjusted Close Price").UsedRange.Value = Sheets("Adjusted Close Price").UsedRange.Value
On Error GoTo 0

Sheets("Open Price").Columns("A:A").EntireColumn.AutoFit
Sheets("High Price").Columns("A:A").EntireColumn.AutoFit
Sheets("Low Price").Columns("A:A").EntireColumn.AutoFit
Sheets("Close Price").Columns("A:A").EntireColumn.AutoFit
Sheets("Trading Volume").Columns("A:A").EntireColumn.AutoFit
Sheets("Adjusted Close Price").Columns("A:A").EntireColumn.AutoFit
End Sub
```