

Analyse et développement d'un outil statistique pour entrer dans un marché boursier survendu

Par

François PICARD

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE
AVEC MÉMOIRE EN GÉNIE CONCENTRATION PERSONNALISÉE
M. Sc. A.

MONTREAL, LE 18 OCTOBRE 2017

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

©Tous droits réservés, François Picard, 2017

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre média une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY
CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ
PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mr. Edmond Miresco, directeur de mémoire
Département du génie de la construction à l'École de technologie supérieure

Mr. Gabriel Assaf, président du jury
Département du génie de la construction à l'École de technologie supérieure

Mr. Marc Stern, membre du jury
Chargé de cours à l'École de technologie supérieure

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 11 OCTOBRE 2017

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

L'IDENTIFICATION DE POINTS D'ENTRÉES DANS UN MARCHÉ BOURSIER À L'AIDE DE LA MÉTHODOLOGIE SIX-SIGMA

François PICARD

RÉSUMÉ

Dans ce travail, nous proposons une manière innovante d'utiliser les outils du génie industriel, soit la méthodologie Six-Sigma, afin de prédire les mouvements boursiers. L'objectif de ce mémoire est donc de valider la pertinence de cette méthodologie afin de maximiser les rendements à court terme, c.-à-d. sur une semaine, deux semaines et un mois. Les différents signaux Six-Sigma ont été appliqués sur plusieurs titres, mais principalement sur le fond négocié en bourse SPY qui suit l'indice S&P500. Après une analyse rigoureuse, en utilisant les tests Z et de Student, nous avons conclu que sur la multitude de signaux Six-Sigma, il y en a deux qui, lorsqu'appliqués, offrent un rendement statistiquement supérieur (intervalle de confiance à 97.5%) au rendement témoin attendu général sur une période d'un mois seulement. Il serait judicieux pour un investisseur d'acheter le SPY lorsque : Premier signal, neuf valeurs de fermetures consécutives sont sous la moyenne mobile simple de 20 jours et/ou, deuxième signal, lorsque six valeurs de fermetures consécutives sont décroissantes. Les deux mêmes signaux ont été utilisés sur 9 autres classes d'actifs. Pour les neuf valeurs sous la moyenne mobile, le rendement attendu du signal est supérieur au rendement attendu témoin pour GLD, XLE et EEM pour un intervalle de confiance à 75%, XIU et TLT pour 90% et finalement, QQQ et DIA à 97.5%. De la même manière, pour le signal des 6 valeurs décroissantes, le rendement attendu est supérieur au témoin pour IWM, FXE et XLE à 75%, TLT à 90% et DIA à 95%. L'utilisation des deux signaux Six-Sigma utilisés représentent donc un excellent outil de prises de décisions à court terme pour l'investisseur. Il est important pour celui-ci de se rappeler que les indicateurs techniques, et par le fait même leurs résultats, découlent de la probabilité et des statistiques. La possibilité de gain n'est donc jamais assurée et l'investisseur doit en être conscient.

Mots-clés : Six-Sigma, ingénierie financière, bourse

IDENTIFICATION OF ENTRY POINTS IN THE STOCK MARKET USING THE SIX-SIGMA METHODOLOGY

François PICARD

ABSTRACT

In this thesis, we proposed an innovative avenue based on industrial engineering tools, in order to predict the stock market movement: The Six-Sigma methodology. The objective of this thesis will be to verify its validity in order to maximise short term yields (1 week, 2 weeks and 1 month). Variation patterns of this methodology have been tested on various Exchange-Traded funds, but more specifically on SPY, which is correlated with the S&P500 index. After rigorous analysis and with the use of Z and Student tests, we concluded that two patterns offer a yield that is statistically more significant than the 1 month expected average yield (with a confidence interval of 97,5%). It would be beneficial for an investor to buy SPY when one of the two following patterns occur, pattern 1: Nine consecutive closing prices are below the 20-day simple moving average and/or, pattern 2, when six consecutive closing prices are in a downward trend. Both variation patterns were then used on 9 other asset classes. For the nine values below the moving average, the yield was significantly higher than the control yield for GLD, XLE and EEM for a confidence interval of 75%, XIU and TLT with 90% and finally, QQQ and DIA with 97,5%. As for the six values in the downward trend, yield was significantly above the control for IWM, FXE and XLE with a confidence interval of 75%, TLT for 90% and DIA for 95%. One of the most important highlights on technical analysis is that results are based on probabilities. Using those two Six-Sigma patterns would represent an asset of great value for the investor as a decision-making tool. Nevertheless, the investor will understand that the technical analysis methodology and by respect, its results are subject to probability and statistics and that potential gains are not a guaranteed result.

Keywords: Six-Sigma, financial engineering, stock market

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 Revue de la littérature	7
1.1 L'analyse technique et ses indicateurs	7
1.1.1 Indicateurs de tendance	9
1.1.1.1 Les Moyennes mobiles	9
1.1.1.2 Bandes de Bollinger (BB)	11
1.1.2 Les oscillateurs	13
1.1.2.1 Relative Strength Index (RSI)	13
1.1.3 Analyses graphiques	15
1.1.4 Autres outils de l'analyse technique	16
1.2 Construction et optimisation des indicateurs techniques	16
1.3 La méthodologie Six-Sigma	19
1.4 Distribution et rendement de la bourse	22
CHAPITRE 2 Méthodologie	25
2.1 Les résultats témoins	26
2.2 Les résultats contrôles	27
2.3 Les résultats Six-Sigma	27
CHAPITRE 3 Résultats obtenus	29
3.1 Résultats des témoins	29
3.2 Résultats des contrôles	34
3.3 Le Signal 1 (S1) : La valeur de fermeture est à trois écarts-types supérieurs à la moyenne mobile	40
3.4 Le Signal 2 (S2) : La valeur de fermeture est à trois écarts-types inférieurs à la moyenne mobile	40
3.5 Le Signal 3 (S3) : Il y a neuf valeurs de fermeture consécutives supérieures à la moyenne mobile	41
3.6 Le Signal 4 (S4) : Il y a neuf valeurs de fermeture consécutives inférieures à la moyenne mobile	43
3.7 Le Signal 5 (S5) : Il y a six valeurs de fermeture consécutives croissantes	44
3.8 Le Signal 6 (S6) : Il y a six valeurs de fermeture consécutives décroissantes	46
3.9 Le Signal 7 (S7) : Il y a 14 valeurs de fermeture consécutives qui alternent haut/bas	46
3.10 Le Signal 8 (S8) : Deux valeurs de fermeture sur trois consécutives sont à plus de deux écarts-types	47
3.11 Le Signal 9 (S9) : Deux valeurs de fermeture sur trois consécutives sont à moins de moins deux écarts-types	48
3.12 Le Signal 10 (S10) : Quatre valeurs de fermeture sur cinq consécutives sont à plus d'un écart-type	49

3.13	Le Signal 11 (S11) : Quatre valeurs de fermeture sur cinq consécutives à moins un écart-type.....	50
3.14	Le Signal 12 (S12) : Quinze valeurs de fermeture consécutives entre moins un et un écart-type.....	51
3.15	Le Signal 13 (S13) : Huit valeurs de fermeture consécutives sont à plus d'un écart-type et/ou à moins de moins un écart-type.....	51
3.16	Sommaire des résultats des signaux Six-Sigma.....	53
CHAPITRE 4 Analyse des résultats.....		55
4.1	Le test Z	56
4.2	Le test de Student.....	57
CHAPITRE 5 Validation du modèle.....		59
CHAPITRE 6 Considérations.....		81
CONCLUSION.....		83
RECOMMANDATIONS		85
ANNEXE I	Table Z.....	87
ANNEXE II	Table de Student	89
LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		91

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 3.1 Ensemble des rendements témoins.....	30
Tableau 3.2 Rendements du contrôle 1 positif.....	34
Tableau 3.3 Rendements du contrôle 2 négatif.....	35
Tableau 3.4 Rendements du contrôle 3 négatif.....	37
Tableau 3.5 Rendements du contrôle 4 positif.....	38
Tableau 3.6 Rendements obtenus avec le signal 1.....	40
Tableau 3.7 Rendements obtenus avec le signal 2.....	41
Tableau 3.8 Rendements obtenus avec le signal 3.....	42
Tableau 3.9 Rendements obtenus avec le signal 4.....	43
Tableau 3.10 Rendements obtenus avec le signal 5.....	45
Tableau 3.11 Rendements obtenus avec le signal 6.....	46
Tableau 3.12 Rendements obtenus avec le signal 7.....	47
Tableau 3.13 Rendements obtenus avec le signal 8.....	47
Tableau 3.14 Rendements obtenus avec le signal 9.....	48
Tableau 3.15 Rendements obtenus avec le signal 10.....	49
Tableau 3.16 Rendements obtenus avec le signal 11.....	51
Tableau 3.17 Rendements obtenus avec le signal 13.....	53
Tableau 4.1 Scores des signaux à 30 occurrences et plus.....	56
Tableau 4.2 Scores des signaux à moins de 30 occurrences.....	57
Tableau 5.1 Rendements obtenus avec le signal 4 sur IWM.....	60
Tableau 5.2 Rendements obtenus avec le signal 4 sur QQQ.....	61

Tableau 5.3	Rendements obtenus avec le signal 4 sur GLD.....	62
Tableau 5.4	Rendements obtenus avec le signal 4 sur FXE.....	63
Tableau 5.5	Rendements obtenus avec le signal 4 sur XIU.....	64
Tableau 5.6	Rendements obtenus avec le signal 4 sur DIA.....	65
Tableau 5.7	Rendements obtenus avec le signal 4 sur XLE.....	66
Tableau 5.8	Rendements obtenus avec le signal 4 sur EEM.....	67
Tableau 5.9	Rendements obtenus avec le signal 4 sur TLT.....	68
Tableau 5.10	Rendements obtenus avec le signal 6 sur IWM.....	69
Tableau 5.11	Rendements obtenus avec le signal 6 sur QQQ.....	70
Tableau 5.12	Rendements obtenus avec le signal 6 sur GLD.....	71
Tableau 5.13	Rendements obtenus avec le signal 6 sur FXE.....	72
Tableau 5.14	Rendements obtenus avec le signal 6 sur XIU.....	73
Tableau 5.15	Rendements obtenus avec le signal 6 sur DIA.....	74
Tableau 5.16	Rendements obtenus avec le signal 6 sur XLE.....	75
Tableau 5.17	Rendements obtenus avec le signal 6 sur EEM.....	76
Tableau 5.18	Rendements obtenus avec le signal 6 sur TLT.....	77
Tableau 5.19	Intervalles de confiances pour lesquelles H_0 est rejetée.....	78

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1 Moyennes mobiles sur le S&P500.....	11
Figure 1.2 Bandes de Bollinger sur le S&P500.....	12
Figure 1.3 RSI sur le S&P500.....	14
Figure 1.4 Double creux sur le S&P500.....	16
Figure 1.5 Huit cas où la charte est hors contrôle.....	21
Figure 1.6 Distribution normale et à queue large.....	24
Figure 3.1 Rendements sur 1 semaine du SPY 01/2010 – 06/2016.....	31
Figure 3.2 Rendements sur 2 semaines du SPY 01/2010 – 06/2016.....	32
Figure 3.3 Rendements sur 1 mois du SPY 01/2010 – 06/2016.....	33
Figure 5.1 Représentation graphique du signal 6 sur SPY.....	80
Figure 5.2 Représentation graphique du signal 4 sur QQQ.....	80

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

BB	Bandes de Bollinger
DIA	Fond négocié en bourse rattaché à l'indice Dow Jones
EEM	Fond négocié en bourse rattaché aux marchés émergents
EXG	Fond négocié en bourse rattaché à l'industrie pétrolière
FNB	Fond négocié en bourse
FXE	Fond négocié en bourse rattaché à l'euro vs le dollar américain
GLD	Fond négocié en bourse rattaché à la valeur de l'or
HFT	High frequency trader
IWM	Fond négocié en bourse rattaché à l'indice Russel 2000
MM	Moyenne mobile
NYSE	Bourse de New York
QQQ	Fond négocié en bourse rattaché à l'indice NASDAQ
RSI	Relative Strength Index
SPY	Fond négocié en bourse rattaché à l'indice S&P500
XIU	Fond négocié en bourse rattachée à l'indice S&P/TSX 60
XLE	Fond négocié en bourse rattachée aux obligations 20 ans des États-Unis

LISTE DES SYMBOLES ET UNITÉS DE MESURE

a	Période présente
h	Période précédente
n	Nombre d'occurrences
N	Nombre de périodes
p	Facteur de pondération
s	Écart-type de l'échantillon
X	Rendement moyen de l'échantillon
σ	Écart-type de la population
μ	Rendement moyen de la population

INTRODUCTION

Autrefois, les gens pouvaient accumuler leur argent dans un compte en banque jusqu'à leur retraite; les taux d'intérêt étaient élevés et l'inflation modérée voire anémique, surtout pour les pays où la valeur de la monnaie était couverte et donc rattachée au prix de l'or. Aujourd'hui, les taux d'intérêt sont pratiquement nuls (et même que dans certain pays, négatifs!) et année après année, leur devise se déprécie face aux biens et services couramment utilisés. La seule chose qui n'a pas changé est le fait que tout un chacun doit quand même bien planifier sa retraite, c.-à-d. faire fructifier son argent pour s'assurer de ne pas en manquer lors de ses vieux jours. Malheureusement, peu de véhicules d'investissement existent : parmi les plus populaires chez les petits investisseurs, il y a les obligations, l'immobilier et la bourse. Étant donné les très faibles taux d'intérêt des obligations (souvent plus faibles que l'inflation) ainsi que l'illiquidité de l'immobilier (combinée à une forte réglementation), la bourse demeure un choix privilégié auprès des investisseurs de toutes sortes. Comme nous le verrons dans ce mémoire, l'investissement dans des titres a ses particularités à la bourse, un investisseur peut faire beaucoup d'argent, mais peut aussi en perdre beaucoup.

Dans un marché boursier, les taux d'intérêt ont toujours joué un rôle important. Historiquement, les taux d'intérêt ont généralement été inversement proportionnels à la valeur de la bourse dans son ensemble. Voici la logique : lorsque les taux d'intérêt sont bas, le coût d'emprunt est faible. Il peut être très avantageux d'emprunter de l'argent à un faible taux, par exemple à 1%, et placer cet argent dans des titres relativement sûrs qui rapportent des dividendes élevés, par exemple à 5%. La différence de 4% représente un profit pour l'investisseur. Lorsque les taux d'intérêt sont supérieurs au rendement de la bourse, lequel comprend les dividendes, alors il peut être plus judicieux pour un investisseur d'acheter des obligations. La littérature est abondante à ce sujet. Dans son livre, le légendaire investisseur Philip Fisher cite les taux d'intérêt comme un des facteurs les plus importants en lien avec l'achat de titres (Fisher, 2000, p.106). De manière complémentaire aux taux d'intérêt, la politique monétaire a aussi un impact important sur les marchés. Plus la politique est souple, plus les marchés sont stimulés (Ioannidis & Kontonikas, 2008).

L'investissement à la bourse est en constante évolution. Il y a de ça quelques décennies une grande quantité d'indices boursiers ont été créés. Les indices sont des mesures mathématiques qui représentent la valeur d'un groupe d'actions. Les investisseurs se servent de ces valeurs afin de déterminer la force ou la faiblesse d'un marché. Dans le monde financier, il existe plusieurs indices avec différentes méthodologies pour établir leurs valeurs, cependant, ce mémoire se concentrera sur l'indice S&P500, car, il est de loin le plus utilisé. L'indice S&P500 s'arrime aux 500 plus grandes sociétés ouvertes aux États-Unis. De manière générale, l'indice S&P500 sert de baromètre aux investisseurs institutionnels afin de comparer leur performance individuelle. L'indice est calculé à l'aide des capitalisations boursières des compagnies, pondérées par rapport à la capitalisation boursière totale, ainsi qu'à l'aide d'un diviseur afin d'annuler les fractionnements de titres et les dividendes. Fait important à noter, à cause de la pondération du calcul, les entreprises avec d'importantes capitalisations influencent beaucoup plus l'indice que les petites. Une des méthodes les moins risquées en bourses et accessibles à tous est d'investir dans les FNB (fonds négociés en bourse). Les FNB sont en quelque sorte un panier d'actions différentes que l'on peut transiger comme une action ordinaire (achat, vente, vente à découvert, etc.). L'indice S&P500 a son propre FNB qui se nomme SPY. Ce dernier a des volumes de transactions quotidiennes pouvant dépasser les 200 millions d'actions échangées (en guise de comparaison, le titre de Apple peut avoir un volume quotidien tournant autour de 30 millions). Dans ce mémoire, le SPY est le titre analysé pour plusieurs raisons : premièrement, c'est un titre extrêmement liquide (c.-à-d. acheter ou vendre ce dernier n'influence généralement pas son prix), deuxièmement, le volume est très élevé (c.-à-d. qu'il y a toujours des acheteurs et des vendeurs). Finalement, il est peu volatile comparé à des actions de sociétés individuelles (c.-à-d. que le SPY résiste de façon générale bien aux nouvelles, qui affectent considérablement une compagnie ou un secteur en particulier).

Un autre élément de l'évolution des marchés fait suite aux avancements technologiques des dernières années. Les changements les plus importants comprennent la disponibilité des plateformes électroniques pour transiger, ainsi que différents modèles mathématiques complexes, tels que les algorithmes d'achat et de vente. Chaque grande banque, ainsi que les compagnies d'investissement privées, offrent aux investisseurs le choix de transiger des actifs

avec leur système de plateforme électronique. Règle générale, une transaction en coûte 10\$ au Canada versus la commission d'un courtier qui s'établit à 2% de la valeur totale des titres. Évidemment chaque courtier est différent, mais les commissions sont largement supérieures à ceux des plateformes électroniques. Avec des faibles coûts de transaction comparativement aux commissions, les investisseurs peuvent se permettre d'être beaucoup plus actifs dans la gestion de leur portefeuille. Ensuite, lesdits algorithmes, qui permettent d'acheter ou de vendre des actifs de manière automatisée et en suivant des règles plus ou moins complexes, ont connu un essor fulgurant depuis le début des années 2000. Les « High Frequency Traders » (HFT) sont parmi les algorithmes les plus courants chez les investisseurs institutionnels. Ces algorithmes permettent d'acheter ou de vendre des actifs plus rapidement qu'un investisseur normal, gagnant ainsi un avantage compétitif. Entre 2009 et 2010, il était estimé qu'entre 60 et 70% de toutes transactions étaient attribuées aux HFT. Depuis ce temps, ce nombre a diminué quelque peu, mais la présence des HFT demeure toujours prédominante dans le monde de l'investissement et de la bourse en particulier (Seth, 2015). Un fait important qui est directement lié aux HFT et aux autres algorithmes est que depuis leur entrée en grande pompe, la volatilité des marchés a augmenté (Hanson, 2016). Avec les changements mentionnés ci-haut, les transactions boursières deviennent plus faciles, moins coûteuses et programmables. Ceci a mené à un changement de mentalité des investisseurs; les transactions de titres se font de plus en plus souvent. Il y a 20 ans, l'investisseur typique gardait une action pendant environ 4.5 années alors qu'aujourd'hui ce même investisseur le garde en moyenne 4.5 mois. On prévoit que d'ici quelques années, l'investisseur typique gardera en moyenne 4.5 semaines chacun de ses titres (Miresco, 2014).

Le but de ce mémoire est d'utiliser des techniques d'ingénierie financière qui aideront les investisseurs à maximiser leurs rendements en ciblant un marché dit survendu. L'ingénierie financière utilise des techniques et des outils du domaine de l'ingénierie appliquée au monde de la finance. Ce mémoire empruntera les outils de la méthodologie Six Sigma, laquelle est très utilisée en génie industriel, et l'appliquera directement sur les transactions boursières afin de détecter des points d'entrées pour l'achat du titre SPY.

Au mieux de notre connaissance, aucune recherche n'a été faite à ce sujet. Le développement de cette technique représente donc notre contribution dans cette recherche. Ce mémoire s'adresse à toute personne désirant des règles relativement simples afin d'investir à la bourse dans le but de potentiellement maximiser ses rendements, le tout avec un intervalle de confiance suffisamment élevé.

Ce mémoire est divisé de la manière suivante : le chapitre 1 est dédié à la revue de littérature. Dans ce chapitre, nous explorons l'analyse technique, composée d'indicateurs de tendances, d'oscillateurs et d'analyses graphiques. Ensuite, nous discutons des recherches qui ont été faites sur la construction et l'optimisation d'autres outils mathématiques pour prédire l'entrée et la sortie optimale d'un titre. De cette mise en contexte, l'objectif du mémoire y découle : L'utilisation de la méthodologie statistique Six-Sigma pour prédire un marché survendu. Cette revue de littérature se termine avec la présentation de l'approche Six Sigma ainsi que la recherche sur la distribution et les rendements boursiers historiques.

Le chapitre 2 traite de la méthode de cette recherche. En allant chercher les données historiques du SPY, nous décrivons les règles mathématiques qui nous permettent d'entrer dans le marché. Par la suite, le chapitre des résultats liste toutes les valeurs qui ont été obtenues par la méthodologie (les différentes règles). Plusieurs éléments statistiques sont calculés afin de pouvoir en tirer des conclusions plus tard.

Le chapitre 4 analyse tous les rendements obtenus. Ceux-ci sont intégrés dans des tests statistiques à titre comparatif (tests de la moyenne) afin de vérifier si les règles d'entrées boursières sont statistiquement significatives.

Une validation des modèles est effectuée au chapitre 5. Sur la base des règles d'entrées boursières (celles qui sont statistiquement valables) et soumises à divers types d'actifs différents afin de s'assurer que ces règles ne soient pas uniquement valables au SPY. Le mémoire conclut avec les constatations générales qui sont ressorties de cette recherche, énonce

et discute des considérations particulières et émet des recommandations pour les recherches futures.

CHAPITRE 1

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Cette recherche traite d'une technique originale d'entrée boursière qui relève de l'analyse technique. Cette nouvelle technique est innovatrice donc, aucune littérature n'a été retrouvée à ce sujet. Nous tenons à aviser le lecteur que cette revue de la littérature présente des sujets (ainsi que des recherches) différents qui nous ont amenés à construire notre nouvelle approche. Les différents sujets couverts dans cette section ne sont pas nécessairement reliés entre eux, mais nous amènent à développer la méthode préconisée aux chapitres subséquents.

La revue de littérature comprendra quatre sections. La première section traitera de l'analyse technique, ainsi que des indicateurs techniques couramment utilisés (il est important de noter que chaque indicateur technique décrit dans cette recherche sera directement utilisé dans la section des résultats). La deuxième section traitera de recherches effectuées sur le développement et l'optimisation de l'analyse technique. La troisième section présentera la méthodologie Six-Sigma dans son ensemble avec les différents signaux décrits et utilisés dans la section des résultats. Finalement, la dernière section fera la revue des travaux existants sur les distributions et les rendements d'investissements boursiers des dernières années.

1.1 L'analyse technique et ses indicateurs

Dans l'introduction, nous avons vu qu'il existe une nouvelle réalité des transactions boursières ; la partie mathématique et informatisée. Cependant, il existe un autre aspect de la nouvelle réalité des transactions boursières qui n'est cependant pas reliée aux progrès technologiques. Jusqu'à relativement récemment, l'analyse fondamentale était la seule analyse couramment utilisée afin de déterminer d'avance le mouvement haussier ou baissier du prix d'un titre. Cette analyse porte attention sur la mécanique de l'offre et de la demande telle que, les états comptables, les données financières, les ratios et autres facteurs pertinents. Cependant, due à l'évolution des technologies de l'information, l'analyse fondamentale devient en quelque sorte caduque pour l'investisseur à court terme (comme nous avons vu au chapitre précédent

où les investisseurs gardent leurs actifs de moins en moins longtemps). L'analyse technique, quant à elle, se concentre sur l'usage des fonctions mathématiques et des graphiques afin d'anticiper la tendance des prix. Ce type d'analyse englobe une multitude d'outils statistiques qui permettent de déterminer avec une certaine probabilité si un marché est survendu (on s'attend donc à une hausse du prix du titre à court terme) ou suracheté (on s'attend à une baisse du prix du titre à court terme). En d'autres termes, l'analyse fondamentale étudie la cause du mouvement des marchés, alors que l'analyse technique étudie les effets du mouvement des marchés, basés sur des données historiques (Murphy, 1999, p.5). Il arrive souvent que ces deux analyses soient aux antipodes; lorsqu'il y a mouvement important du prix d'une action, le fondamental n'explique pas nécessairement les événements, mais après un certain temps il y a resynchronisation avec l'analyse technique. Le prix du marché tend à être en amont de l'analyse fondamentale, car celui-ci ne peut inclure que les données qui sont connues (alors que le marché réagit aux données connues et inconnues). Pour l'analyse technique, le fondamental est déjà inclus dans le prix, donc, l'investisseur peut l'ignorer. Il est important de noter que pour certains, l'analyse technique est souvent utilisée par les spéculateurs, c'est-à-dire les investisseurs qui transigent sur de très courtes périodes (Dagys & Mladjenovic, 2011, p.293). Finalement, l'auteur et investisseur William J. O'Neil fait la déclaration suivante concernant l'analyse technique: « *Those investors who train themselves to properly decode price movements have an enormous advantage over those who are either too lazy or too ignorant to learn about such seemingly irrelevant hocus-pocus* » (O'Neil, 1995, p.161).

Nous vivons dans un monde où la volatilité des marchés a beaucoup augmenté, où tout va très vite et les décisions d'investissements doivent souvent se prendre rapidement. Malheureusement l'analyse fondamentale exige une vue sur le long terme et est de moins en moins adaptée au contexte d'investissement actuel. En effet, l'investissement avec une vue sur le long terme, comme décrit précédemment, devient plus rare auprès des investisseurs. Pour ces raisons, l'analyse technique, aux moyens de ces différents outils mathématiques, nous permet de prendre des décisions rapides en fonction du comportement du marché en général.

Il existe trois familles d'outils dans l'analyse technique. Ceux-ci sont amplement documentés et les exemples pratiques sont abondants. Le mémoire, présente ces trois classes d'indicateurs ainsi que leurs descriptions. Il donne par la suite quelques exemples courants ainsi que la description des outils utilisés dans la section des résultats.

1.1.1 Indicateurs de tendance

Comme son nom l'indique, l'indicateur de tendance est un outil qui permet de déterminer si un marché est à la hausse, à la baisse ou sans direction. La moyenne mobile est l'indicateur de tendance incontournable due à sa polyvalence et sa facilité d'être combiné avec d'autres outils. Il existe plusieurs types de moyennes mobiles, mais les trois plus populaires sont la moyenne mobile simple, exponentielle et pondérée (Murphy, 1999, p.196).

1.1.1.1 Les Moyennes mobiles

La moyenne mobile simple est une moyenne arithmétique des valeurs prises en compte. Par exemple, si les valeurs de fermetures de trois jours ouvrables sont prises en compte, cette moyenne est la somme des trois valeurs divisées par trois. L'élément mobile vient du fait que pour la journée suivante, la première valeur de fermeture disparaît pour laisser place à la valeur du dernier jour. L'avantage de cet indicateur de tendance est la facilité à utiliser, que ce soit par calcul manuel ou par programmation informatique. L'inconvénient est que cette moyenne n'est pas très réactive aux fluctuations immédiates des marchés et accorde une importance égale à toutes les journées utilisées (ce qui est un problème, surtout lorsque le nombre de périodes utilisées est très grand). La moyenne mobile simple est décrite par l'équation :

$$\text{Moyenne mobile simple} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$

La moyenne mobile exponentielle est très similaire à la moyenne mobile simple décrite dans le paragraphe précédent. La seule différence est qu'il y a plus de poids sur les valeurs récentes

que les valeurs les plus anciennes (voir la formule à l'annexe 1). L'avantage de cet indicateur est qu'il est plus réactif au mouvement récent du marché que la moyenne mobile simple. Cette moyenne mobile est décrite par l'équation :

$$\text{Moyenne mobile exponentielle} = (MME_h + \frac{2}{N+1}) \times (Prix_a - MME_h)$$

Tout comme la moyenne mobile exponentielle, la moyenne pondérée met plus de poids sur les données les plus récentes . Cependant, la formule mathématique est différente de la moyenne mobile exponentielle : la pondération des valeurs diminue de façon constante plus on recule dans le temps (comparé à l'exponentielle qui diminue de manière exponentielle). Cet indicateur est aussi plus réactif que la moyenne mobile simple. La moyenne mobile pondérée est décrite par l'équation :

$$\text{Moyenne mobile pondérée} = \frac{np_M + (n-1)p_{M-1} + \dots + 2p_{(M-n+2)} + p_{(M-n+1)}}{n + (n-1) + \dots + 2 + 1}$$

Différentes techniques d'utilisation des moyennes mobiles guident les décisions lors des transactions. Par exemple, attendre que le prix d'un titre traverse une moyenne mobile pour la transiger ou encore, utiliser plusieurs moyennes mobiles pour transiger. Comme le démontre la figure 1.1, le problème avec les techniques qui n'utilisent que les moyennes mobiles est qu'elles indiquent une tendance des marchés alors que celle-ci est enclenchée depuis un bon moment. Certains modèles qui emploient d'autres outils en conjonction avec les moyennes mobiles offrent de bien meilleurs résultats. Parmi ceux-ci, les bandes de Bollinger sont un outil extrêmement populaire dans le monde de l'analyse technique.

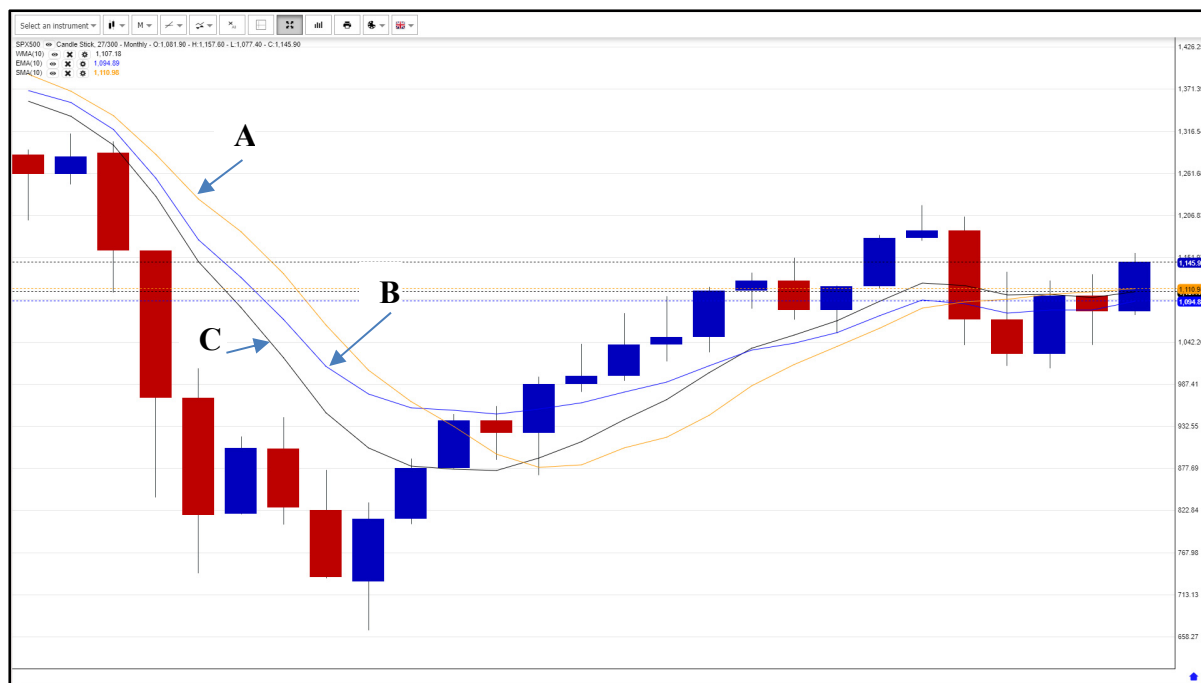


Figure 1.1 Moyenne mobile simple (A), moyenne mobile exponentielle (B) et moyenne mobile pondérée (C) sur le S&P500

Adaptée de www.netdania.com (Consulté le 30 juin 2017)

1.1.1.2 Bandes de Bollinger (BB)

Dans les années 1980, John Bollinger publia un livre qui décrivit un modèle pour transiger les actions. Son modèle, relativement simple à calculer comprenait trois courbes distinctes. La première courbe consistait d'une moyenne mobile simple de 20 périodes (c.-à-d. 20 valeurs de fermeture) et les deux autres courbes consistaient d'une borne de plus deux écarts-types et d'une autre borne de moins deux écarts-types. Lorsque le prix d'un titre était supérieur à la borne de plus deux écarts-types, le marché était considéré comme étant suracheté, donc il fallait vendre le titre. À l'opposé, si le prix du titre descendait en dessous de la borne de moins deux écarts-types, alors le titre était considéré survendu, donc une occasion d'achat (Bollinger, 2002, p.70).

La logique de ce modèle est que les prix d'un titre suivent une distribution normale et que 95% des valeurs se situent entre plus deux et moins deux écarts-types. Le fait de dépasser ces bornes

est un événement exceptionnel et le prix de l'actif devrait retourner vers la moyenne mobile. Dans son livre, l'auteur Paul Ciana nous démontre la popularité des bandes de Bollinger : celles-ci arrivent en troisième position en ce qui a trait à l'indicateur technique le plus populaire dans le monde de l'investissement (Ciana, 2011, p.14). La figure 1.2 montre un graphique des bandes de Bollinger.

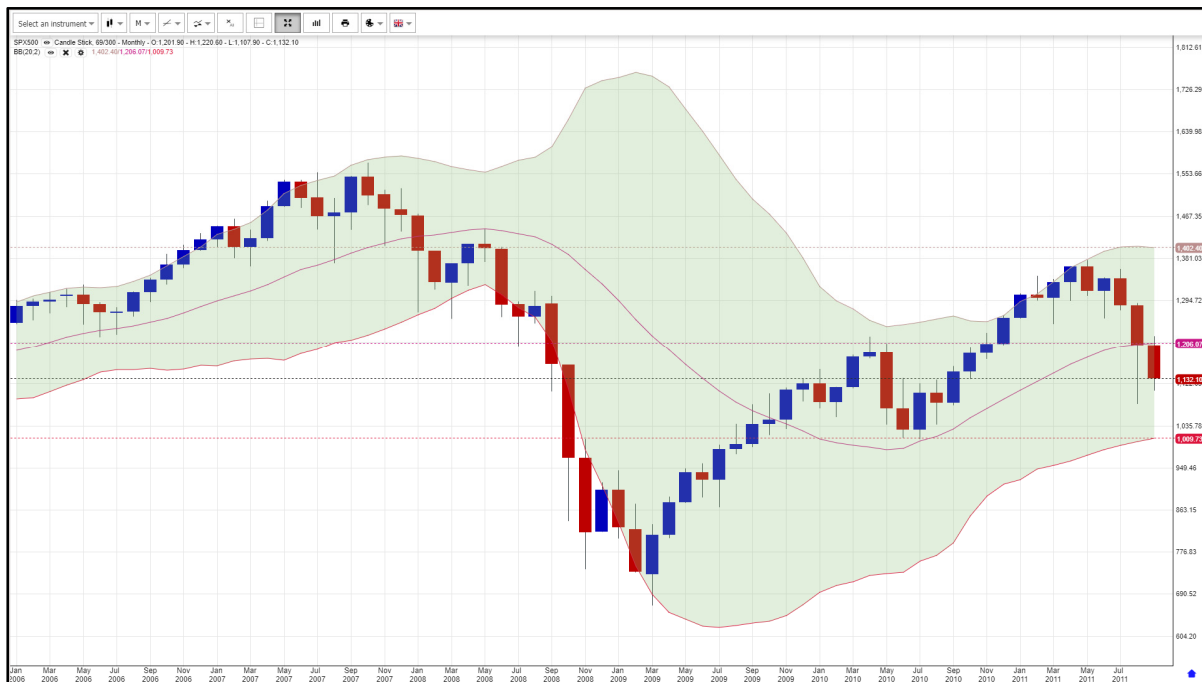


Figure 1.2 Bandes de Bollinger sur le S&P500
Adaptée de www.netdania.com (Consulté le 30 juin 2017)

1.1.2 Les oscillateurs

L'oscillateur est un outil mathématique semblable à l'indicateur de tendance à l'exception d'un point important. Au lieu d'être réactif au marché (c.-à-d. de confirmer une tendance lorsque celle-ci est enclenchée depuis un moment) il mesure la tendance du momentum du prix d'un actif avant que la tendance ne soit confirmée par le prix. Une autre manière de décrire l'oscillateur est de déterminer si un actif est survendu (c.-à-d. une baisse très forte et soudaine d'un titre) ou suracheté (c.-à-d. une hausse très forte et soudaine du titre). L'oscillateur permet donc de prendre une décision proactive d'investissement (Murphy, 1999, p.226).

Toujours dans le livre *New Frontiers in Technical Analysis*, la première position pour l'indicateur technique le plus utilisé chez les techniciens est le Relative Strength Index (RSI). Il existe évidemment une multitude d'oscillateurs dans le monde de l'investissement, cependant, due à sa grande popularité (Ciana, 2011, p.14) et à son utilisation dans ce mémoire, nous ne décrirons que le RSI dans la section ici-bas.

1.1.2.1 Relative Strength Index (RSI)

Cet oscillateur a été développé par J. Welles Wilder Jr. afin de mesurer la dynamique du marché (Murphy, 1999, p.273). Le RSI est généralement calculé sur 14 périodes. Cependant, on peut diminuer le nombre de périodes pour avoir un oscillateur plus réactif ou augmenter le nombre de jours pour un oscillateur plus lisse. Le RSI est borné entre les valeurs de 0 et de 100 (voir annexe 1). Lorsque le marché est sans direction, soit sans tendance, un RSI qui dépasse la valeur de 70 est considéré comme étant suracheté tandis qu'il est survendu lorsque la valeur descend en bas de 30. Par contre, lorsqu'on observe une tendance claire (haussière ou baissière) les valeurs de surachat et de survente deviennent 80 et 20. Une autre façon d'interpréter le RSI est de constater s'il y a divergence entre le graphique du RSI et le graphique des prix. Par exemple, si les prix d'une action augmentent à des nouveaux sommets et que le RSI diverge en montrant une baisse (il a donc une tendance vers le bas) alors cette divergence peut signifier un revirement à venir (Murphy, 1999, p.275). L'équation du RSI est décrite comme étant :

$$RSI = 100 - \frac{100}{1+RS}$$

Considérant que

$$RS = \frac{\text{Moyenne des fermetures haussières pendant les } x \text{ dernières périodes}}{\text{Moyenne des fermetures baissières pendant les } x \text{ dernières périodes}}$$



Figure 1.3 RSI sur le S&P500
Adaptée de www.netdania.com (Consulté le 30 juin 2017)

1.1.3 Analyses graphiques

Cette troisième catégorie d'outils est beaucoup plus visuelle que les catégories décrites précédemment. De manière générale, un investisseur peut prendre des décisions d'achat ou de vente en observant tout simplement les graphiques de la tendance des prix des titres. Des termes couramment utilisés sont le support et la résistance. Le support est obtenu lorsque l'intérêt des acheteurs peut contrer une pression baissière d'un actif alors, qu'à l'inverse, la résistance est lorsque l'intérêt des vendeurs peut contrer une pression haussière. Fait important à noter, le support et la résistance ne sont pas nécessairement des droites horizontales, mais peuvent aussi être obliques.

Un autre aspect intéressant des graphiques est la reconnaissance de formes. Très populaires auprès de nombreux investisseurs, ces techniques permettent de reconnaître un certain modèle dans les graphiques, les populaires sont:

- épaule-tête-épaule : constitué de trois sommets, dont celui du milieu étant le plus haut. Signifie une tendance à la baisse (Murphy, 1999, p.103);
- doubles sommets : constitué de deux sommets à peu près à la même hauteur. Signifie une tendance à la baisse (Murphy, 1999, p.117).

Évidemment, ces formes peuvent aussi être inversées et signifient une tendance haussière. L'analyse graphique ne sera pas utilisée dans ce mémoire, car cette recherche se concentre sur le développement d'outils quantitatifs et non qualitatifs.



Figure 1.4 Double creux sur le S&P500
Adaptée de www.netdania.com (Consulté le 30 juin 2017)

1.1.4 Autres outils de l'analyse technique

Une constatation devient de plus en plus évidente; les outils de l'analyse technique sont presque illimités. Que ce soit un indicateur de tendance, un oscillateur ou une analyse graphique, tout un chacun peut construire leur propre modèle qu'il peut ensuite tester sur les données historiques afin de valider si le modèle avait été utile ou pas (ce que l'on nomme « backtesting »). Bien entendu les indicateurs techniques sont un sujet en plein développement; certains chercheurs et investisseurs peuvent se baser sur d'autres outils mathématiques ou sur d'autres outils dans des domaines connexes. Nous discuterons à la prochaine section des méthodes dans la construction et l'optimisation d'indicateurs techniques.

1.2 Construction et optimisation des indicateurs techniques

Comme nous l'avons vu à la section précédente, l'imagination des développeurs d'indicateurs ainsi que les « backtests » sont clefs pour la création et l'optimisation d'indicateurs techniques.

Beaucoup de recherche est faite sur de nouveaux outils mathématiques pour prédire le mouvement des marchés. Comme nous le verrons ici-bas, plusieurs techniciens ont élaboré des méthodes alternatives afin d'utiliser les indicateurs techniques pour leurs décisions d'investissements. Il est important de noter que ce sont tout d'abord des idées et des opinions de gens travaillant dans le domaine.

L'auteur Anthony Throngone a étudié le SPY sur 18 mois (janvier 2009 à juin 2010) afin de valider si des rendements futurs pouvaient être prédits avec un rendement présent. Ce dernier a déterminé que dans une certaine mesure, la réponse était oui : de manière générale, lorsque le SPY subit une correction de -1,01% et moins, les investisseurs pouvaient s'attendre à une tendance à la hausse la journée suivante, stable pour la deuxième journée et à la hausse pour la troisième journée. Lorsque la correction se situait entre -0,01% et -0,99% la tendance devenait stable pour les deux prochains jours et à la hausse la troisième journée. Pour un gain entre 0,01% et 0,99%, la tendance est stable la journée suivante et à la hausse les deux jours d'après. Pour un gain entre 1,01% et 1,99% les tendances étaient à la hausse, ensuite stable pour finir à la baisse la troisième journée. Finalement, lorsque le gain était supérieur à 2,00%, la tendance était à la baisse pour les deux journées suivantes et à la hausse pour la troisième journée (Throngone, 2011).

Dans l'article RSI TRENDS, l'auteur a déterminé que les points d'entrées et de sorties du RSI pouvaient varier avec la direction des marchés. En effet, au lieu d'avoir des valeurs fixes de 20/30 (signe d'achat) et 70/80 (signe de vente) les valeurs intermédiaires de 40 pour l'achat et de 60 pour la vente pouvaient aussi donner des résultats intéressants lorsque les marchés subissent de fortes hausses ou de fortes baisses (Mitchell, 2010).

Sylvain Vervoort, développeur d'outils techniques, proposa de modifier la moyenne mobile des Bandes de Bollinger. Au lieu d'utiliser la simple valeur de fermeture, l'auteur utilisa une moyenne de quatre valeurs : le prix de fermeture, d'ouverture, le maximum et le minimum de la journée. Avec cette méthode, il expliqua que les mouvements intrajournaliers extrêmes pouvaient être considérés lors de l'achat ou de la vente d'un actif (Vervoort, 2010).

Les bandes de Bollinger ne font pas unanimité. Certains auteurs prétendent que la technique d'investissement à long terme, a donné de meilleurs résultats que l'utilisation de ses bandes (Lento, Gradojevic & Wright, 2007), alors que d'autres chercheurs prétendent le contraire, soit 84% des signaux donnés par les bandes sont profitables (Kennan, Sekar, Sathik & Arumugam, 2009). Cependant, la grande majorité des investisseurs utilisant les bandes de Bollinger s'entendent pour dire que le temps entre le signal et la décision d'investissement est crucial pour que cette technique fonctionne bien (Butler & Kazakov, 2010) (Vijay & Paul, 2015.).

Finalement, il est important de mentionner que la littérature mentionne d'autres exemples d'indicateurs techniques ou des chercheurs ont utilisé des outils provenant d'autres disciplines. Zhang et Huang se sont inspirés des formules de la mécanique quantique afin de prédire le mouvement des marchés (Zhang & Huang, 2010) alors que l'auteur Chan a utilisé la loi normale pour en faire de même (Chan, 2011), méthodes qui semblent plus marginales quant à leur utilisation.

1.3 La méthodologie Six-Sigma

L'idée d'utiliser la méthode Six-Sigma nous est venu de deux hypothèses: Premièrement, les bandes de Bollinger posent l'hypothèse que la distribution de la bourse suit une courbe normale et en second lieu l'analyse technique qui utilise des outils provenant de plusieurs types différents de sciences et d'ingénierie.

Dans la section suivante, nous décrirons notre méthodologie pour l'utilisation de la méthodologie Six-Sigma comme indicateurs techniques. Les exemples précédents ne sont qu'une infime partie du travail effectué sur les indicateurs techniques, mais les auteurs de la revue de littérature s'entendent sur l'importance d'un aspect, soit : celui de bien définir les paramètres d'entrée et de sortie. Pour citer l'auteur Wayne Mueller, « Un système de transaction est un ensemble de règles et de conditions qui vous permettent de prendre une décision d'achat ou de vente. » (Mueller, 2013). Le succès pour transiger se résume à trois points : savoir ce qu'on transige, savoir quand transiger et l'habilité à s'adapter lorsque les conditions du marché le demandent (Palmquist, 2011). La méthode Six-Sigma est un ensemble d'outils et de techniques pour améliorer les opérations d'une entreprise. Elle a été inventée en 1986 par Bill Smith pendant qu'il travaillait chez Motorola. Ce dernier jugea par l'entremise d'une courbe de distribution normale qu'un procédé mature ne devait contenir que 3,4 défauts par million (d'où le nom six sigma). L'auteur Donald J. Wheeler décrit un défaut comme suit : « Une variation exceptionnelle est attribuée à des causes assignables qui, par définition, dominant les causes communes de la variation routinière [...] la présence d'une variation exceptionnelle est un signal qu'il y a des relations de cause à effet dominantes qui affectent votre procédé et que vous ne contrôlez pas effectivement. » (Wheeler, 2000, p.27)

Initialement réservé à la production manufacturière non complexe, de plus en plus d'entreprises et de secteurs d'activités différentes ont intégré la méthode Six-Sigma à leur processus opérationnel tel que la santé, les services, la logistique, etc. Plus spécifiquement, Six Sigma améliore la qualité de l'extrait d'un processus opérationnel en minimisant la variabilité. Pour utiliser la méthode six-sigma, il y a cinq étapes clef à suivre :

1. La définition du problème à résoudre (étape qualitative);
2. Mesurer quantitativement les données en lien avec le problème à résoudre (étape qualitative);
3. Analyser les données afin de déterminer où le problème se situe exactement (étape quantitative);
4. Améliorer le problème, à la source si possible (étape qualitative);
5. Contrôler le processus pour ne pas revenir à la situation initiale (étape qualitative).

Dans ce mémoire, nous nous consacrerons à la troisième étape (celle de l'analyse, car c'est la seule étape quantitative) qui n'utilise que des méthodes statistiques empiriques, car le problème à résoudre réside dans la compréhension du système et l'objectif de gain lors de transactions. Cette troisième étape consiste à produire un graphique de la production dans le temps et de tracer la moyenne arithmétique de cette production (le nom donné à ce graphique est charte de contrôle). Une fois le graphique obtenu, il existe huit cas où nous pouvons conclure que le processus est hors contrôle statistiquement (voir figure 1.5). N'oublions pas que le but des Six Sigma est d'obtenir un processus en contrôle afin d'avoir le moins de variation possible (George, Rowlands, Price & Maxey, 2005, p.133).

- Cas #1 :** Il existe une valeur qui est à l'extérieur des bornes de trois écarts-types;
- Cas #2 :** Il y a neuf valeurs consécutives qui sont d'un seul côté de la moyenne;
- Cas #3 :** Il y a six valeurs consécutives qui sont dans une seule et unique direction;
- Cas #4 :** Il y a 14 valeurs consécutives qui alternent en haut et en bas;
- Cas #5 :** Il existe deux valeurs sur trois consécutives à l'extérieur des bornes de deux écarts-types;
- Cas #6 :** Il existe quatre valeurs sur cinq consécutives à l'extérieur des bornes d'un écart-type;
- Cas #7 :** Il y a 15 valeurs consécutives qui sont entre les bornes de plus un et moins un écart-type;
- Cas #8 :** Il y a huit valeurs consécutives qui sont uniquement à l'extérieur des bornes de plus un et moins un écart-type.

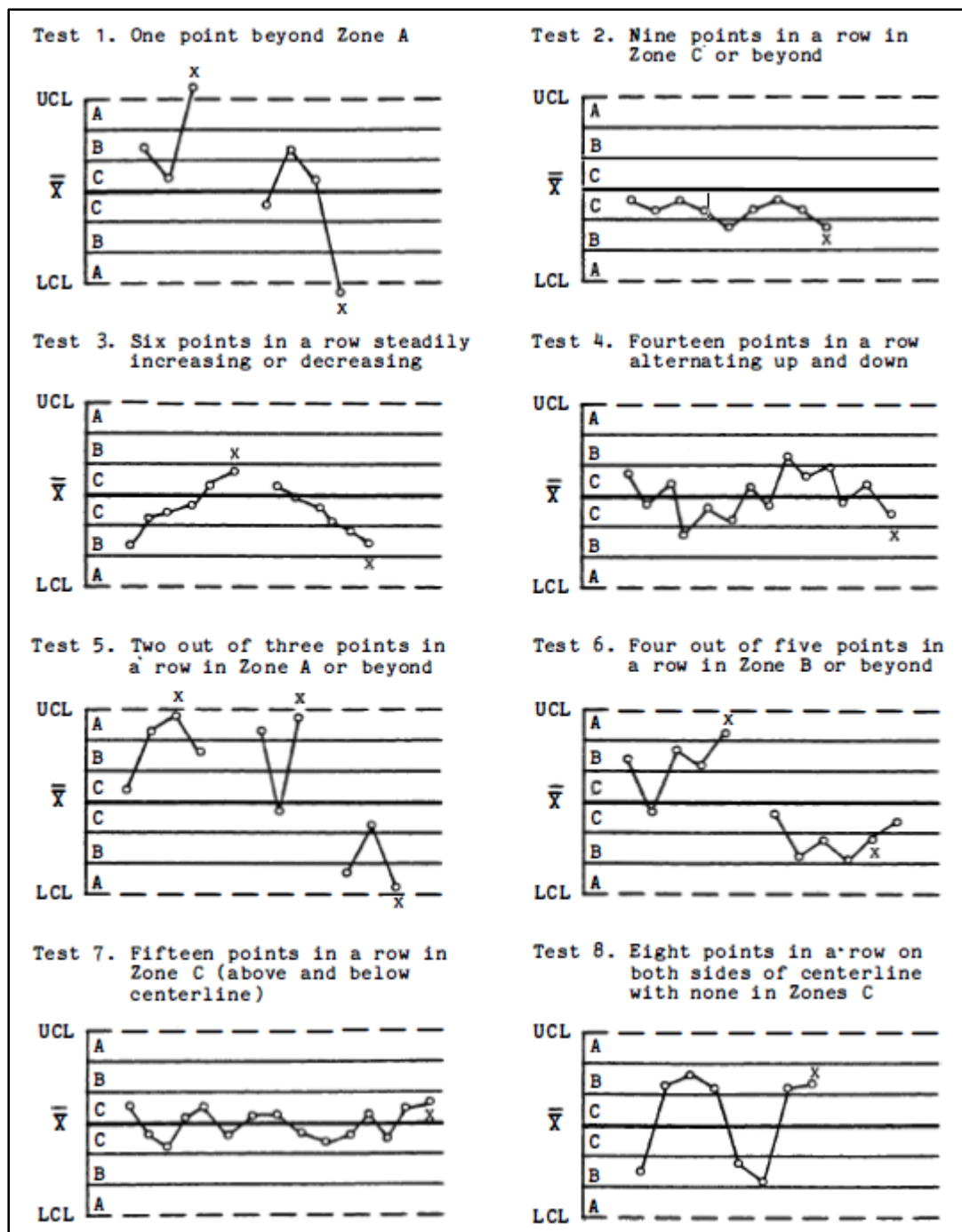


Figure 1.5 Huit cas où la carte est hors contrôle

Tirée de <http://blog.minitab.com/blog/statistics-in-the-field/using-the-nelson-rules-for-control-charts-in-minitab> (Consulté le 15 novembre 2016)

Ce mémoire a pour but de tester ces huit cas (que nous appellerons signaux à partir de maintenant) dans un marché boursier afin de déterminer si ces outils (de production) peuvent être efficaces à identifier des points d'entrées dans les marchés. Une recherche exhaustive a été faite à ce sujet. Aucune documentation utilisant les outils six sigma appliqués à la bourse n'a été trouvée. La prochaine section de cette revue de littérature couvre les distributions. En effet, nous cherchons à savoir comment évaluer les distributions non normales.

1.4 Distribution et rendement de la bourse

Il est très important de discuter de la distribution des rendements boursiers en général. En effet, à la section précédente, l'approche Six-Sigma pose comme hypothèse initiale que la distribution est normale. Cependant, les rendements boursiers suivent une distribution non normale : leurs distributions sont à queues lourdes et légèrement désaxées négativement (Christoffersen, 2012, p.9). Cette section a pour but de fouiller la littérature afin d'étudier les chartes de contrôles lors de distributions non normales.

Les distributions normales sont l'exception et non la règle. Le monde dans lequel nous vivons est complexe, non linéaire et, surtout, non normal. Reconnaisant ce problème, plusieurs études ont été entreprises afin de tester des modèles de charte de contrôle sur des données de distributions non normales. Tout d'abord, Bakir détermina que les chartes de contrôles sur les distributions à queues lourdes fonctionnaient mieux que sur les chartes de distributions normales, car elles englobaient les valeurs aux extrémités de la distribution. Ce qui avait pour effet d'augmenter les extrémités de la charte elle-même (Bakir, 2004).

Quelques études ont été faites afin de modifier légèrement l'allure de la charte de contrôle. La moyenne simple arithmétique a été substituée par une moyenne mobile exponentielle. Une première étude (Barror, Montgomer & Runger, 1999) ainsi qu'une seconde (Petros, Parraretos & Psarakis, 2005) ont conclu que cette méthode alternative, soit l'utilisation de charte de contrôle, était bien adaptée aux distributions à queues lourdes pourvu que les valeurs extrêmes

soient en petit nombre et pas trop « extrêmes ». D'autres études ont aussi démontré que la moyenne mobile simple est bien adaptée aux chartes de contrôles (Roberts, 1959).

D'autres auteurs ont aussi démontré que la distribution-T est un modèle plus convenable et mieux adapté aux distributions à queues lourdes. En effet, lorsque le nombre d'échantillons est petit et que l'écart-type de la population n'est pas connu, la distribution-T est mieux adaptée que la distribution normale (Lange, Little & Taylor, 1989) (Praetz, 1972). Finalement, un théorème relié aux distributions non normales, le théorème central limite, dit ceci : la distribution d'une moyenne s'approche de la normalité si l'échantillonnage est suffisamment grand. Si la population est symétrique, un échantillon de 5 à 20 est assez pour poser comme hypothèse la normalité de la distribution. Dans le pire des cas, 30 échantillons peuvent être considérés comme normaux (George, Rowlands, Price & Maxey, 2005).

Lorsque nous regardons dans le passé, les placements boursiers ont été en général lucratifs, à condition d'être patient. En effet, le rendement moyen journalier de l'indice S&P 500 fut de 0,0056% avec un écart-type 1,3771% de janvier 2001 à décembre 2010 (Christoffersen, 2012, p. 9). Cependant, il est important de noter qu'au cours de l'histoire, il y a eu des corrections boursières importantes et parfois, le temps pour récupérer la totalité de la valeur d'avant la correction peut être long. Par exemple, pour l'indice DJIA, les pertes dues à la crise de 2008-2009 (-45%) ont pu être récupérées en trois ans, les pertes du lundi noir de 1987 (-23%) ont été récupérées en 15 mois et les pertes de la grande dépression de 1929 (-90%) ont été récupérées en environ 25 années (Filion & Delorme, 2014, p.141)! Cependant, le consensus est que la valeur boursière augmente avec le temps, mais sur de courtes périodes, il peut y avoir des corrections importantes qui surpassent de beaucoup les mouvements haussiers (Christoffersen, 2012, p. 9), d'où l'importance des modèles prédictifs.

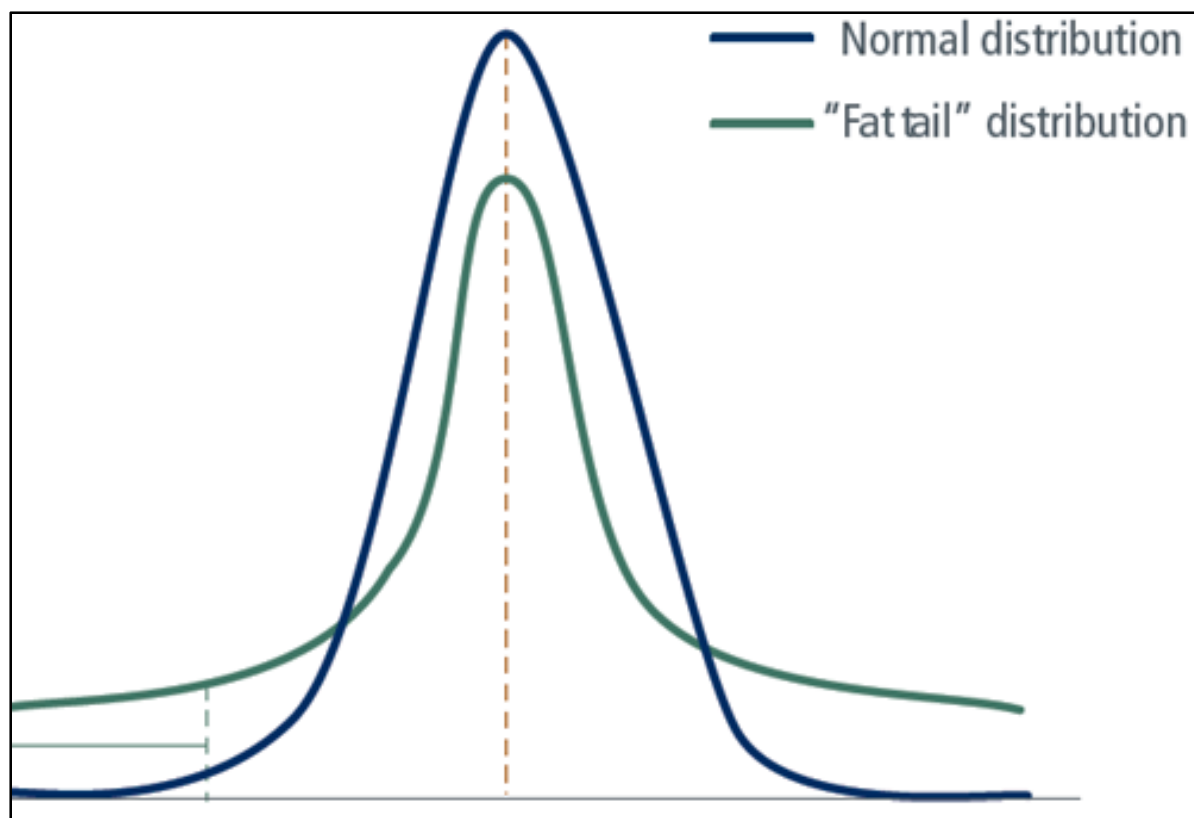


Figure 1.6 Distribution normale et à queue large

Tirée de <http://blogs.sas.com/content/sascom/2015/01/13/diagnosis-your-data-is-not-normal>
(Consulté le 25 novembre 2016)

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

Le chapitre précédent, a établi qu'il y avait beaucoup de recherche sur le développement de nouveaux indicateurs techniques pour prédire la direction des marchés. Ce mémoire aura pour but d'identifier d'autres modèles qui serviront à prendre des décisions d'investissement. Depuis quelques décennies, les gestionnaires d'opérations manufacturières utilisent la méthode Six-Sigma afin de contrôler les extrants de la chaîne opérationnelle. Ce mémoire analyse donc la pertinence d'utiliser cette approche aux décisions d'investissements boursiers. Le but de ce mémoire est de déterminer si la méthodologie Six-Sigma de la gestion des opérations manufacturières peut être adaptée et utilisée efficacement en tant qu'indicateur technique de prises de décisions. Plus spécifiquement, existe-t-il un ou plusieurs signaux basés sur la méthodologie Six-Sigma qui serait en mesure d'identifier un marché survendu? Et, si tel est le cas, son efficacité comparée aux indicateurs techniques les plus populaires tels que le RSI et les bandes de Bollinger à court terme est-elle comparable?

Trouver le timing de l'achat ou de la vente de titres représente l'accent important de ce mémoire. L'objectif de la démarche est d'identifier des outils statistiques, basés sur la méthodologie Six-Sigma, qui maximiseront les rendements des investissements à court terme. Le SPY sera le titre utilisé principalement dans ce mémoire. Étant donné sa très grande liquidité et les immenses volumes quotidiens transigés, il s'agit de l'instrument le mieux adapté pour tester ces outils, car il est relativement stable aux événements spontanés (c.-à-d. les annonces politiques, la fluctuation de commodités, les échanges commerciaux, etc.).

Autre point important, le mémoire utilise les données du SPY historique (disponible gratuitement sur le site internet <https://finance.yahoo.com>) du début janvier 2010 jusqu'au 1^{er} juin 2016. Il retient cette plage de dates, car le contexte boursier d'après la crise de 2008-2009 est le même: les taux d'intérêt sont bas, il y a un assouplissement monétaire, les HFT sont très

présents, etc. Les données recueillies de janvier 2010 à juin 2016 serviront à analyser trois types de résultats qui auront des fonctions bien différentes.

2.1 Les résultats témoins

Les résultats témoins sont l'ensemble des rendements obtenus à tous moments sur chacune des périodes analysées. Ils serviront de références comparables à tous les autres résultats obtenus (les contrôles et les signaux Six-Sigma que nous décrirons dans les prochaines sections). La moyenne de ces résultats témoins représenterait les rendements boursiers attendus si un investisseur achetait des titres à n'importe quel moment, c'est-à-dire sans signal d'achat. Ces témoins seront divisés en trois catégories : les rendements attendus pour une semaine (5 jours ouvrables), les rendements attendus pour deux semaines (10 jours ouvrables) et finalement, les rendements attendus pour un mois (22 jours ouvrables). Tous ces rendements seront calculés en utilisant la valeur de fermeture (c.-à-d. 5, 10 et 22 jours) par rapport à la valeur de fermeture de référence (au moment de l'achat). Les équations ci-dessous détaillent les formules utilisées. Dans ces cas, la variable j signifie les journées sélectionnées.

$$Rendement_n = \frac{Valeur\ de\ fermeture_{j+n}}{Valeur\ de\ fermeture_j} - 1$$

Avec $n = 5, 10$ ou 22

2.2 Les résultats contrôles

Un total de quatre contrôles seront utilisés, soit deux contrôles positifs et deux contrôles négatifs. Tel que décrit dans le chapitre 1, étant donné leur très grande popularité, les formes standards du RSI et des bandes de Bollinger seront utilisées comme contrôles. Un RSI de 14 périodes qui tombe à une valeur de 30 et moins sera considéré un signal de survente. De la même manière, une valeur de fermeture qui tombe en bas de deux écarts-types sera aussi un signal de survente (bandes de Bollinger à 20 périodes). Les deux scénarios décrits précédemment constitueront les contrôles positifs, car l'histoire et la littérature nous enseignent que dans de tels scénarios, le prix du titre remonte en valeur.

De la même manière, un RSI de 14 périodes qui traverse la valeur de 70 et plus sera considéré un signal de surachat. De plus, une valeur de fermeture qui traverse plus deux écarts-types sera aussi un signal de surachat (toujours avec des bandes de Bollinger à 20 périodes). Ces deux scénarios seront définis comme des contrôles négatifs, car l'attente des techniciens après de telles actions est une baisse des prix des titres.

2.3 Les résultats Six-Sigma

Tel que décrit au chapitre 3, la prémisse principale du mémoire est qu'il est possible d'utiliser les signaux de la méthode d'analyse Six Sigma pour déterminer des points d'entrées dans les marchés boursiers. Tel que stipulé dans la revue de littérature (chapitre 1), il existe un total de treize signaux différents dans l'analyse Six-Sigma pour déterminer si un processus est hors contrôle. Chacun de ces signaux sera utilisé pour déterminer des points d'entrées dans le SPY afin de maximiser le rendement potentiel à court terme. Les signaux d'entrée dans le SPY seront les suivants :

- **signal 1** : La valeur de fermeture est à trois écarts-types supérieurs à la moyenne mobile;
- **signal 2** : La valeur de fermeture est à trois écarts-types inférieurs à la moyenne mobile;
- **signal 3** : Il y a neuf valeurs de fermeture consécutives supérieures à la moyenne signal;
- **signal 4** : Il y a neuf valeurs de fermeture consécutives inférieures à la moyenne mobile;
- **signal 5** : Il y a six valeurs de fermeture consécutives croissantes;
- **signal 6** : Il y a six valeurs de fermeture consécutives décroissantes;
- **signal 7** : Il y a 14 valeurs de fermeture consécutives qui alternent haut et bas;
- **signal 8** : Deux valeurs de fermeture sur trois consécutives sont à plus deux écarts-types;
- **signal 9** : Deux valeurs de fermeture sur trois consécutives sont moins deux écarts-types;
- **signal 10** : Quatre valeurs de fermeture sur cinq consécutives sont à plus d'un écart-type;
- **signal 11** : Quatre valeurs de fermeture sur cinq consécutives, sont à moins un écart-type;
- **signal 12** : 15 valeurs de fermeture consécutives sont entre moins un et plus un écart-type;
- **signal 13** : 8 valeurs consécutives sont à plus d'un écart-type et/ou à moins un écart-type.

Ces résultats seront comparés aux autres indicateurs afin d'en valider leur efficacité et seront analysés au Chapitre 4 à l'aide des tests statistiques. Les tests de Student et Z seront utilisés afin de déterminer si les rendements obtenus des signaux Six-Sigma décrits ci-haut sont en mesure d'offrir des résultats statistiquement significatifs comparés aux rendements attendus.

CHAPITRE 3

RÉSULTATS OBTENUS

3.1 Résultats des témoins

Les résultats témoins servent de comparaison de base aux autres signaux d'achats afin de mesurer l'efficacité de ces derniers. Un rendement sur une semaine, deux semaines et un mois a été calculé pour chacune des journées du 4 janvier 2010 au 1er juin 2016 (la totalité des 4 805 rendements différents peut être consultée dans les fichiers Excel joints à ce mémoire. Il serait trop volumineux d'inclure tous ces rendements directement dans ce travail). Le tableau 3.1 ici-bas résume l'ensemble des résultats par intervalle de pourcentages. En effet, si un investisseur avait acheté l'indice SPY à n'importe quel jour de fermeture (sans se baser sur des signaux d'achats) il pourrait s'attendre (tel qu'indiqué au tableau 3.1) à un rendement moyen attendu de 0,21% sur une semaine, 0,41% sur deux semaines et 0,93% sur un mois. Cependant, les résultats ont une grande variance comme en témoignent les écarts-types très élevés. Nous observons que la majorité de la distribution des rendements, peu importe le temps utilisé, se trouve surtout entre -2,99% et +2,99%. Cette même distribution diminue donc en allant vers les extrémités. Suite aux rendements obtenus au tableau 3.1 de la page suivante, la construction des graphiques est montrée aux figures dans les pages subséquentes. Tel que discuté dans la revue de littérature, les distributions des différents rendements sont celles d'une queue large.

Tableau 3.1 Ensemble des rendements témoins

Rendements	Occurrences 1 semaine	Occurrences 2 semaines	Occurrences 1 mois
-17,99% à -17,00%	0	0	1
-16,99% à -16,00%	0	1	1
-15,99% à -15,00%	0	0	1
-14,99% à -14,00%	0	1	1
-13,99% à -13,00%	0	0	2
-12,99% à -12,00%	1	0	2
-11,99% à -11,00%	1	1	6
-10,99% à -10,00%	2	4	6
-9,99% à -9,00%	0	1	7
-8,99% à -8,00%	0	1	12
-7,99% à -7,00%	4	5	14
-6,99% à -6,00%	7	20	36
-5,99% à -5,00%	12	17	36
-4,99% à -4,00%	30	44	45
-3,99% à -3,00%	56	56	69
-2,99% à -2,00%	100	96	74
-1,99% à -1,00%	162	163	104
-0,99% à -0,01 %	281	210	123
0,00% à 0,99%	398	274	174
1,00% à 1,99%	305	260	189
2,00% à 2,99%	155	201	213
3,00% à 3,99%	56	130	180
4,00% à 4,99%	22	70	126
5,00% à 5,99%	14	25	75
6,00% à 6,99%	3	11	28
7,00% à 7,99%	4	5	28
8,00% à 8,99%	1	2	17
9,00% à 9,99%	0	2	3
10,00% à 10,99%	0	0	3
11,00% à 11,99%	0	0	4
12,00% à 12,99%	0	0	2
Nombre de résultats	1609	1604	1592
Rendements moyens	0,21%	0,41%	0,93%
Écart-types	2,12%	2,76%	3,89%
Rendement minimal	-12,83%	-16,12%	-17,07%
Rendement maximal	8,78%	9,37%	12,79%

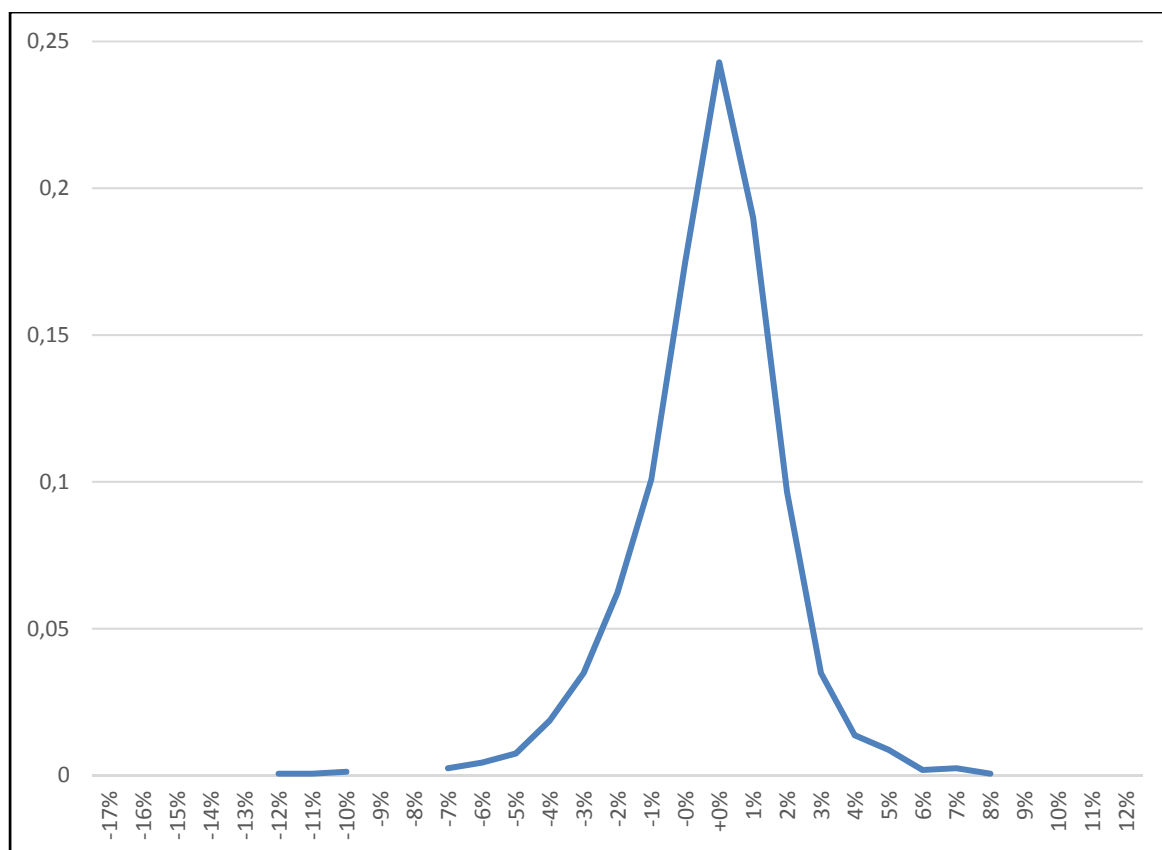


Figure 3.1 Rendements sur 1 semaine du SPY 01/2010 – 06/2016

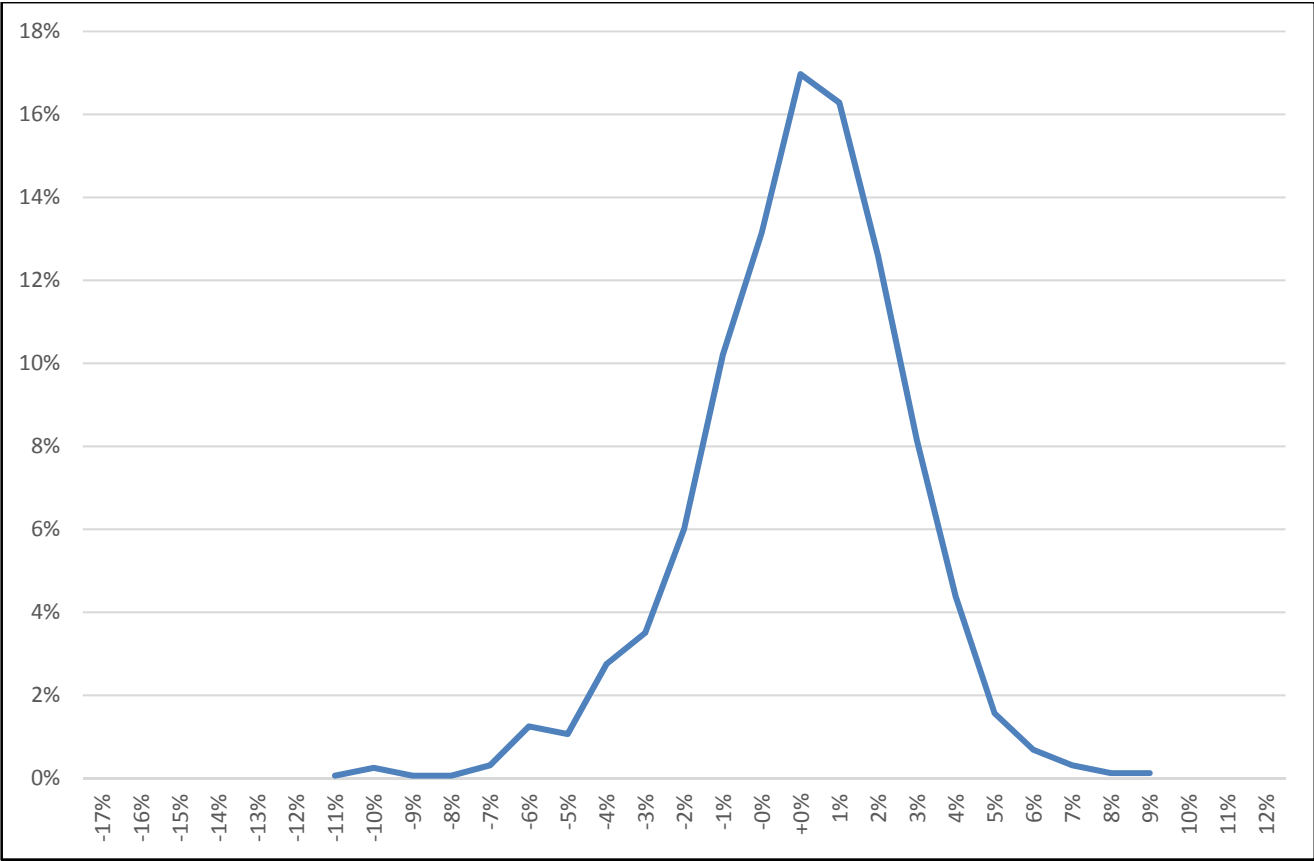


Figure 3.2 Rendements sur 2 semaines du SPY 01/2010 – 06/2016

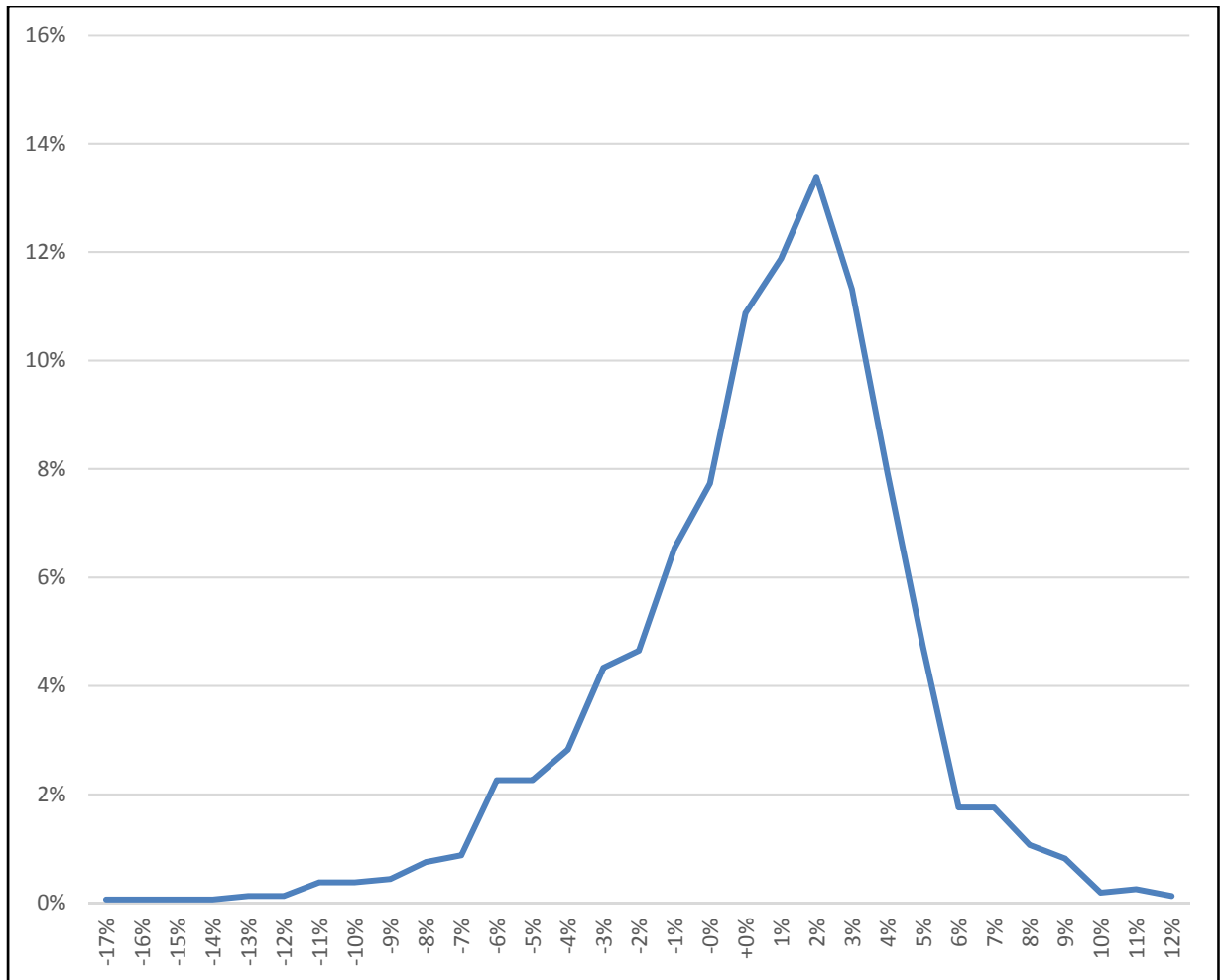


Figure 3.3 Rendements sur 1 mois du SPY 01/2010 – 06/2016

3.2 Résultats des contrôles

Tel que décrit au chapitre 2, les résultats contrôles sont identifiés comme étant des indicateurs techniques couramment utilisés dans le monde de l'analyse technique. Le contrôle 1 compile les résultats au moment où la valeur du RSI (en utilisant 14 périodes) tombe sous la valeur de 30, c.-à-d. que nous procédons à l'achat du titre (au moment de la fermeture) et nous comptabilisons les rendements après une semaine, deux semaines et un mois. Les données du contrôle 1 sont inscrites dans le tableau 3.2.

Tableau 3.2 Rendements du contrôle 1 (positif)

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
07-mai-10	2,36%	-1,93%	-4,68%
20-mai-10	2,99%	-0,67%	1,89%
02-juil-10	5,70%	4,98%	10,54%
04-aout-11	-2,44%	-4,78%	-2,72%
10- aout-11	6,57%	5,16%	3,90%
16-mai-12	-0,42%	-1,02%	1,18%
01-juin-12	3,85%	4,67%	7,22%
14-nov-12	2,59%	4,55%	5,77%
13-oct-14	1,54%	4,67%	8,83%
15-oct-14	3,36%	6,27%	9,55%
21-aout-15	0,73%	-2,65%	-2,14%
08-janv-16	-2,14%	-2,23%	-3,46%
13-janv-16	-1,13%	0,15%	0,50%
20-janv-16	1,34%	3,04%	4,92%
Nombre de résultats	14	14	14
Rendements moyens	1,78%	1,44%	2,95%
Écarts-types	2,71%	3,67%	5,07%
Rendement minimal	-2,44%	-4,78%	-4,68%
Rendement maximal	6,57%	6,27%	10,54%

Toujours en utilisant, le RSI, nous avons fabriqué le contrôle négatif (contrôle 2) en achetant les titres lorsque la valeur de celui-ci atteignait 70 et plus (toujours en utilisant 14 périodes). Sur l'ensemble des six années, à 38 reprises l'indicateur fut atteint. Les détails des résultats se retrouvent dans le tableau 3.3.

Tableau 3.3 Rendements du contrôle 2 (négatif)

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
11-mars-10	1,38%	1,04%	3,79%
23-mars-10	-0,01%	0,81%	3,75%
05-avr-10	0,83%	0,88%	-1,63%
09-avr-10	-0,16%	1,89%	-3,11%
23-avr-10	-2,46%	-8,66%	-11,49%
13-oct-10	-0,04%	0,39%	1,93%
18-oct-10	0,36%	0,21%	-0,05%
02-nov-10	1,79%	-1,10%	2,86%
03-janv-11	-0,06%	1,94%	2,94%
11-janv-11	0,64%	1,76%	4,46%
26-janv-11	0,63%	2,01%	2,68%
07-févr-11	1,11%	-0,11%	-1,54%
10-févr-11	1,46%	0,01%	-2,84%
25-janv-12	-0,07%	1,98%	3,47%
03-févr-12	-0,13%	1,39%	0,85%
13-févr-12	0,82%	1,63%	3,96%
17-févr-12	0,55%	0,25%	2,79%
23-févr-12	0,81%	0,30%	3,64%
01-mars-12	-0,50%	2,17%	2,98%
13-mars-12	0,27%	0,79%	-2,08%
19-mars-12	0,54%	0,70%	-2,22%
17-aout-12	-0,47%	-0,72%	3,18%
07-sept-12	2,02%	1,07%	-0,09%
13-sept-12	0,08%	-1,33%	-1,71%
22-janv-13	1,03%	1,29%	1,85%
01-févr-13	0,37%	0,58%	2,16%
19-févr-13	-2,11%	0,68%	0,72%
14-mars-13	-1,51%	-0,04%	0,43%
14-mai-13	1,17%	-0,01%	-1,24%
02-aout-13	-0,96%	-3,00%	-3,04%
18-sept-13	-2,32%	-2,24%	0,77%
29-oct-13	-0,51%	-0,12%	2,16%
31-déc-13	-0,63%	-0,02%	-5,70%
05-juin-14	-0,47%	1,04%	0,92%
18-juin-14	-0,35%	0,49%	0,55%
03-juil-14	-0,80%	-0,25%	-3,12%
18-nov-14	0,76%	1,14%	0,47%
03-nov-15	-1,16%	-2,62%	-0,65%
Nombre de résultats	38	38	38
Rendements moyens	0,05%	0,16%	0,34%
Écarts-types	1,06%	1,92%	3,19%
Rendement minimal	-2,46%	-8,66%	-11,49%
Rendement maximal	2,02%	2,17%	4,46%

Un deuxième contrôle positif et un deuxième contrôle négatif furent d'utiliser les bandes de Bollinger standard (c.-à-d. 20 périodes avec ± 2 écarts-types). Le contrôle positif (soit celui où le prix de fermeture tombe en dessous de deux écarts-types) est apparu 50 fois en un peu plus de 6 années alors que le contrôle négatif (lorsque le prix de fermeture grimpe au-delà de deux écarts-types) a été observé à 38 reprises. Les tableaux 3.4 et 3.5 détaillent les résultats pour les contrôles positif et négatif respectivement.

Tableau 3.4 Rendements du contrôle 3 (négatif)

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
05-avr-10	0,83%	0,88%	-1,63%
09-avr-10	-0,16%	1,89%	-3,11%
14-avr-10	-0,44%	-1,49%	-6,02%
13-oct-10	-0,04%	0,39%	1,93%
03-nov-10	1,79%	-1,44%	2,34%
03-janv-11	-0,06%	1,94%	2,94%
05-janv-11	0,74%	0,34%	3,39%
12-janv-11	-0,39%	1,10%	3,77%
14-janv-11	-0,15%	-0,48%	3,52%
07-févr-11	1,11%	-0,11%	-1,54%
26-avr-11	0,70%	0,80%	-1,33%
30-juin-11	1,84%	-0,21%	-4,91%
03-févr-12	-0,13%	1,39%	0,85%
13-mars-12	0,27%	0,79%	-2,08%
03-juil-12	-2,37%	-0,03%	1,41%
27-juil-12	0,48%	1,56%	1,96%
06-sept-12	1,96%	2,04%	1,30%
13-sept-12	0,08%	-1,33%	-1,71%
18-déc-12	-2,49%	0,25%	2,59%
02-janv-13	-0,10%	0,68%	2,38%
19-févr-13	-2,11%	0,68%	0,72%
05-mars-13	0,90%	0,21%	0,56%
08-mars-13	0,25%	0,10%	2,08%
10-avr-13	-2,24%	-0,50%	2,99%
03-mai-13	1,26%	3,45%	-0,06%
11-sept-13	2,15%	-0,21%	0,51%
18-sept-13	-2,32%	-2,24%	0,77%
17-oct-13	1,11%	1,48%	3,58%
22-oct-13	1,00%	0,49%	2,57%
14-nov-13	0,36%	0,97%	-0,35%
26-déc-13	-0,53%	0,15%	-3,54%
23-mai-14	1,34%	2,75%	2,75%
06-juin-14	-0,64%	0,29%	0,89%
03-juil-14	-0,80%	-0,25%	-3,12%
18-sept-14	-2,72%	-3,69%	-5,71%
13-févr-15	0,68%	1,05%	0,32%
13-avr-16	1,01%	0,65%	-1,56%
18-avr-16	-0,30%	-0,61%	-2,07%
Nombre de résultats	38	38	38
Rendements moyens	0,05%	0,36%	0,19%
Écarts-types	1,30%	1,33%	2,67%
Rendement minimal	-2,72%	-3,69%	-6,02%
Rendement maximal	2,15%	3,45%	3,77%

Tableau 3.5 Rendements du contrôle 4 (positif)

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
04-mai-10	-1,44%	-4,36%	-9,10%
20-mai-10	2,99%	-0,67%	1,89%
29-juin-10	1,82%	5,22%	5,82%
24-aout-10	-0,21%	4,62%	8,80%
10-mars-11	-1,61%	0,74%	1,94%
15-mars-11	0,57%	2,57%	2,33%
23-mai-11	2,15%	-2,35%	-2,85%
03-juin-11	-2,16%	-2,58%	2,72%
02-aout-11	-6,38%	-4,70%	-3,63%
10-aout-11	6,57%	5,16%	3,90%
22-sept-11	2,83%	3,22%	11,19%
03-oct-11	8,78%	9,37%	12,79%
21-nov-11	0,33%	5,52%	4,69%
10-avr-12	2,34%	1,04%	0,09%
14-mai-12	-1,60%	-0,31%	-0,48%
17-mai-12	1,28%	-2,06%	3,70%
01-juin-12	3,85%	4,67%	7,22%
23-oct-12	1,00%	-2,39%	-0,77%
08-nov-12	-1,70%	2,40%	3,91%
25-févr-13	2,63%	4,72%	4,83%
05-juin-13	0,30%	1,35%	1,66%
20-juin-13	1,05%	2,27%	6,11%
15-aout-13	-0,19%	-1,33%	2,82%
21-aout-13	-0,39%	0,85%	3,26%
08-oct-13	2,55%	6,00%	5,71%
24-janv-14	-0,40%	0,44%	3,33%
29-janv-14	-1,23%	2,66%	4,30%
03-févr-14	3,35%	5,78%	8,04%
10-avr-14	1,76%	1,71%	3,71%
31-juil-14	-1,07%	1,38%	3,89%
05-aout-14	0,79%	3,32%	4,74%
07-aout-14	2,48%	4,43%	4,34%
23-sept-14	-0,50%	-2,40%	-1,56%
25-sept-14	-1,00%	-1,83%	-0,09%
02-oct-14	-0,84%	-4,17%	3,80%
07-oct-14	-2,88%	0,42%	5,12%
10-oct-14	-1,09%	3,09%	7,16%
10-déc-14	-0,67%	2,27%	-0,53%
12-déc-14	2,80%	3,90%	-0,93%
10-mars-15	1,45%	1,87%	2,47%
08-juin-15	0,30%	1,64%	-1,72%

Tableau 3.5 Rendements du contrôle 4 positif (suite)

29-juin-15	1,26%	2,56%	2,63%
08-juil-15	2,97%	3,34%	1,67%
20-aout-15	-2,30%	-4,13%	-4,94%
28-sept-15	5,56%	7,19%	11,14%
11-déc-15	-0,92%	1,65%	-4,93%
18-déc-15	2,59%	0,67%	-4,75%
06-janv-16	-5,02%	-6,10%	-6,74%
13-janv-16	-1,13%	0,15%	0,50%
11-févr-16	5,00%	6,69%	10,56%
Nombre de résultats	50	50	50
Rendements moyens	0,73%	1,51%	2,60%
Écarts-types	2,72%	3,40%	4,63%
Rendement minimal	-6,38%	-6,10%	-9,10%
Rendement maximal	8,78%	9,37%	12,79%

Sommaire des résultats contrôles

Tel qu'attendu et que décrit dans la littérature au chapitre précédent, un RSI qui tombe à une valeur de 30 ou moins ainsi que des bandes de Bollinger où la valeur de l'actif tombe sous les deux écarts-types, semblent bien performer en comparaison avec les résultats témoins. En effet, les moyennes de rendements obtenus du RSI et des bandes de Bollinger (les deux contrôles positifs) sont supérieures au témoin, les valeurs minimales sont moins importantes (donc, moins de risques de pertes élevées). Seul point, que nous considérerons au chapitre suivant, est l'écart-type. Les deux contrôles positifs donnent de plus grands écarts-types que la population témoin. En ce qui concerne les deux témoins négatifs, ils offrent des rendements moyens moins importants que les résultats témoins. Cependant, les pertes associées (valeurs minimales) à ces indicateurs ainsi que la variance sont moindres. Encore une fois, tel qu'attendu, un RSI de 14 périodes qui grimpe au-dessus de 70 ainsi que les bandes de Bollinger qui se font traverser au-dessus de plus deux écarts-types est un signal de ne pas acheter. Les deux contrôles négatifs servent plutôt d'outils de vente d'actions car ils déterminent un marché sur-acheté.

3.3 Le Signal 1 (S1) : La valeur de fermeture est à trois écarts-types supérieurs à la moyenne mobile

Seulement à deux reprises la valeur de fermeture atteint trois écarts-types (par rapport à la moyenne mobile simple). Les résultats sont dispersés : sur une semaine, le rendement du signal est nettement supérieur au témoin (par un facteur de presque quatre). Sur deux semaines, le rendement du signal est nettement inférieur (par un facteur de cinq). Finalement, le rendement des deux échantillons est quasi identique sur un mois. L'écart-type sur une semaine et sur un mois est inférieur pour le signal et presque identique sur deux semaines comme le démontre le tableau 3.6.

Tableau 3.6 Rendements obtenus avec le signal 1

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
04-nov-10	-0,51%	-1,88%	0,47%
06-sept-12	1,96%	2,04%	1,30%
Nombre de résultats	2	2	2
Rendements moyens	0,73%	0,08%	0,88%
Écarts-types	1,75%	2,78%	0,59%
Rendement minimal	-0,51%	-1,88%	0,47%
Rendement maximal	1,96%	2,04%	1,30%

3.4 Le Signal 2 (S2) : La valeur de fermeture est à trois écarts-types inférieurs à la moyenne mobile

À 11 reprises ce signal est apparu. Tout comme le signal précédent, les résultats sont dispersés : Rendement supérieur par un facteur de 5 sur une semaine, rendement inférieur et négatif sur deux semaines et rendement inférieur par un facteur de quatre sur un mois. L'écart-type du signal est supérieur pour l'échelle d'une semaine et quasi les mêmes sur deux semaines et un mois.

Tableau 3.7 Rendements obtenus avec le signal 2

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
06-mai-10	2,70%	-4,78%	-5,60%
04-aout-11	-2,44%	-4,78%	-2,72%
08-aout -11	7,45%	0,42%	6,04%
10-avr-12	2,34%	1,04%	0,09%
24-janv-14	-0,40%	0,44%	3,33%
31-juil-14	-1,07%	1,38%	3,89%
25-sept-14	-1,00%	-1,83%	-0,09%
29-juin-15	1,26%	2,56%	2,63%
20-aout-15	-2,30%	-4,13%	-4,94%
21-aout-15	0,73%	-2,65%	-2,14%
25-aout-15	4,31%	4,18%	1,79%
Nombre de résultats	11	11	11
Rendements moyens	1,05%	-0,74%	0,21%
Écarts-types	3,00%	3,07%	3,74%
Rendement minimal	-2,44%	-4,78%	-5,60%
Rendement maximal	7,45%	4,18%	6,04%

3.5 Le Signal 3 (S3) : Il y a neuf valeurs de fermeture consécutives supérieures à la moyenne mobile

Ce signal a été observé à 35 reprises au cours de l'étude. Les rendements moyens du signal sont supérieurs d'environ 2 fois sur une échelle d'une et de deux semaines et inférieure d'un facteur d'environ 18 sur une échelle d'un mois. L'inverse s'applique aux écarts-types : inférieur pour le signal sur une et deux semaines et supérieur pour celui-ci sur un mois.

Tableau 3.8 Rendements obtenus avec le signal 3

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
26-févr-10	3,17%	4,26%	6,01%
29-juil-10	2,32%	-1,51%	-4,52%
15-sept-10	0,30%	1,23%	4,09%
13-déc-10	0,03%	1,02%	3,06%
10-févr-11	1,46%	0,01%	-2,84%
05-avr-11	-1,33%	-1,45%	0,72%
03-mai-11	0,10%	-1,89%	-3,91%
01-juil-11	-1,03%	1,41%	-14,91%
20-oct-11	3,48%	1,82%	-1,90%
12-déc-11	-3,16%	1,84%	3,73%
03-janv-12	1,28%	2,56%	5,52%
20-mars-12	0,52%	0,58%	-1,77%
22-juin-12	1,98%	1,39%	0,37%
07-aout-12	0,33%	1,03%	2,86%
18-sept-12	-1,72%	-1,45%	-0,55%
05-déc-12	1,42%	1,97%	2,86%
14-janv-13	1,47%	2,51%	3,62%
11-mars-13	-0,68%	-0,69%	2,03%
03-mai-13	1,26%	3,45%	-0,06%
17-juil-13	0,34%	0,45%	-1,26%
18-sept-13	-2,32%	-2,24%	0,77%
23-oct-13	0,99%	1,49%	3,57%
31-déc-13	-0,63%	-0,02%	-5,70%
24-févr-14	0,04%	1,76%	0,03%
29-avr-14	-0,52%	1,18%	2,63%
03-juin-14	1,45%	1,05%	2,80%
26-aout-14	0,08%	-0,13%	-1,21%
04-nov-14	1,55%	2,23%	3,45%
31-déc-14	0,18%	-3,17%	-0,34%
13-févr-15	0,68%	1,05%	0,32%
23-juil-15	0,30%	-0,87%	-9,84%
14-oct-15	1,28%	4,85%	1,63%
01-déc-15	-1,77%	-2,68%	-4,59%
26-févr-16	2,74%	3,93%	5,60%
22-avr-16	-1,26%	-1,56%	-0,53%
Nombre de résultats	35	35	35
Rendements moyens	0,41%	0,73%	0,05%
Écarts-types	1,51%	1,97%	4,34%
Rendement minimal	-3,16%	-3,17%	-14,91%
Rendement maximal	3,48%	4,85%	6,01%

3.6 Le Signal 4 (S4) : Il y a neuf valeurs de fermeture consécutives inférieures à la moyenne mobile

Ce signal est apparu à 22 reprises. Pour toutes les échelles de temps, le signal offre un meilleur rendement moyen que le témoin (par un facteur d'environ six sur une semaine, trois sur deux semaines et un mois). Dans les trois cas, l'écart-type est supérieur pour le signal.

Tableau 3.9 Rendements obtenus avec le signal 4

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
11-févr-10	2,78%	2,41%	7,66%
14-mai-10	-4,20%	-3,97%	-1,69%
06-juil-10	6,60%	5,45%	9,70%
23 août-10	-1,69%	2,35%	5,02%
21-mars-11	0,96%	2,71%	2,59%
25-mai-11	-0,50%	-2,26%	-3,36%
13-juin-11	0,00%	0,19%	2,53%
08-août-11	7,45%	0,42%	6,04%
03-oct-11	8,78%	9,37%	12,79%
29-nov-11	5,17%	2,50%	4,54%
17-avr-12	-1,27%	1,19%	-5,91%
16-mai-12	-0,42%	-1,02%	1,18%
02-nov-12	-2,40%	-3,67%	-0,04%
12-juin-13	1,05%	-1,00%	3,96%
01-juil-13	2,34%	3,82%	5,76%
26-août-13	-0,97%	1,73%	2,22%
04-févr-14	3,76%	4,35%	7,34%
08-août-14	1,28%	3,08%	3,53%
02-oct-14	-0,84%	-4,17%	3,80%
07-juil-15	1,28%	1,80%	0,16%
31-août-15	-0,12%	0,39%	-2,80%
13-janv-16	-1,13%	0,15%	0,50%
Nombre de résultats	22	22	22
Rendements moyens	1,27%	1,17%	2,98%
Écarts-types	3,32%	3,21%	4,42%
Rendement minimal	-4,20	-4,17	-5,91
Rendement maximal	8,78%	9,37%	12,79%

3.7 Le Signal 5 (S5) : Il y a six valeurs de fermeture consécutives croissantes

Pour tous les rendements moyens de ce signal (qui est apparu 33 fois), ces derniers sont extrêmement similaires aux rendements moyens du témoin. De plus, tous les écarts-types du signal sont inférieurs à ceux du témoin.

Tableau 3.10 Rendements obtenus avec le signal 5

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
22-févr-10	0,66%	2,80%	5,11%
04-mars-10	2,49%	3,91%	5,68%
14-avr-10	-0,44%	-1,49%	-6,02%
12-juil-10	-0,68%	3,27%	1,18%
26-oct-10	0,63%	2,43%	0,07%
03-nov-10	1,79%	-1,44%	2,34%
13-déc-10	0,03%	1,02%	3,06%
27-janv-11	0,61%	1,79%	0,72%
01-juil-11	-1,46%	-2,47%	-5,79%
16-déc-11	-6,57%	-6,89%	0,87%
27-déc-11	0,96%	2,14%	3,86%
13-mars-12	0,27%	0,79%	-2,08%
09-aout-12	0,98%	0,04%	2,35%
20-aout-12	-0,46%	-0,82%	3,18%
05-oct-12	-2,22%	-1,88%	-5,54%
23-nov-12	0,57%	0,75%	0,28%
11-déc-12	1,35%	-1,18%	2,46%
24-janv-13	0,19%	1,04%	0,41%
07-mars-13	1,26%	-0,27%	1,27%
25-avr-13	0,78%	2,75%	4,91%
08-mai-13	1,70%	1,59%	0,89%
10-juil-13	1,67%	2,02%	2,49%
09-sept-13	1,60%	1,37%	-1,21%
22-oct-13	1,00%	0,49%	2,57%
12-févr-14	1,11%	2,06%	2,34%
21-avr-14	-0,09%	0,74%	1,12%
10-juin-14	-0,39%	-0,46%	0,52%
19-juin-14	-0,53%	0,88%	0,88%
11-nov-14	0,67%	1,44%	-1,61%
29-déc-14	-4,26%	-3,18%	-4,44%
17-févr-15	0,81%	0,48%	-0,29%
05-oct-15	1,54%	2,47%	5,99%
07-mars-16	0,95%	2,03%	1,68%
Nombre de résultats	33	33	33
Rendements moyens	0,20%	0,55%	0,89%
Écarts-types	1,77%	2,16%	3,07%
Rendement minimal	-6,57%	-6,89%	-6,02%
Rendement maximal	2,49%	3,91%	5,99%

3.8 Le Signal 6 (S6) : Il y a six valeurs de fermeture consécutives décroissantes

Tant les rendements moyens que les écarts-types de ce signal, qui a été observé 17 fois, sont supérieurs au témoin (le rendement moyen sur une semaine est plus élevé par un facteur de six tandis que le facteur est supérieur à trois pour les échelles de deux semaines et d'un mois).

Tableau 3.11 Rendements obtenus avec le signal 6

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
24-juin-10	-4,34%	0,50%	3,84%
02-juil-10	5,70%	4,98%	10,54%
16-aout-10	-1,05%	-2,72%	4,42%
13-avr-11	1,25%	3,54%	1,32%
07-juin-11	0,28%	0,38%	4,22%
29-juil-11	-7,15%	-8,67%	-5,92%
22-nov-11	4,87%	6,33%	6,04%
10-avr-12	2,34%	1,04%	0,09%
17-mai-12	1,28%	-2,06%	3,70%
28-déc-12	4,24%	4,96%	6,91%
25-sept-13	0,08%	-2,04%	4,09%
05-déc-13	-0,45%	1,43%	2,56%
06-janv-15	1,13%	1,63%	2,87%
15-janv-15	2,99%	0,22%	5,58%
27-juil-15	1,45%	1,83%	-5,96%
24-aout-15	4,31%	4,18%	1,79%
28-sept-15	5,56%	7,19%	11,14%
Nombre de résultats	17	17	17
Rendements moyens	1,32%	1,34%	3,37%
Écarts-types	3,41%	3,88%	4,55%
Rendement minimal	-7,15%	-8,67%	-5,96%
Rendement maximal	5,70%	7,19%	11,14%

3.9 Le Signal 7 (S7) : Il y a 14 valeurs de fermeture consécutives qui alternent haut/bas

Ce signal n'est apparu qu'une seule fois. Les trois rendements sont tous négatifs.

Tableau 3.12 Rendements obtenus avec le signal 7

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
02-déc-15	-1,53	-0,24	-3,44

3.10 Le Signal 8 (S8) : Deux valeurs de fermeture sur trois consécutives sont à plus de deux écarts-types

Ce signal, qui a été détecté 20 fois, offre un rendement quasi nul pour les trois échelles de temps (inférieurs au témoin). De plus, les écarts-types sont tous aussi inférieurs au témoin.

Tableau 3.13 Rendements obtenus avec le signal 8

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
06-avr-10	0,66%	1,55%	-5,12%
15-avr-10	-0,22%	-0,35%	-6,05%
30-juin-10	3,82%	6,26%	9,24%
05-nov-10	-2,05%	-1,98%	0,46%
05-janv-11	0,74%	0,34%	3,39%
14-janv-11	-0,15%	-0,48%	3,52%
08-févr-11	0,33%	-1,17%	-1,30%
27-avr-11	-0,62%	-0,91%	-1,59%
01-juil-11	-1,46%	-2,47%	-5,79%
14-mars-12	0,21%	0,40%	-2,04%
14-sept-12	-0,93%	-2,22%	-1,15%
06-mars-13	0,91%	0,77%	1,11%
11-mars-13	-0,68%	-0,69%	2,03%
11-avr-13	-3,17%	-0,42%	2,73%
18-oct-13	0,89%	1,04%	2,66%
15-nov-13	0,42%	0,27%	0,92%
27-mai-14	0,67%	2,13%	2,05%
29-mai-14	1,08%	0,61%	1,74%
14-avr-16	0,46%	-0,27%	-0,59%
19-avr-16	-0,47%	-1,78%	-2,72%
Nombre de résultats	20	20	20
Rendements moyens	0,02%	0,03%	0,17%
Écarts-types	1,41%	1,92%	3,63%
Rendement minimal	-3,17%	-2,47%	-6,05%
Rendement maximal	3,82%	6,26%	9,24%

3.11 Le Signal 9 (S9) : Deux valeurs de fermeture sur trois consécutives sont à moins de moins deux écarts-types

Tous les rendements moyens de ce signal (apparus 23 fois) sont supérieurs au témoin par un facteur de trois sur une semaine et de deux sur les échelles de deux semaines et d'un mois. De la même manière, les écarts-types des trois échelles de temps sont plus élevés que ceux du témoin.

Tableau 3.14 Rendements obtenus avec le signal 9

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
05-mai-10	0,54%	-4,33%	-9,70%
16-mars-11	2,76%	5,22%	4,64%
24-mai-11	-0,06%	-2,68%	-3,90%
03-aout-11	-11,00%	-5,15%	-6,59%
22-nov-11	4,87%	6,33%	6,04%
15-mai-12	-0,85%	-1,18%	0,60%
18-mai-12	1,82%	-1,26%	4,42%
24-nov-12	0,38%	-2,03%	0,31%
21-juin-13	0,85%	3,07%	5,94%
16-aout-13	0,48%	-1,31%	4,35%
21-aout-13	-1,36%	0,10%	3,10%
29-janv-14	-1,23%	2,66%	4,30%
11-avr-14	3,05%	2,96%	4,16%
05-aout-14	0,79%	3,32%	4,74%
02-oct-14	-0,84%	-4,17%	3,80%
13-oct-14	1,54%	4,67%	8,83%
15-oct-14	3,36%	6,27%	9,55%
12-déc-14	2,80%	3,90%	-0,93%
16-déc-14	4,97%	3,86%	2,10%
11-mars-15	2,91%	0,62%	2,24%
29-sept-15	5,14%	6,45%	11,01%
07-janv-16	-1,09%	-1,82%	-4,44%
11-janv-16	-2,11%	-0,99%	-4,81%
Nombre de résultats	23	23	23
Rendements moyens	0,77%	1,06%	2,16%
Écarts-types	3,34%	3,65%	5,24%
Rendement minimal	-11,00%	-5,15%	-9,70%
Rendement maximal	5,14%	6,45%	11,01%

3.12 Le Signal 10 (S10) : Quatre valeurs de fermeture sur cinq consécutives sont à plus d'un écart-type

À 53 reprises ce signal est apparu. Les rendements moyens des deux échantillons sont très semblables (légèrement supérieur pour le signal sur une et deux semaines et légèrement inférieur pour ce dernier sur un mois). De plus, le signal offre des écarts-types moindres que le témoin.

Tableau 3.15 Rendements obtenus avec le signal 10

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
24-févr-10	1,34%	3,74%	5,20%
04-mars-10	2,49%	3,91%	5,68%
12-avr-10	0,06%	1,34%	-1,91%
23-avr-10	-2,46%	-8,66%	-11,49%
18-juin-10	-3,45%	-8,53%	-4,17%
27-juin-10	0,60%	0,74%	-5,67%
05- aout-10	-3,74%	-4,40%	-2,84%
13-sept-10	1,32%	1,38%	4,61%
29-sept-10	1,36%	3,01%	3,51%
07-oct-10	1,35%	1,93%	5,70%
20-oct-10	0,43%	1,76%	2,05%
07-déc-10	1,50%	2,08%	3,51%
10-janv-11	2,00%	1,72%	4,21%
27-janv-11	0,61%	1,79%	0,72%
14-févr-11	-1,20%	-1,87%	-4,18%
04-avr-11	-0,60%	-2,03%	0,26%
17-oct-11	4,37%	4,38%	3,20%
06-janv-12	0,88%	3,05%	5,86%
07-févr-12	0,30%	0,92%	2,06%
22-févr-12	0,73%	-0,25%	2,66%
21-mars-12	0,19%	-0,25%	-2,44%
19-juin-12	-2,74%	1,26%	0,57%
03-aout-12	1,07%	2,03%	1,12%
20-sept-12	-1,41%	-0,40%	-2,25%
11-déc-12	1,35%	-1,18%	2,46%
08-janv-13	1,04%	2,62%	4,29%
08-févr-13	0,20%	-1,84%	2,70%
15-mars-13	-0,15%	0,14%	-0,46%

Tableau 3.15 (suite) Rendements obtenus avec le signal 10

29-avr-13	1,56%	2,66%	4,10%
08-mai-13	1,70%	1,59%	0,89%
12-juil-13	0,99%	0,96%	1,25%
16-sept-13	-0,22%	-1,35%	1,03%
25-oct-13	0,15%	0,76%	2,69%
22-nov-13	-0,15%	0,33%	1,69%
23-déc-13	1,18%	0,54%	-2,48%
20-févr-14	0,93%	2,22%	0,72%
07-mars-14	-1,91%	-1,09%	-1,68%
05-juin-14	-0,47%	1,04%	0,92%
23-juin-14	-0,08%	0,18%	1,41%
22-aout-14	0,76%	0,70%	0,19%
30-oct-14	1,89%	2,41%	3,87%
05-déc-14	-3,42%	-0,71%	-1,01%
11-févr-15	1,47%	2,15%	0,80%
20-févr-15	-0,27%	-1,77%	-1,15%
24-avr-15	-0,44%	-0,01%	0,50%
19-mai-15	-0,15%	-0,52%	-1,04%
21-juil-15	-1,15%	-1,12%	-3,68%
09-oct-15	0,96%	3,07%	3,59%
20-oct-15	1,72%	3,88%	2,68%
27-oct-15	2,13%	0,95%	1,43%
02-mars-16	0,19%	2,18%	3,64%
14-mars-16	1,07%	1,29%	2,72%
01-avr-16	-1,17%	0,42%	-0,37%
Nombre de résultats	53	53	53
Rendements moyens	0,28%	0,55%	0,90%
Écarts-types	1,57%	2,54%	3,24%
Rendement minimal	-3,74%	8,66%	-11,49%
Rendement maximal	4,37%	4,38%	5,86%

3.13 Le Signal 11 (S11) : Quatre valeurs de fermeture sur cinq consécutives à moins un écart-type

L'observation de ce signal s'est faite à 14 reprises. Par un facteur de deux ou de trois, les rendements moyens du signal ont tous été supérieurs à ceux du témoin. De la même façon, les écarts-types du signal sont aussi supérieurs à ceux du témoin.

Tableau 3.16 Rendements obtenus avec le signal 11

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
09-févr-10	2,84%	3,36%	7,69%
19-mai-10	-4,11%	-0,94%	-0,31%
26-mai-10	3,30%	1,85%	0,34%
09-juin-10	5,57%	3,00%	1,87%
25-aout-10	2,38%	4,70%	7,86%
15-juin-11	1,30%	2,91%	2,83%
01-aout-11	-12,83%	-6,34%	-5,09%
10-mai-12	-3,79%	-2,57%	-2,28%
12-oct-12	0,35%	-1,08%	-5,03%
14-nov-12	2,59%	4,55%	5,77%
28-aout-13	1,25%	3,07%	2,50%
17-déc-13	2,40%	2,39%	3,10%
05-févr-14	3,94%	5,10%	7,42%
19-janv-16	1,14%	1,12%	2,10%
Nombre de résultats	14	14	14
Rendements moyens	0,45%	1,51%	2,05%
Écarts-types	4,65%	3,21%	4,28%
Rendement minimal	-12,83%	-6,34%	-5,09%
Rendement maximal	5,57%	5,10%	7,86%

3.14 Le Signal 12 (S12) : Quinze valeurs de fermeture consécutives entre moins un et un écart-type

Ce signal n'est apparu à aucune reprise.

3.15 Le Signal 13 (S13) : Huit valeurs de fermeture consécutives sont à plus d'un écart-type et/ou à moins de moins un écart-type

Ce signal a été donné à 39 reprises dans l'étude et les résultats sont dispersés : les rendements moyens du signal sont supérieurs au témoin sur l'échelle d'une semaine et d'un mois (par un facteur de deux et par un facteur très minime respectivement) et inférieurs par un facteur de six sur deux semaines. Tous les écarts-types du signal sont inférieurs à ceux du témoin.

Tableau 3.17 Rendements obtenus avec le signal 13

Moment de l'achat	Rendements		
	1 semaine	2 semaines	1 mois
10-mars-10	1,85%	1,63%	4,15%
13-avr-10	0,88%	-1,13%	-3,20%
25-mai-10	2,33%	-1,64%	0,05%
17-sept-10	2,07%	1,88%	3,77%
14-oct-10	0,57%	0,80%	2,19%
11-nov-10	-1,38%	-2,33%	2,49%
13-déc-10	0,03%	1,02%	3,06%
10-févr-11	1,46%	0,01%	-2,84%
03-mai-11	0,10%	-1,89%	-3,91%
10-juin-11	-0,43%	-0,62%	3,32%
05-aout-11	-1,63%	-6,20%	0,17%
21-oct-11	3,73%	1,22%	-3,86%
12-janv-12	1,88%	1,78%	4,39%
10-févr-12	1,53%	2,08%	4,13%
28-févr-12	-2,04%	1,82%	1,94%
20-mars-12	0,52%	0,58%	-1,77%
17-mai-12	1,28%	-2,06%	3,70%
14-aout-12	0,69%	0,43%	4,58%
17-sept-12	-0,74%	-1,63%	-0,37%
16-nov-12	3,43%	3,73%	5,81%
11-janv-13	0,86%	2,04%	3,45%
14-févr-13	-0,26%	-0,12%	1,52%
13-mars-13	-0,13%	0,19%	-0,50%
13-mai-13	2,07%	1,69%	0,41%
18-juil-13	0,04%	1,06%	-2,43%
19-sept-13	-1,78%	-2,98%	0,95%
25-oct-13	0,15%	0,76%	2,69%
30-déc-13	-0,18%	-0,08%	-3,07%
03-févr-14	3,35%	5,78%	8,04%
26-févr-14	1,57%	1,31%	0,35%
02-juin-14	1,39%	0,72%	2,24%
28-aout-14	0,48%	-0,50%	-1,56%
06-oct-14	-4,52%	-3,05%	3,08%
06-nov-14	0,51%	1,20%	1,63%
20-févr-14	-0,27%	-1,77%	-1,15%
02-nov-15	-1,10%	-2,27%	-2,27%
13-janv-16	-1,13%	0,15%	0,50%
18-mars-16	-0,56%	0,91%	2,80%
21-avr-16	-0,73%	-1,91%	-1,80%
Nombre de résultats	39	39	39
Rendements moyens	0,41%	0,07%	1,09%
Écart-types	1,64%	2,12%	2,89%
Rendement minimal	-4,52%	-6,20%	-3,91%
Rendement maximal	3,73%	5,78%	8,04%

3.16 Sommaire des résultats des signaux Six-Sigma

Afin de résumer les faits marquants des résultats, nous avons déterminé que certains signaux donnent des rendements moyens supérieurs au témoin, peu importe l'échelle de temps utilisée, d'autres signaux donnent des rendements moyens inférieurs au témoin pour toutes les échelles de temps et certains autres offrent des résultats mixtes (c.-à-d. des rendements supérieurs pour certaines échelles de temps uniquement.). Pour les rendements moyens qui sont toujours supérieurs, nous en avons conclu que les deux contrôles positifs ainsi que quatre signaux (4, 6, 9 et 11) entrent dans cette catégorie. Dans la catégorie des résultats mixtes, nous obtenons le deuxième contrôle négatif ainsi que les signaux 1, 2, 3, 5, 10 et 13. Le premier contrôle négatif ainsi que les signaux 7 et 8 donnent toujours des rendements moyens inférieurs au témoin. Finalement, le signal 12 n'apparaît jamais dans la période boursière analysée. Ceci démontre donc que certains signaux paraissent en effet obtenir de meilleurs résultats. Au chapitre suivant, nous déterminerons, à l'aide de tests statistiques s'il y a réellement des différences significatives.

CHAPITRE 4

ANALYSE DES RÉSULTATS

La section précédente nous donne une multitude de résultats différents. En effet, plusieurs signaux sont toujours (sur les trois échelles de temps) meilleurs que le témoin, d'autres le sont à l'occasion et d'autres ne le sont jamais. En ce qui concerne les signaux 1, 7 et 12, ils ont respectivement deux, une et aucune occurrence en plus de 6 ans. Étant donné que ces signaux sont très rares, nous avons décidé de les rejeter de cette analyse, car sur une base statistique, nous ne pouvons rien en conclure.

Pour les autres signaux où nous avons plusieurs occurrences, il ne serait pas statistiquement convenable de conclure que parce qu'un signal obtient un rendement moyen toujours supérieur au témoin que celui-ci est nécessairement meilleur. La valeur élevée des différents écarts-types jette un doute sur la validité de simplement comparer les rendements moyens. Pour cette raison, des analyses statistiques nous permettront de valider avec un intervalle de confiance à 95% la supériorité des différents signaux. Le test de Student et le test Z seront utilisés afin de valider l'efficacité de tous les signaux Six-Sigma. Le test Z est utilisé lorsque l'écart-type de la population est connu (dans ce cas-ci, il l'est, c'est celui du témoin) et lorsque l'échantillon contient 30 occurrences et plus. Un test de Student doit être fait lorsqu'une des deux conditions mentionnées ci-haut n'est pas respectée. Dans notre analyse, nous connaissons toujours l'écart-type de la population, mais le nombre d'occurrences varie entre les signaux. C'est donc le nombre d'occurrences qui déterminera si un test Z ou un test de Student est le mieux adapté.

4.1 Le test Z

Ce test s'applique pour les contrôles 2, 3 et 4 ainsi que pour les signaux 3, 5, 10 et 13 (car ils ont tous au moins 30 occurrences). Pour un intervalle de confiance de 95%, l'hypothèse nulle est rejetée si le score Z est supérieur à 1,645 (voir Annexe I pour la table Z théorique). Le tableau 4.1 fait un sommaire des différents résultats calculés sur Excel. La formule du score Z étant :

$$Z_i = \frac{x - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Tableau 4.1 Scores des signaux Six-Sigma à 30 occurrences et plus

	1 semaine	2 semaines	1 mois
Signal 3	0,551	0,674	-1,333
Signal 5	-0,040	0,289	-0,062
Signal 10	0,223	0,364	-0,052
Signal 13	0,573	-0,782	0,268
Contrôle 2	-0,473	-0,564	-0,930
Contrôle 3	-0,473	-0,113	-1,161
Contrôle 4	1,735	2,813	3,029

Lorsque la valeur Z calculée (dans le tableau ci-haut) est supérieure à la valeur théorique de 1,645, l'hypothèse nulle est rejetée (l'hypothèse nulle stipule qu'il n'y a aucune différence entre le rendement d'un signal et le rendement témoin). Le tableau 6.1 nous indique que l'hypothèse nulle est rejetée uniquement pour le Contrôle 4 (les valeurs en gras), et ce, pour toutes les échelles de temps.

4.2 Le test de Student

Ce test s'applique pour le contrôle 1 ainsi que pour les signaux 2, 4, 6, 8, 9 et 11 (car ils ont tous moins de 30 occurrences). Pour un intervalle de confiance de 95%, l'hypothèse nulle n'est rejetée que si la valeur de T calculée est supérieure à la valeur de T critique (voir Annexe II pour la table de Student). Le tableau 4.2 ici-bas compare les valeurs de T critique aux valeurs de T calculées qui ont été déterminés par Excel.

$$t = \frac{x - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Tableau 4.2 Scores des signaux Six-Sigma à moins de 30 occurrences

		1 semaine	2 semaines	1 mois
	t critique	t calculée	t calculé	t calculée
Contrôle 1	1,771	2,164	1,050	1,492
Signal 2	1,812	0,928	-1,244	-0,637
Signal 4	1,721	1,492	1,112	2,177
Signal 6	1,746	1,341	0,980	2,212
Signal 8	1,729	-0,605	-0,889	-0,928
Signal 9	1,717	0,801	0,856	1,133
Signal 11	1,771	0,192	1,277	0,983

L'hypothèse nulle est rejetée uniquement pour le Contrôle 1 sur l'échelle d'une semaine ainsi que pour les signaux 4 et 6 sur l'échelle 1 mois (voir les valeurs en gras).

Avec les tests statistiques complétés ci-haut, nous pouvons conclure les éléments suivants :

- avec des écarts-types aussi élevés, nous ne pouvons pas conclure qu'un signal est meilleur qu'un autre simplement en analysant les rendements moyens, les tests Z et de Student sont nécessaire pour la comparaison ;

- quelques indicateurs techniques offrent des rendements moyens supérieurs aux rendements moyens attendus témoins ;
- sur l'échelle d'une semaine (5 jours de bourses), le RSI (14 périodes) où la valeur de fermeture tombe à 30 ou moins ainsi que les bandes de Bollinger (20 périodes) qui tombe à moins de moins deux écarts-types sont les deux seuls indicateurs qui offrent un meilleur rendement que le témoin ;
- sur l'échelle de deux semaines, seul les bandes de Bollinger (20 périodes) qui tombe à moins de moins deux écarts-types offrent un meilleur rendement que le témoin ;
- sur l'échelle d'un mois, trois indicateurs offrent un meilleur rendement que le témoin, soit : les bandes de Bollinger (20 périodes) qui tombe à moins de moins deux écart-type, soit lorsque neuf valeurs de fermetures consécutives sont en dessous d'une moyenne mobile de 20 périodes ainsi que lorsque six valeurs de fermetures consécutives sont décroissantes.

Sur une échelle d'un mois, nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle pour les signaux 4 (neuf valeurs de fermeture consécutives sous la moyenne mobile simple de 20 jours) et 6 (six valeurs de fermeture consécutives décroissantes). En d'autres termes, lorsque ces deux signaux se produisent dans le SPY, celui-ci est considéré comme étant survenu, donc un bon point d'entrée pour maximiser les rendements à court terme (1 mois).

Cependant, la littérature nous indique qu'un indicateur technique n'est réellement valable que s'il fonctionne bien dans une multitude de situations et pour différents types d'actifs. Au chapitre suivant, nous allons pousser l'analyse plus loin en testant les signaux 4 et 6 sur plusieurs autres actifs afin de valider si les points d'entrées du SPY sont aussi valables dans d'autres circonstances. Nous ferons ceci en calculant les rendements moyens sur un mois (en utilisant les signaux 4 et 6) et en les comparant aux rendements moyens témoins (en utilisant les tests de Student et Z). Contrairement au SPY, qui est haussier, nous tenterons de prendre aussi des actifs qui ont une tendance sans direction ou même baissière.

CHAPITRE 5

VALIDATION DU MODÈLE

La même approche que celle décrite au chapitre 4, soit la comparaison des résultats témoins aux signaux 4 et 6 a été utilisée pour comparer plusieurs autres classes d'actifs comme points d'entrées dans les marchés. Chaque rendement a été comptabilisé sur une échelle de 1 mois (22 jours boursier) et les tests Z et de Student ont servi à rejeter ou ne pas rejeter l'hypothèse nulle (l'hypothèse nulle est qu'il n'y a pas de différence entre le rendement témoin et le rendement des signaux). Les titres, autres que le SPY, qui ont été sélectionnés sont parmi les plus populaires classes d'actifs, ayant une grande liquidité et un grand volume. Ces actifs sont :

- **IWM:** Fond négocié en bourse de l'indice Russell 2000 qui est constitué de 2000 entreprises américaines à moyennes capitalisations boursières;
- **QQQ:** Fond négocié en bourse de l'indice NASDAQ, composé des 100 grandes entreprises technologiques américaines;
- **GLD:** Catégorie d'actif qui suit le prix de l'or;
- **FXE:** Fond négocié en bourse suivant la valeur de l'euro versus le dollar américain;
- **XIU:** Fond négocié en bourse de l'indice S&P/TSX 60, composé des 60 plus grandes entreprises canadiennes;
- **DIA:** Fond négocié en bourse de l'indice Dow Jones, composé de 30 grandes entreprises américaines couvrant plusieurs secteurs de l'économie;
- **XLE:** Fond négocié en bourse rattachée au secteur pétrolier;
- **EEM:** Fond négocié en bourse rattaché aux marchés émergents;
- **TLT:** Fond négocié en bourse rattaché aux obligations américaines de 20 ans.

Les tableaux 5.1 à 5.18 aux pages suivantes sont les compilations de tous les rendements pour les 9 catégories d'actifs sur 1 mois en utilisant les signaux des 9 valeurs de fermetures consécutives sous la moyenne mobile (signal 4) et les 6 valeurs de fermetures décroissantes (signal 6).

Tableau 5.1 Rendements obtenus avec le signal 4 sur IWM

IWM	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-02-11	12,36%
2010-05-25	0,69%
2010-07-02	10,85%
2010-08-23	7,56%
2011-05-25	-1,76%
2011-06-13	5,76%
2011-08-04	-5,96%
2011-09-30	11,03%
2011-11-29	5,87%
2012-04-17	-6,71%
2012-05-16	0,21%
2012-08-01	5,27%
2012-10-05	-5,83%
2012-11-01	-0,48%
2012-11-19	6,85%
2013-08-26	3,76%
2014-02-05	9,80%
2014-04-15	-1,42%
2014-05-05	2,58%
2014-07-18	1,06%
2014-09-24	-0,85%
2015-05-07	2,23%
2015-07-10	-3,15%
2015-07-30	-5,80%
2015-10-02	6,98%
2015-12-17	-12,60%
2016-01-12	-6,87%
Nombre de résultats	27
Rendements moyens	1,53%
Écarts-types	6,42%
Rendement minimal	-12,60%
Rendement maximal	12,36%

Tableau 5.2 Rendements obtenus avec le signal 4 sur QQQ

QQQ	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-02-11	8,86%
2010-05-14	-0,06%
2010-07-07	6,37%
2010-08-23	9,42%
2011-03-17	2,93%
2011-05-26	-1,87%
2011-06-13	4,48%
2011-08-08	7,51%
2011-11-29	2,67%
2012-04-19	-5,09%
2012-05-15	-0,60%
2012-10-17	-6,29%
2013-06-12	5,04%
2013-07-01	6,74%
2014-02-05	6,99%
2014-04-15	3,13%
2014-08-12	4,25%
2014-10-07	5,30%
2015-04-07	1,47%
2015-06-16	4,40%
2015-07-09	5,22%
2015-10-02	10,58%
2016-01-13	-1,64%
2016-02-12	9,75%
Nombre de résultats	24
Rendements moyens	3,44%
Écarts-types	4,66%
Rendement minimal	-6,29%
Rendement maximal	10,58%

Tableau 5.3 Rendements obtenus avec le signal 4 sur GLD

GLD	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-02-11	3,05%
2010-07-14	0,37%
2011-01-26	4,96%
2011-09-26	6,23%
2011-12-20	3,20%
2012-03-12	-1,44%
2012-04-25	-4,35%
2012-05-15	5,41%
2012-10-19	1,58%
2012-12-12	-1,94%
2013-02-20	2,71%
2013-04-12	-4,27%
2013-05-23	-8,28%
2013-06-27	10,51%
2013-09-20	1,08%
2013-11-19	-5,70%
2013-12-24	4,18%
2014-03-31	0,15%
2014-05-29	5,87%
2014-07-30	-0,78%
2014-08-28	-6,28%
2014-11-10	6,55%
2014-12-26	5,16%
2015-02-19	-1,42%
2015-06-05	-1,02%
2015-07-02	-6,67%
2015-09-16	4,83%
2015-11-09	-1,77%
2016-04-05	3,75%
Nombre de résultats	29
Rendements moyens	0,89%
Écarts-types	4,65%
Rendement minimal	-6,67
Rendement maximal	10,51%

Tableau 5.4 Rendements obtenus avec le signal 4 sur FXE

FXE	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-02-11	0,64%
2010-03-30	-0,79%
2010-04-30	-8,03%
2010-08-23	5,15%
2010-11-18	-3,93%
2010-12-28	3,75%
2011-05-17	0,60%
2011-07-18	2,29%
2011-09-14	0,90%
2011-11-11	-5,59%
2012-04-17	-3,22%
2012-05-14	-1,74%
2012-07-17	0,52%
2012-11-07	1,35%
2013-02-26	-1,91%
2013-05-21	1,68%
2013-07-03	1,89%
2014-01-14	0,07%
2014-04-07	0,73%
2014-05-20	-0,81%
2014-07-22	-1,43%
2014-11-10	-0,26%
2014-12-30	-6,76%
2015-03-10	-0,88%
2015-06-01	1,14%
2015-07-06	-1,36%
2015-11-03	-0,87%
2016-03-03	3,75%
Nombre de résultats	28
Rendements moyens	-0,38%
Écarts-types	3,01%
Rendement minimal	-8,03%
Rendement maximal	5,15%

Tableau 5.5 Rendements obtenus avec le signal 4 sur XIU

XIU	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-02-10	6,67%
2010-05-27	-1,67%
2010-07-07	3,69%
2011-04-21	-1,35%
2011-05-13	-2,19%
2011-06-13	1,12%
2011-08-08	9,06%
2011-09-28	5,67%
2011-11-25	3,12%
2012-03-15	-2,52%
2012-04-16	-5,98%
2012-05-15	2,40%
2012-11-19	3,70%
2013-04-03	-0,17%
2013-06-13	1,46%
2013-10-02	4,28%
2013-12-13	5,96%
2014-08-14	2,30%
2014-09-29	-2,67%
2014-12-16	2,54%
2015-03-13	3,99%
2015-05-15	-1,99%
2015-06-16	-0,46%
2015-07-08	1,61%
2015-08-24	1,34%
2015-10-02	2,33%
2015-11-11	-3,60%
2016-01-12	-2,18%
Nombre de résultats	28
Rendements moyens	1,30%
Écarts-types	3,49%
Rendement minimal	-3,60%
Rendement maximal	9,06%

Tableau 5.6 Rendements obtenus avec le signal 4 sur DIA

DIA	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-02-11	5,40%
2010-05-14	-2,08%
2010-07-07	6,38%
2010-08-23	4,83%
2010-11-29	4,34%
2011-03-22	4,06%
2011-05-26	-1,77%
2011-08-05	-0,27%
2011-10-03	11,07%
2011-11-29	5,44%
2012-05-16	0,75%
2012-11-02	-0,33%
2013-07-01	4,33%
2013-08-16	4,11%
2013-10-09	6,57%
2014-01-31	4,21%
2014-08-06	4,18%
2014-10-07	5,05%
2015-06-10	-0,26%
2015-07-07	-1,92%
2015-08-04	-6,64%
2016-01-13	0,53%
Nombre de résultats	22
Rendements moyens	2,64%
Écarts-types	3,93%
Rendement minimal	-6,64%
Rendement maximal	11,07%

Tableau 5.7 Rendements obtenus avec le signal 4 sur XLE

XLE	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-02-11	5,13%
2010-03-11	5,34%
2010-05-14	-1,17%
2010-07-07	7,79%
2010-08-23	3,62%
2011-05-13	-2,40%
2011-06-22	8,63%
2011-08-10	3,18%
2011-09-29	15,64%
2011-11-29	2,92%
2012-03-15	-6,37%
2012-03-30	-0,93%
2012-05-16	0,43%
2012-10-10	-4,17%
2012-11-05	-0,66%
2013-03-04	-0,63%
2013-06-12	3,12%
2013-07-01	6,21%
2013-08-21	4,55%
2013-10-09	5,72%
2013-12-10	-1,28%
2014-02-04	6,39%
2014-08-07	0,15%
2014-09-16	-14,01%
2014-12-08	-0,87%
2015-01-15	11,60%
2015-03-10	6,61%
2015-05-18	-4,47%
2015-08-28	-6,92%
2015-09-30	11,16%
2015-12-14	-10,58%
Nombre de résultats	31
Rendements moyens	1,73%
Écarts-types	6,49%
Rendement minimal	-14,01%
Rendement maximal	15,64%

Tableau 5.8 Rendements obtenus avec le signal 4 sur EEM

EEM	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-02-11	6,86%
2010-05-07	-2,44%
2010-08-30	12,43%
2010-11-24	1,22%
2011-02-01	-0,04%
2011-05-13	-1,79%
2011-08-08	6,10%
2011-09-21	3,38%
2011-11-29	0,74%
2011-12-22	9,91%
2012-03-30	-1,23%
2012-04-16	-9,01%
2012-05-15	0,70%
2012-09-05	7,95%
2012-11-19	6,44%
2013-02-14	-4,89%
2013-03-22	0,79%
2013-06-04	-9,59%
2013-08-28	8,90%
2013-11-12	0,54%
2013-12-23	-6,60%
2014-01-14	-1,39%
2014-09-19	-5,64%
2014-12-10	-0,05%
2015-03-16	12,13%
2015-05-29	-3,65%
2015-07-08	-1,31%
2015-11-18	-5,98%
2015-12-08	-10,47%
Nombre de résultats	29
Rendements moyens	0,61%
Écarts-types	6,25%
Rendement minimal	-10,47%
Rendement maximal	12,43%

Tableau 5.9 Rendements obtenus avec le signal 4 sur TLT

TLT	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-02-22	0,21%
2010-04-06	10,48%
2010-09-20	-0,34%
2010-10-22	-3,85%
2010-12-13	-1,14%
2011-01-24	0,20%
2011-02-07	3,14%
2011-07-08	11,01%
2011-10-20	4,99%
2012-03-19	6,31%
2012-08-15	-1,91%
2012-09-19	0,52%
2012-12-19	-0,68%
2013-01-11	-3,39%
2013-02-04	-0,91%
2013-03-18	5,53%
2013-05-15	-3,51%
2013-08-05	-2,99%
2013-09-13	0,96%
2013-11-13	-1,01%
2014-02-24	2,86%
2014-06-13	1,17%
2014-09-16	7,66%
2014-11-07	3,63%
2015-02-18	3,54%
2015-04-30	-5,17%
2015-06-12	-0,56%
2015-09-08	0,90%
2015-11-10	4,28%
2016-03-11	3,16%
Nombre de résultats	30
Rendements moyens	1,50%
Écarts-types	4,05%
Rendement minimal	-5,17%
Rendement maximal	11,01%

Tableau 5.10 Rendements obtenus avec le signal 6 sur IWM

IWM	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-07-02	10,85%
2011-07-29	-8,70%
2011-11-22	7,00%
2012-04-10	0,96%
2012-05-17	4,31%
2012-07-11	1,09%
2012-10-24	0,14%
2012-12-28	8,54%
2013-08-19	6,29%
2014-03-11	-5,17%
2014-03-27	-2,76%
2015-01-06	3,90%
2015-08-24	2,43%
2015-09-24	1,62%
Nombre de résultats	14
Rendements moyens	2,18%
Écarts-types	5,32%
Rendement minimal	-8,70%
Rendement maximal	10,85%

Tableau 5.11 Rendements obtenus avec le signal 6 sur QQQ

QQQ	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-06-24	2,36%
2010-10-01	7,69%
2011-05-04	-4,62%
2012-04-24	-3,99%
2012-05-14	-1,92%
2012-07-12	7,35%
2012-09-26	-4,18%
2012-10-11	-6,70%
2012-12-28	4,84%
2014-01-29	5,58%
2015-01-05	2,30%
2015-01-15	7,54%
2015-07-27	-6,49%
2015-08-24	5,42%
2015-11-13	3,77%
2016-01-06	-10,75%
2016-02-08	8,32%
Nombre de résultats	17
Rendements moyens	0,97%
Écarts-types	6,09%
Rendement minimal	-10,75%
Rendement maximal	8,32%

Tableau 5.12 Rendements obtenus avec le signal 6 sur GLD

GLD	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-03-10	4,19%
2011-01-07	-0,38%
2013-02-20	2,71%
2013-05-15	-0,64%
2013-08-02	6,57%
2013-11-04	-6,71%
2014-04-01	1,35%
2014-05-30	6,04%
2014-08-21	-4,30%
2015-03-06	3,23%
2015-06-25	-6,60%
2015-07-17	-1,42%
2015-10-01	1,74%
2015-11-03	-2,77%
Nombre de résultats	14
Rendements moyens	0,22%
Écarts-types	4,26%
Rendement minimal	-6,71%
Rendement maximal	6,57%

Tableau 5.13 Rendements obtenus avec le signal 6 sur FXE

FXE	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-04-21	-6,20%
2010-08-13	2,00%
2010-11-11	-2,04%
2010-11-29	1,24%
2010-12-10	-0,77%
2011-01-07	6,38%
2011-09-06	-3,92%
2011-09-22	3,36%
2012-05-08	-3,95%
2012-05-29	-0,45%
2012-07-24	4,02%
2013-05-15	3,86%
2013-06-25	1,36%
2013-11-01	0,66%
2014-01-30	1,37%
2015-01-07	-4,33%
2015-03-04	-1,28%
2015-04-13	7,16%
2016-01-05	3,65%
Nombre de résultats	19
Rendements moyens	0,64%
Écarts-types	3,68%
Rendement minimal	-6,20%
Rendement maximal	7,16%

Tableau 5.14 Rendements obtenus avec le signal 6 sur XIU

XIU	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-05-19	1,96%
2010-06-28	0,88%
2011-07-29	-0,65%
2011-11-18	-1,47%
2012-04-10	-1,93%
2012-06-26	3,69%
2012-09-26	0,63%
2014-09-25	-0,97%
2014-12-02	-3,28%
2015-01-15	9,44%
2015-07-23	-7,25%
2015-08-21	-1,50%
2015-11-13	-0,05%
2016-01-05	-0,52%
Nombre de résultats	14
Rendements moyens	-0,08%
Écarts-types	3,73%
Rendement minimal	-7,25%
Rendement maximal	9,44%

Tableau 5.15 Rendements obtenus avec le signal 6 sur DIA

DIA	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-07-02	10,42%
2010-08-16	2,82%
2011-06-07	4,90%
2011-07-28	-5,84%
2011-11-22	6,88%
2012-04-10	1,13%
2012-05-08	-2,83%
2012-05-17	2,80%
2012-07-11	4,78%
2012-08-23	3,04%
2012-10-24	-0,66%
2012-12-28	7,24%
2013-09-25	1,99%
2013-12-05	3,94%
2014-01-27	2,87%
2014-03-14	1,06%
2015-01-15	4,28%
2015-07-27	-6,64%
2015-08-24	2,20%
2016-02-11	10,10%
Nombre de résultats	20
Rendements moyens	2,72%
Écarts-types	4,43%
Rendement minimal	-6,64%
Rendement maximal	10,42%

Tableau 5.16 Rendements obtenus avec le signal 6 sur XLE

XLE	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-05-19	1,63%
2010-07-02	13,67%
2010-08-16	2,01%
2011-03-10	5,85%
2011-07-29	-10,88%
2011-09-22	17,04%
2011-11-18	0,37%
2012-04-10	-0,59%
2012-05-08	-4,98%
2012-05-17	2,53%
2012-10-24	-0,34%
2012-12-28	10,77%
2013-04-04	3,73%
2014-07-31	0,89%
2014-09-23	-6,77%
2014-10-03	-4,42%
2015-03-10	6,61%
2015-05-29	-4,12%
2015-08-05	-5,05%
2015-08-24	3,59%
2015-12-08	-10,96%
2016-02-10	14,53%
Nombre de résultats	22
Rendements moyens	1,60%
Écarts-types	7,68%
Rendement minimal	-10,96%
Rendement maximal	17,04%

Tableau 5.17 Rendements obtenus avec le signal 6 sur EEM

EEM	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-05-19	6,70%
2010-08-24	9,94%
2011-08-05	-0,54%
2012-05-17	5,44%
2013-01-28	-1,46%
2013-08-21	12,34%
2014-06-25	4,37%
2014-09-12	-6,01%
2014-12-11	0,23%
2015-03-05	4,24%
2015-08-21	-0,43%
2015-09-23	11,25%
2015-12-11	-6,09%
Nombre de résultats	13
Rendements moyens	3,08%
Écarts-types	6,07%
Rendement minimal	-6,09%
Rendement maximal	12,34%

Tableau 5.18 Rendements obtenus avec le signal 6 sur TLT

TLT	
Moment de l'achat	Rendements après 1 mois
2010-07-13	2,75%
2011-06-30	7,91%
2011-10-10	1,33%
2011-12-01	0,86%
2012-11-21	-1,85%
2013-01-29	1,67%
2013-03-08	4,50%
2014-06-04	-0,04%
2016-04-22	1,17%
Nombre de résultats	9
Rendements moyens	2,03%
Écarts-types	2,81%
Rendement minimal	-1,85%
Rendement maximal	7,91%

Le tableau 5.19 ci-dessous représente tous les actifs sélectionnés et l'analyse du rendement d'un mois pour les deux signaux utilisés. Les résultats inscrits au tableau indiquent l'intervalle de confiance pour laquelle l'hypothèse nulle est rejetée. Les cases avec la mention N/A signifient que l'hypothèse nulle n'est pas rejetée.

Tableau 5.19 Intervalles de confiances pour lesquelles H_0 est rejetée

		6 valeurs de fermetures consécutives décroissantes		9 valeurs de fermetures consécutives sous la moyenne mobile	
Actifs	Rendement moyen mensuel(témoin)	Rendement moyen mensuel	H_0 rejetée avec une Intervalle de Confiance de :	Rendement moyen mensuel	H_0 rejetée avec une Intervalle de Confiance de :
IWM	0,94%	2,18%	75%	1,53%	N/A
QQQ	1,30%	0.97%	N/A	3,44%	97,5%
GLD	0,25%	0,22%	N/A	0,89%	75%
FXE	-0,31%	0,64%	75%	-0,38%	N/A
XIU	0,31%	-0.08%	N/A	1,30%	90%
DIA	0,80%	2,72%	95%	2,64%	97,5%
XLE	0,36%	1,60%	75%	1,73%	75%
EEM	-0,14%	3,08%	95%	0,61%	75%
TLT	0,57%	2,03%	90%	1,50%	90%
SPY	0,93%	3,37%	97,5%	2,98%	97,5%

En incluant le SPY dans le tableau d'actifs, nous constatons que lorsque 6 valeurs de fermetures consécutives sont décroissantes, l'indicateur technique est valide pour 7 des 10 titres : Pour trois de ces titres, l'intervalle de confiance se situe à 75% (IWM, FXE, XLE), 90% pour le TLT, 95% pour le DIA et **finalement 97,5% pour le SPY**. De la même manière, lorsque les

9 valeurs de fermetures consécutives sont sous la moyenne mobile simple de 20 jours, 8 des 10 actifs sélectionnés offrent de meilleurs rendements que le témoin : GLD, XLE et EEM à 75% d'intervalle de confiance, XIU et TLT à 90% et **finalement QQQ, DIA et SPY à 97.5%.**

Il est donc démontré, statistiquement, que, des treize signaux Six-Sigma analysés, deux offrent des rendements moyens supérieurs que le rendement moyen attendu. Pour le SPY, l'hypothèse nulle est rejetée à 97,5% lorsque soit, neuf valeurs de fermetures consécutives sont sous la moyenne mobile de 20 périodes ou six valeurs de fermetures consécutives sont décroissantes.

Un fait important à noter est que certains de ces actifs n'ont pas une tendance haussière comme le SPY. Les actifs EEM et FXE sont considérés comme étant baissiers alors que GLD et XLE sont sans direction. Même dans ces cas, nous avons obtenus des signaux statistiquement significatifs par rapport aux rendements moyens attendus.

Les figures 5.1 et 5.2 de la page suivante montrent une représentation graphique des deux différents signaux. Ces deux graphiques ont été fait à l'aide du site internet Yahoo Finance et ne montrent qu'un exemple de l'application des deux indicateurs (achat et vente).



Figure 5.1 Représentation graphique du signal 6



Figure 5.2 Représentation graphique du signal 4

CHAPITRE 6

CONSIDÉRATIONS

Nous avons démontré à l'aide de tests statistiques que deux signaux de la méthodologie Six-Sigma offrent d'excellents résultats lorsqu'il est temps de déterminer le point d'entrée dans certains marchés. Cependant, il est important de spécifier certaines considérations à cette méthode et à l'analyse technique en général. En effet, il peut y avoir certains dangers liés à la méthodologie décrite dans ce mémoire. Ces dangers proviennent de variables telles que : une hausse du taux d'intérêt, les marchés sans tendances ou baissiers, les événements imprévus et évidemment les limites de l'ingénierie financière.

Tel que décrit dans le chapitre 1, les taux d'intérêt sont aussi intimement liés aux prix des titres. Historiquement, lorsque l'un des deux monte, l'autre descend. Étant dans une période d'après-crise financière, certains croient que l'économie mondiale demeure fragile (une des raisons pourquoi les taux d'intérêt sont à un plancher historique). Une banque centrale qui augmenterait les taux brusquement pourrait créer une nouvelle dynamique des marchés, c'est-à-dire une sortie des capitaux des marchés boursiers vers les obligations. Évidemment, dans un tel scénario le modèle économique actuel serait grandement impacté et les indicateurs techniques devraient subir des modifications afin de s'ajuster à la nouvelle réalité.

Depuis la crise de 2008-2009, la majorité des marchés boursiers sont en hausses. Mis à part certains FNB que j'ai sélectionnés dans l'analyse (dont GLD, EEM, XLE et FXE) qui sont sans tendance ou baissiers, nous ne pouvons pas conclure que les deux signaux Six-Sigma fonctionneraient dans tous les types de marchés. Nous pouvons spéculer que, peut-être que certains autres indicateurs de la méthodologie Six-Sigma pourrait donner de meilleurs résultats lorsque les marchés sont sans tendance ou baissier, d'où l'importance de tester sa méthode sur des données historiques avant de l'appliquer.

Les événements imprévus sont de plus en plus pris en considération chez les petits et gros investisseurs. Les guerres, le piratage informatique, les catastrophes naturelles, les attentats, pour ne nommer que ceux-là, ont toujours eu des effets négatifs sur les marchés en général. Un événement important peut faire paniquer les investisseurs et il peut s'écouler un certain temps avant que la confiance revienne.

Finalement, il est important de mentionner les limitations de l'ingénierie financière et de l'analyse technique. Il est primordial de comprendre que, de manière générale, l'analyse technique et l'ingénierie financière sont basées sur des statistiques. Les statistiques nous donnent une probabilité (qui n'est jamais garantie à 100%) d'avoir un résultat particulier. Les fichiers Excel qui accompagnent ce mémoire témoigneront de la validité de ce point. En effet, même pour les rendements des signaux d'entrées qui sont significativement supérieurs aux rendements témoins (intervalle de confiance à 97.5%), il y a certaines occasions où le rendement sur 1 mois peut aller jusqu'à -5% et même moins! Il est donc important à comprendre que les rendements moyens des signaux Six-Sigma identifiés sont d'excellents indicateurs techniques qui offrent des rendements moyens supérieurs aux rendements témoins sur le long terme, mais qu'ils ont quand même leurs limitations. Un investisseur avisé pour utiliser des protections pour couvrir des pertes, telles que l'achat d'option de ventes ou programmer des commandes d'arrêts.

CONCLUSION

L'analyse technique est de plus en plus populaire dans le monde de l'investissement principalement à cause de la recherche du gain à court terme et de la facilité à transiger grâce aux plateformes électroniques peu coûteuses. Comme nous l'avons mentionné précédemment, des outils provenant de diverses disciplines, telles que l'ingénierie, les mathématiques, la physique, les statistiques, sont utilisés pour prédire les mouvements des marchés. Dans ce mémoire, nous avons démontré que la méthodologie Six-Sigma offre quelques outils pour identifier des points d'entrées à la bourse. De manière générale et avec un intervalle de confiance élevée, un investisseur peut entrer dans certains marchés, avec un horizon d'investissement de 1 mois, lorsque :

- neuf valeurs de fermetures consécutives sont sous la moyenne mobile simple de 20 jours;
- six valeurs de fermetures consécutives sont décroissantes.

Il est important de noter que ses points d'entrées sont valables statistiquement, c'est-à-dire que même si nous nous attendons à un rendement supérieur, nous pouvons avoir un rendement négatif. Malgré cette mise en garde, il faut garder en tête qu'un investisseur n'est pas obligé de vendre son actif après 1 mois s'il n'est pas satisfait de son rendement; l'investisseur peut attendre une période indéfinie pour vendre, pour un titre, il n'y a généralement pas d'échéance. Cette approche pourrait aussi servir, dans une certaine mesure, à acheter des options d'achats. Cependant, l'investisseur doit absolument prendre en compte que les options expirent après un certain moment. Tel que décrit, il existe évidemment un certain nombre de limitations à cette méthode et elle est loin d'être parfaite, cependant, elle possède une excellente prédictibilité et devient ainsi un outil valable aux investisseurs. Nous espérons que ce mémoire pourra donner des idées et des pistes à d'autres chercheurs afin de l'optimiser.

RECOMMANDATIONS

Plusieurs recommandations peuvent être faites à un investisseur qui souhaiterait poursuivre une étude sur les outils de la méthodologie Six-Sigma afin de maximiser leurs rendements boursiers : Faire varier les indicateurs Six-Sigma, utiliser d'autre type d'actifs et poursuivre les analyses sur des marchés qui ne sont pas haussiers.

Faire fluctuer les signaux Six-Sigma pourrait être une idée intéressante. Par exemple, nous avons démontré que lorsque six valeurs de fermetures consécutives étaient décroissantes, ceci constituait un bon point d'entrée sur un mois. Mais quand n'est-il lorsque cinq ou sept valeurs sont décroissantes, quel est le rendement attendu? L'objectif de ce mémoire était de prendre les signaux Six-Sigma tels quels, mais en réalité peut-être qu'une variante pourrait donner de meilleurs résultats encore.

En ce qui concerne les différents types d'actifs, quels résultats seraient obtenus avec la méthodologie de ce mémoire, mais en utilisant des actifs moins liquides, ou des obligations, ou des contrats à terme ... Possiblement que les signaux Six-Sigma donneraient des résultats pour un actif autre qu'une action.

Même si pour le moment il était difficile de trouver des marchés boursiers qui sont sans tendances ou baissiers, il serait intéressant de faire l'étude sur de tels marchés afin de valider l'efficacité des signaux dans tous les types de marchés.

Les pistes de recommandations ne devraient pas s'arrêter là, car l'ingénierie financière est un domaine en constante évolution. La poursuite du développement de nouveaux outils fait d'ailleurs l'objet de nouvelles recherches qui nous mèneront à d'autres résultats intéressants.

ANNEXE I

TABLE Z[illegible]

ANNEXE II

TABLE DE STUDENT

Table T Critical Values of the <i>t</i> Distribution										
df	One-Tail = .4 Two-Tail = .8	.25 .5	.1 .2	.05 .1	.025 .05	.01 .02	.005 .01	.0025 .005	.001 .002	.0005 .001
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.32	318.31	636.62
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.327	31.598
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.214	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

Source: From *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. 1, Third Edition, edited by E. S. Pearson and H. O. Hartley, 1966, p. 146.
Reprinted by permission of the Biometrika Trustees.

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bakir, S.T. (2004). A Distribution-Free Shewhart Quality Control Based on Signed-Ranks. *Quality Engineering*, 16, 613-623.
- Barror, C. M., Montgomery, D. C. & Runger, G. C. (1999). Robustness of the EWMA Control Chart to Non-Normality. *Journal of Quality Technology*, 31, 309-316.
- Bollinger, J. (2002). *Bollinger on Bollinger Bands*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Butler, M. & Kazakov, D. (2010). Particle Swarm Optimization of Bollinger Bands (Rapport LNCS 6234). University of York, UK: Faculty of Computer Science, Artificial Intelligence Group.
- Chan, J. (2011). The Adjustable-Bands Z-Test. *Stocks & Commodities*, 29(12), 26-32.
- Christoffersen, P. F. (2012). *Elements of Financial Risk Management* (2e éd.). Waltham, MA: Academic Press.
- Ciana, P. (2011). *New Frontiers in Technical Analysis: Effective Tools and Strategies for Trading and Investing*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Dagys, A. & Mladjenovic, P. (2011). *La Bourse pour les Nuls*. Paris, France : Éditions First-Gründ.
- Desjardins, J. (2016). All of the World's Stock Exchanges by Size. Repéré à <http://money.visualcapitalist.com/all-of-the-worlds-stock-exchanges-by-size/>
- Fillion, G. & Delorme, F. (2014). *Vos questions sur l'économie: 75 questions – 75 réponses*. Montréal, Québec : Les Éditions LaPresse.
- Fisher, P. (2000). *Actions ordinaires et profits extraordinaires*. Paris, France: Valor Editions.
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. USA: McGraw-Hill.
- Greenblatt, J. (2006). *Le petit livre qui bat le marché* (3e éd.). Montréal, Québec: Éditions Gutenberg.
- Hanson, T. A. (2016). High Frequency Traders in a Simulated Market. *Review of Accounting and Finance*, 15(3), 329-351.

- Ioannidis, C. & Kontonikas, A. (January 2008). The Impact of Monetary Policy on Stock Prices. *Journal of Policy Modeling*, 30(1), 33-53.
- Kannan, K. S., Sekar, P. S., Sathik, M. M. & Arumugam, P. (2009). Financial Stock Market Forecast using Data Mining Techniques. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010, 1, ISBN: 978-988-17012-8-2.
- Lange, K. L., Little R. J. A. & Taylor, J. M. G. (December, 1989). Robust Statistical Modeling using the t-Distribution. *Journal of American Statistical Association*, 84, 881-896.
- Lento, C., Gradojevic, N. & Wright, C.S. (2007). Investment information content in Bollinger Bands?, *Applied Financial Economics Letters*, 3, 263-267.
- Miresco, E. (2014). GES-816: Méthodes et systèmes d'investissement. École de technologie supérieure.
- Mitchell, C. (2010). RSI Trends: Explaining Trending Markets. *Technical Analysis of Stocks & Commodities*, 28(4), 38-40.
- Mueller, W. (February, 2013). Minimum Expectations of a Trading Strategy: Fixing your System. *Technical Analysis of Stocks & Commodities*, 28-34.
- Murphy, J. J. (1999). *Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*. USA: New York Institute of Finance.
- O'Neil, W. J. (1995). *How to Make Money in Stocks: A Winning System in Good Times or Bad* (2e éd.). USA: McGraw-Hill.
- Palmquist, S. (2011). Data-Driven Trading: Market Adaptation. *Stocks & Commodities*, 29(12), 34-39.
- Petros, E. M., Panaretos, J. & Psarakis, S. (2005). An Examination of the Robustness to Non Normality of the EWMA Control Charts for the Dispersion. *Communications in Statistics- Simulation and Computation*, 34, 1069-1079.
- Praetz, P. D. (January, 1972). The Distribution of Share Price Changes. *Journal of Business*, 45, 57-65.
- Roberts, S. W. (1959). Control Chart Tests Based on Geometric Moving Averages. *Technometrics*, 42, 97-102.
- Seth, S. (2015). The World of High Frequency Algorithmic Trading. Repéré à <http://www.investopedia.com/articles/investing/091615/world-high-frequency-algorithmic-trading.asp>

- Trongone, A. (2011). Looking Forward with Yesterday's Action. *Stocks & Commodities*, 29(1), 10-15.
- Vervoort, S. (2010). Smoothing the Bollinger %b: Identifying Entries and Exits, *Stocks & Commodities*, 28(5), 40-44.
- Vijay, V. & Paul, P. K. (July-December, 2015). An Optimal Band for Prediction of Buy and Sell Signals and Forecasting of States: Optimal Band for Buy and Sell Signals. *International Journal of Applied Management Sciences and Engineering*, 2(2), 33-53.
- Wheeler, D. J. (2000). *Comprendre la variation: La clé pour éviter le chaos* (2e éd.). Knoxville, TN: SPC Press.
- Wikipedia- Auteur Inconnu. (2004). Bourse (économie). Repéré à [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bourse_\(%C3%A9conomie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bourse_(%C3%A9conomie))
- Zhang, C. & Huang, L. (2010). A Quantum Model for the Stock Market. *Physica A*, 389(2010), 5769-5775.
- Zweig, J. (2012). *Investir dans un marché en montagne russes : Protéger son capital quand rien de va plus*. Montréal, Québec : Les Éditions Transcontinental.