

Le Pair Trading peut-il résister à la crise?

Implémentation d'une stratégie long/short

Carole MERY et Xiayong QIN

Majeure Finance 2010-2011

Sous la direction de Laurent FRESARD

Professeur Assistant de Finance HEC Paris

Table des matières

Introduction	4
1. La stratégie de Pair Trading.....	5
1.1. Les Hedge Funds	5
1.2. Les Hedge Funds dans la crise.....	5
1.3. Différents styles d'investissement	5
1.4. La stratégie de pair trading	6
2. La cointégration au service du trading.....	7
2.1. Cointégration ou corrélation ?.....	7
2.2. Cointégration entre deux actifs	7
2.3. Définition mathématique.....	8
2.4. Tester la cointégration	8
3. Mise en pratique	10
3.1. Cas du Stop-Loss.....	10
3.2. Données utilisée.....	10
3.3. Méthodologie.....	11
3.3.1. Formation des paires.....	11
3.3.2. Formation du signal avec la méthode de distance	11
3.3.3. Stratégie de trading.....	11
3.3.4. Coût de transaction.....	12
3.3.5. Recherche des valeurs seuil en in-the-sample.....	12
3.3.6. Application en out-of-sample	14
3.3.7. Calcul de la performance du portefeuille	14
3.3.8. Ratio de Sharpe	14
3.3.9. Analyse de la VaR du portefeuille	15
4. Résultats.....	16
4.1. Formation des paires	16
4.2. Détermination des paramètres de trading	16
4.2.1. Cas de Industrials et Financials	17
4.2.2. Autres secteurs à l'étude	17
4.3. Trading et calcul du P&L.....	21
4.4. Analyse des rendements	22
4.4.1. Sharpe Ratio	22

4.4.2. Value-at-Risk	23
4.5. Comparaison avec le benchmark	24
Conclusion	25
Bibliographie	26
Annexe 1 – Macros VBA de trading.....	27
Macro de PNL	27
Macro d'Analyse.....	32
Fonctions annexes.....	37
Annexe 2 – Code R - test de cointégration.....	39
Annexe 3 – Distributions des rendements	41
Coût de transaction de 4bps	41
Coût de transaction de 10bps	42
Annexe 4 – Liste des stocks du S&P500	43

Introduction

Les financiers sont depuis toujours friands de méthodes quantitatives pour déterminer leurs investissements. Le développement des outils informatiques et des méthodes statistiques permet maintenant des études très approfondies des gigantesques masses d'information fournies par les marchés. La recherche de techniques quantitatives appropriées pour construire des stratégies long/short n'en est pas à ses débuts sur les marchés financiers. Les plus fervents chercheurs en stratégies quantitatives sont les hedge funds. Leur flexibilité opérationnelle et leur faible niveau de contraintes sont idéals pour l'implémentation de ces stratégies de trading.

Une stratégie long/short gagnante est souvent décrite comme ayant une faible volatilité, un alpha positif et surtout elle doit être décorrélée des marchés. Mais en réalité ce n'est que rarement le cas et si les hedge funds avaient des résultats decorrélés du marché, le contexte de crise n'aurait pas d'influence particulière sur les performances des fonds. Or, ce n'est pas ce qui se passe en ce moment, et les hedge funds sont tout aussi touchés que les autres institutions financières. Brooks et Kat (2010) ont mis en évidence une corrélation significative entre des hedge funds utilisant la stratégie long/short et des indices boursiers tels que le S&P500 ou le DJIA. En effet, les stratégies long/short sont généralement conçues pour exploiter l'inefficience des marchés financiers dans le but de créer du alpha mais cela n'implique pas d'être décorrélé du marché. La plupart de ses stratégies consistent à acheter des actifs sous-évalués et à vendre des actifs surévalués mais ses groupes d'actifs sont souvent sélectionnés indépendamment et aucune relation n'existe entre eux permettant d'assurer la décorrélation du portefeuille vis-à-vis du marché.

En opposition, certaines stratégies dites *market neutral* n'investissent que dans des actifs interdépendants, ce qui mènent parfois à une convergence de leur niveau de prix à un horizon moyen terme. Mais ces stratégies ne sont pas non plus sans risque car il est parfois difficile de répliquer les prises de position pour couvrir le portefeuille ou des incompatibilités de timing peuvent survenir entre les attentes de l'investisseur et les réalités du marché.

Au vue de ses différentes caractéristiques, une catégorie d'investissement hybride a fait son apparition, alliant les avantages des stratégies long/short et de la décorrélation aux marchés : le pair trading. En effet cette stratégie long/short profite d'un écart de niveau prix nouveau entre deux actifs fortement interdépendants. Le portefeuille est donc décorrélé du marché et investit selon ses inefficiences.

Le but de ce mémoire est de mettre en place un hedge fund basé sur une nouvelle stratégie d'investissement, le pair trading. Cette stratégie est relativement récente et fait partie des arbitrages statistiques, ce qui, associé à des limites stop-loss, permet d'assurer une stratégie long/short relativement peu risquée. Nous nous intéresseront aux performances d'un tel fond sur les cours du S&P500 avant et pendant la crise financière de 2007, pour déterminer si ce portefeuille permet d'obtenir des rendements positifs même dans des périodes difficiles et non prévisibles.

1. La stratégie de Pair Trading

1.1. Les Hedge Funds

Si l'expression « hedge funds » signifie en anglais fonds de couverture, il ne faut pas considérer ces fonds selon cette traduction littérale. Aujourd'hui, ce qui caractérise principalement ces fonds, ce sont les méthodes alternatives de gestion et non le concept de couverture, comme ce pouvait être le cas dans les années cinquante, lorsque les premiers hedge funds apparurent.

La déréglementation du secteur financier et bancaire initiée par Ronald Reagan dans les années 80 entraîne une multiplication des fonds et notamment des hedge funds. En novembre 2007 on comptait environ 10 000 hedge funds, qui géraient environ 1700 milliards de dollars. Comparées à la première génération de fonds alternatifs, les hedge funds ont aujourd'hui perdu leur caractéristique de couverture, mais garde les outils alternatifs de gestion, et une certaine opacité.

1.2. Les Hedge Funds dans la crise

Théoriquement, si les hedge funds avaient des résultats décorrélés du marché, le contexte de crise n'aurait pas d'influence particulière sur les performances des fonds. Or, ce n'est pas ce qui se passe en ce moment, et les hedge funds sont tout aussi touchés que les autres institutions financières.

Tout d'abord, les résultats des fonds sont en baisse. Alors que les hedge funds annonçaient et promettaient des performances de +10%, voire plus, une étude de BarclayHedge sur plus de 1 600 hedge funds américains montre qu'entre septembre et juin 2008, les fonds ont affiché des pertes de 19,9%. A ces résultats deux causes principales : premièrement, la tendance du marché nettement à la baisse plombe les résultats plus que la théorie le laisse entendre ; et deuxièmement, la période de crise est assortie d'une hausse de la volatilité des différents actifs, ce qui correspond à augmentation significative des risques qui rend la gestion plus dangereuse.

D'autre part, le nombre de fonds diminue également. C'est la conséquence d'un nombre de faillites assez important. Sur les 7652 hedge funds enregistrés en juin 2008 (hors fonds de fonds), 700 avaient fait faillite en octobre 2008 d'après un article de Moneyweek. Au-delà des estimations, il est important de constater que l'industrie des hedge funds est en train de se restructurer de manière spectaculaire avec de nombreuses faillites, notamment de petits hedge funds.

1.3. Différents styles d'investissement

Les fonds alternatifs peuvent utiliser différentes stratégies de gestion. On distingue ainsi grossièrement 4 catégories de fonds :

1. Les stratégies "macro", dites "Tactical Trading", qui reposent sur les grandes tendances des marchés financiers. Elles offrent souvent des performances exceptionnelles à long terme, mais sont assez fragiles à court terme.
2. Les stratégies Long/Short, qui tentent de se couvrir contre les risques du marché en investissant à la hausse (long) dans des titres sous-évalués, et à la baisse (short) dans des titres surévalués. Cette position peut être plus ou moins orientée vers l'achat ou la vente selon les fonds. La vente à découvert est fréquemment utilisée.

3. Les stratégies d'arbitrage sur les taux (fixed income arbitrage), les convertibles (convertible arbitrage) ou les fusions acquisitions (merger arbitrage)
4. Les "autres" : les fonds spécialisés dans la reprise d'entreprises en difficulté (Event driven) et les fonds de hedge funds.

1.4. La stratégie de pair trading

Le pair trading est une stratégie long/short basé sur des couples de stocks cointégrés. Cette méthode quantitative est utilisée maintenant depuis 20 ans sur les places financière et est basée sur un principe simple : trouver deux actifs qui ont évolué de façon similaire dans le passé. Lorsque l'écart entre les deux se creuse, vendre l'actif à la hausse et acheter l'actif le plus bas. Basé sur leur comportement passé, les deux prix devraient à nouveau converger et l'investisseur, en clôturant ses positions, devrait bénéficier de l'écart observé. Cette technique fait partie des arbitrages statistiques.

La profitabilité d'une telle stratégie aurait plusieurs explications, la première d'entre elles vient de Hansell (1989), Jegadeesh et Titman (1995). Le pair trading est proche d'une *contrarian strategy* puisque l'écart observé est souvent dû à une réaction exagérée des marché après une annonce relative à l'entreprise en question ou pouvant influencer ses résultats futurs.

Le graphique montre un exemple de pair trading. Dès que l'écart entre les deux prix normalisés dépasse un seuil défini (représenté ici par l'écart entre deux triangles noirs), l'investisseur prend les positions long/short décrites plus tôt. Lorsque les deux prix reviennent à un niveau équivalent (les courbes se croisent), les positions sont closes et l'investisseur attend un prochain dépassement de seuil. Sur cet exemple, il y a eu 4 prises de position qui ont été clôturées avant la fin de la période de trading. En fin de période, toutes les positions sont clôturées, quelle que soit la situation des cours de bourses. De même, si l'écart continue de croitre et dépasse un seuil prédéfini, les positions sont clôturées (stop-loss).

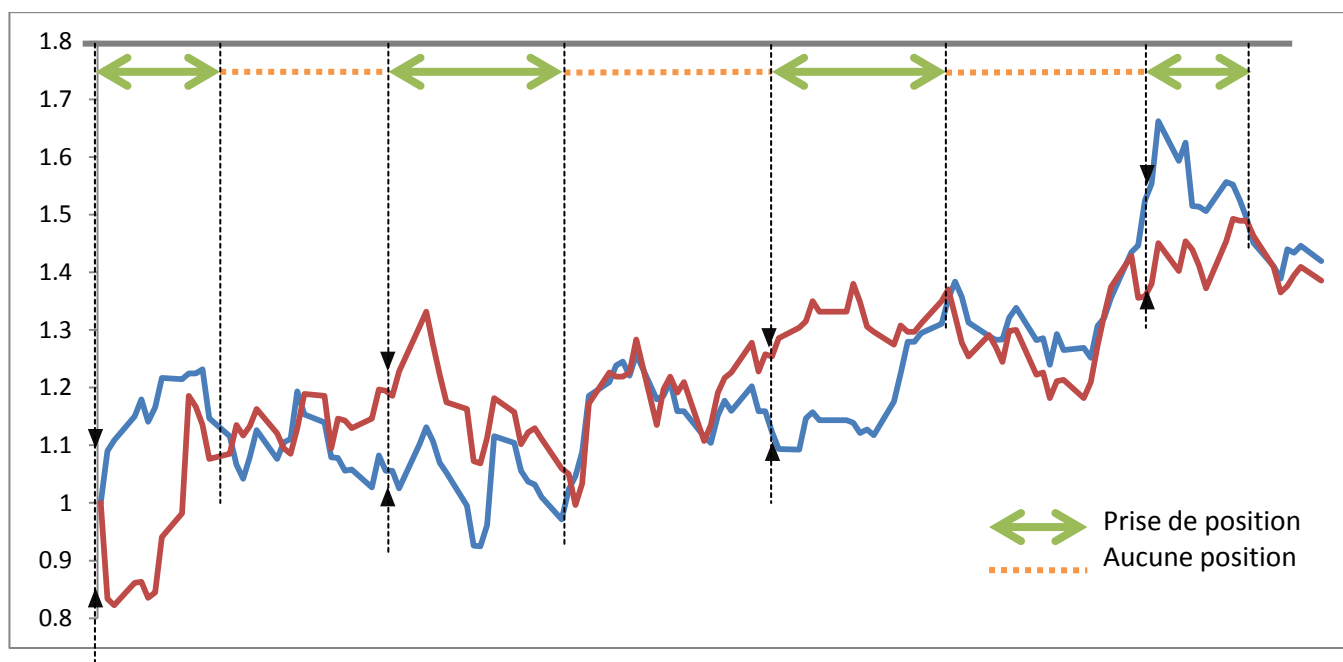


Figure 1 - Exemple de timing pour Pair Trading

2. La cointégration au service du trading

2.1. Cointégration ou corrélation ?

La première étape dans la stratégie de pair trading est de déceler les paires d'actifs qui sont les plus liés. Traditionnellement le coefficient de corrélation serait utilisé pour trouver de telles paires. En effet cette mesure est très utilisée en finance, notamment pour la construction de portefeuille et dans le domaine du risk management. Cependant depuis une dizaine d'année, le concept de cointégration est de plus en plus utilisé dans l'étude des séries temporelles et de nouveaux outils puissants sont développés, basés sur des méthodes simples comme la régression linéaire ou le maximum de vraisemblance.

Une étude publiée en 2002 par Alexander and Dimitriu [1] montre que l'étude de la corrélation ne peut s'appliquer qu'à des variables stationnaires, ce qui est rarement le cas des cours boursiers qui sont souvent intégrés de degré 1 ou plus. Une analyse de la cointégration détecte les tendances stochastiques des variables et les utilisent pour mener une analyse dynamique de la corrélation des rendements.

La principale raison qui motive l'utilisation de la cointégration a été avancée par Stock et Watson en 1991. Un ensemble de cours boursiers non stationnaires peuvent partager des tendances communes. La cointégration est également une mesure plus stable sur le long terme que la corrélation et une moindre sensibilité. Cette propriété est très avantageuse en trading car elle permet de limiter le rebalancement des portefeuilles et donc les coûts liés aux transactions.

Il faut noter que la cointégration n'a pas pour but de prévoir le niveau des prix futurs mais de déterminer l'écart entre deux prix dans le futur. Ainsi si deux actifs sont cointégrés, leur écart est une variable stationnaire et le principe de retour à la moyenne permet de détecter des opportunités d'arbitrage statistique.

Pour mieux comprendre la conception de cointégration, il est important de connaître sa différence avec corrélation. On dit que X et Y sont corrélés, s'ils varient dans la même direction. Autrement dit que si X augmente (diminue) aujourd'hui alors Y augmente (diminue) également. Mais la cointégration n'implique pas la même relation. Si X et Y sont cointégrés alors les deux actifs ne peuvent pas évoluer dans des sens opposés sans connaître un retour à la moyenne rapide. Ainsi, contrairement à la corrélation, la cointégration n'implique pas que les deux actifs vont évoluer quotidiennement dans le même sens, ces écarts seront d'ailleurs les sources de profits de la méthode de pair trading.

2.2. Cointégration entre deux actifs

En raison de la mondialisation, notre monde actuel est fortement lié l'un et l'autre. La crise de subprime aux Etats-Unis conduit à la crise financière universelle. Une hausse de PIB en Chine peut faire monter non seulement l'indice chinois mais aussi les indices partout dans le monde y compris S&P, EuroStoxx.

On se demande donc si les prix de stock de deux entreprises du même secteur devraient se comporter de la même manière. Dans le cas de convergence sectoriel, les évolutions des prix de différentes entreprises ont des mêmes rendements ajustés, car un grand écart à long terme sur deux actifs peut créer une opportunité d'arbitrage. En long l'actif surévalué et short l'actif sous-évalué, l'écart doit être corrigée.

La méthode de cointégration s'agit d'établir une relation à long terme pour deux ou plusieurs actifs, puis de signifier une opportunité d'arbitrage lorsque la relation de cointégration est perturbée.

2.3. Définition mathématique

La cointégration est une propriété statistique attribuée aux séries temporelles. On dit que deux ou plusieurs séries temporelles sont cointégrées si elles ont le même type de mouvement stochastique : c'est-à-dire, ils ont une tendance commune et équilibrée à long terme, mais ne varient pas nécessairement de la même façon.

On définit la cointégration mathématique comme suit: x_t et y_t sont cointégrés s'il existe un paramètre α tel que le processus $u_t = y_t - \alpha x_t$ est un processus stationnaire.

Un processus stationnaire au sens faible est un processus temporel Z_1, Z_2, \dots, Z_t qui vérifie les hypothèses suivantes :

- $E[Z_i] = m \quad \forall i \in [1; t]$
- $V[Z_i] = \sigma^2 \neq \infty \quad \forall i \in [1; t]$
- $Cov[Z_i, Z_j] = f(|i - j|) \quad \forall i, j \in [1; t]$

Ils existent plusieurs tests de stationnarité :

- le test KPSS
- le test de Leybourne et McCabe

et des tests de racine unitaire :

- le test de Dickey Fuller
- le test ADF
- le test de Phillips-Perron
- le test ERS

Les premiers tests ont pour hypothèse nulle la stationnarité de la série temporelle alors que les seconds testent sa non-stationnarité.

2.4. Tester la cointégration

Les travaux portant sur la cointégration sont assez récents et ont commencé pour la plupart à la fin des années 80. Le test que nous utiliserons par la suite est appelé test de Phillips Z_α . Il a été démontré théoriquement et empiriquement qu'il est plus puissant que les autres tests proposés pour des échantillons de taille modérée (Test ADF et Z_t). Ces tests sont basés sur l'étude des résidus de régressions successives. Ainsi, il faut tout d'abord estimer le coefficient de cointégration :

$$y_t = \hat{\beta} \cdot x_t + \hat{u}_t$$

y_t et x_t sont deux séries temporelles, ici des prix boursiers normalisés. Ce type de test tend à tester l'hypothèse nulle de non cointégration grâce à un test de racine unitaire appliqué aux résidus de la précédente régression. Alors que Engel et Granger propose d'utiliser un test ADF basé sur la seconde régression :

$$\Delta \hat{u}_t = \hat{\alpha} \cdot \hat{u}_{t-1} + \sum_{i=1}^p \hat{\varphi}_i \Delta \hat{u}_{t-i} + \hat{v}_{tp}$$

Le test de Phillips propose une autre seconde régression:

$$\hat{u}_t = \hat{\alpha} \cdot \hat{u}_{t-1} + \hat{k}_t$$

pour pouvoir ensuite construire la statistique de test

$$Z_\alpha = T(\hat{\alpha} - 1) - \frac{s_{Tl}^2 - s_k^2}{2} \left(\frac{\sum_2^T \hat{u}_{t-1}^2}{T^2} \right)^{-1}$$

Où

$$s_k^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{k}_t^2$$

$$s_{Tl}^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T k_t^2 + \frac{2}{T} \sum_{s=1}^l \sum_{t=s+1}^T \left(1 - \frac{s}{l+1} \right) \hat{k}_t \hat{k}_{t-s}$$

La statistique de test permet de tester l'hypothèse nulle de non cointégration des variables y_t et x_t . En effet, sous l'hypothèse nulle cette statistique de test tend asymptotiquement vers la distribution :

$$Z_\alpha \Rightarrow \int_0^1 R dR$$

Ici $W_1(r)$ et $W_2(r)$ sont des mouvements Browniens qui permettent de définir :

$$R(r) = \frac{Q(r)}{\sqrt{\int_0^1 Q^2}} \quad \text{et} \quad Q(r) = W_1(r) - \left(\int_0^1 W_1 W_2' \right) \left(\int_0^1 W_2 W_2' \right)^{-1} W_2(r)$$

Nous utiliserons la fonction `po.test` de R qui calcule automatiquement Z_α et fourni la p-value correspondante.

3. Mise en pratique

3.1. Cas du Stop-Loss

La seconde étape de la stratégie consiste à implémenter une stratégie long/short sur les marchés en utilisant les paires formées lors de la première étape. Comme dans tout type d'investissement, il est important de fixer des limites avant de prendre des positions : le stop-loss. En effet la vente à découvert, impliquent que des transactions peuvent entraîner des pertes infinies. Si on vend à découvert une action à un prix donné, et que le prix de cette action augmente continuellement, alors, la perte liée à cette transaction est infinie. Autrement dit, ces deux procédés sont des facteurs importants de risque, car les pertes éventuelles sont plus élevées que le capital du fonds. Ceci est d'autant plus frappant si on esquisse la comparaison avec une stratégie d'investissement classique qui consiste à acheter un actif, comme une action. Dans le pire des cas, l'entreprise fait faillite, et l'actif a une valeur nulle. Le risque maximal est de se retrouver avec un portefeuille qui ne vaut littéralement rien.

Après calculs, nous nous sommes aperçu que l'ajout d'un stop-loss dégradait le Sharpe ratio et la performance des portefeuilles. En effet, même si cet outil permet d'éviter quelques cas de grosses pertes, il bride les autres trades. Il arrive souvent que l'écart entre deux prix normalisés augmente beaucoup après une prise de position avant de converger. Avec un stop-loss, la position est clôturée bien avant d'avoir entamé ce phénomène de convergence, impliquant ainsi des pertes aux portefeuilles au lieu de gains. Dans la suite nous n'utiliserons donc pas de stop-loss.

3.2. Données utilisée

Les actifs testés sont tirés de l'indice du S&P500 entre 1960 et 2010, regroupés par secteurs. En effet, Gatev, Goetzmann et Rouwenhorst (2006) ont montré que cette approche est plus performante que de tester tous les paires possibles au sein de l'indice sans distinction. Les 500 actifs sont donc séparés entre :

- Consumer Discretionary	82 actifs*
- Consumer Staples	41 actifs
- Energy	37 actifs
- Financials	81 actifs
- Health Care	51 actifs
- Industrials	61 actifs
- Information Technology	72 actifs*
- Materials	30 actifs
- Telecommunications Services	9 actifs
- Utilities	36 actifs

Nous n'avons cependant pas traité les secteurs Consumer Discretionary et Information Technology au vue des temps de calculs qui auraient trop importants.

Le but de notre travail étant de tester l'efficacité de la méthode du pair trading pendant la crise, nous définissons les données in-the-sample comme le prix quotidien à la clôture allant de 1960 à 2007 inclus. L'out-of-sample se compose donc des données quotidiennes entre 2008 et 2010 inclus. Une liste des stocks utilisés dans le mémoire est présentée en annexe ainsi que leur répartition entre secteurs.

On effectue donc les études de pair trading au sein de chaque secteur. On compare les résultats de différents secteurs dans un second temps enfin de conduire à une méthodologie stable et adapté à tous les secteurs. On utilise dans la suite le secteur de Télécommunications afin d'expliquer la recherche en détail.

3.3. Méthodologie

3.3.1. Formation des paires

Au sein de chaque secteur, on test dans un premier temps la cointégration de chaque paire de stocks possible à l'aide du logiciel R. Le test est effectué avec un historique d'un an (256 données quotidiennes) tous les mois. Le programme utilisé est retranscrit en annexe. Les résultats sont ensuite analysés sous Excel. Un programme VBA simule le trading de ces paires : si le test ne rejette pas l'hypothèse de cointégration alors la paire de stocks est considérée comme entrant dans une phase de trading d'un mois. Si le test suivant confirme la cointégration des deux stocks, les positions prises sont conservées et les deux actifs sont toujours en phase de trading. Dans le cas contraire les positions sont closes et la paire n'est plus considérée pour le trading. Ainsi une paire peut être tradée pendant de très longues périodes si les deux actifs qui la composent sont cointégrés.

3.3.2. Formation du signal avec la méthode de distance

Une fois que la relation de cointégration est établie, on définit le signal de trading suivant afin de décider quand rentrer dans la phase de transaction.

$$Signal(t) = \frac{R_j^a(t)}{vol(R_1^a(t))} - \frac{R_j^b(t)}{vol(R_1^b(t))}$$

Où

$$R_j^a(t) = \frac{P_a(t)}{P_a(t-j)} - 1 \text{ est le rendement de l'action A pour les } j \text{ jours passés}$$

$$R_j^b(t) = \frac{P_b(t)}{P_b(t-j)} - 1 \text{ est le rendement de l'action B pour les } j \text{ jours passés}$$

$Vol(R_1^a(t))$ est l'écart type à la date t du rendement journalier de l'action A du mois passé

$Vol(R_1^b(t))$ est l'écart type à la date t du rendement journalier de l'action B du mois passé

Le signal mesure l'écart entre la progression du prix de l'action A et du prix de l'action B pendant les j jours passés. La progression est en fait le rendement de l'action normalisé, c'est-à-dire divisé par la volatilité du titre. Il est en effet plus pertinent de le normaliser par la volatilité au lieu de calculer seulement la différence de rendement entre les deux puisque le coefficient suivant représente le coefficient de cointégration entre les deux actions :

$$\frac{vol(R_1^a(t))}{vol(R_1^b(t))}$$

3.3.3. Stratégie de trading

Après l'identification d'une paire, le signal de trading est calculé chaque jour. La variable d représente la valeur seuil de transaction pour le signal de trading : dès que le signal de trading sort de l'intervalle $[-d ; d]$, alors on passe à la phase de trading. Comme pour hedger un portefeuille, le choix de la valeur seuil aura une

incidence sur le nombre de trade qui seront effectués et le niveau de profit que chaque trade peut fournir. Ainsi si d est trop élevé, les profits le seront également mais le nombre de positions prises risque d'être faible voire nul. A l'inverse si le seuil est trop faible, il y aura beaucoup de prise de positions mais les profits seront faible et probablement trop faible pour couvrir les frais de transaction.

Une fois le signal créé, il faut définir les positions prise par chaque action. D'après la stratégie de trading, si le signal est plus grand que d , cela implique que l'action A est surévaluée par rapport à l'action B. Différents mécanismes des marchés financiers comme les traders arbitragistes, vont amener les deux prix à converger. On prend donc une position short sur l'action A surévaluée et une position long en action B sous-évaluée. Dans le cas contraire, lorsque le signal de trading est plus faible que la valeur $-d$, la position est inversée et on prend une position long sur l'action A considérée comme sous-évaluée, une position short sur l'action B qui est surévaluée.

Ces positions sont conservées tant que les tests effectués tous les mois ne rejette pas l'hypothèse de cointégration et jusqu'à ce que les prix normalisés des deux actifs convergent, autrement dit lorsque la valeur du signal de trading change de signe. Comme le trading et les tests se font sur les prix normalisés, les quantités tradées sont $-\frac{1}{vol(R_1^a(t))}$ pour l'action A et $\frac{1}{vol(R_1^b(t))}$ pour B.

Il est important de noter que nous nous basons sur des hypothèses fortes. Effectivement, nous supposons qu'il n'y a pas de coût supplémentaires entrainer par la vente à découvert et que notre réserve de cash est illimitée, nous pouvons donc prendre autant de position que nous le souhaitons en même temps.

3.3.4. Coût de transaction

Lorsqu'il y a prise de position, un coût de transaction est généré par l'existence du bid-ask spread et doit être payé par le trader. De la même façon, ce coût apparait également lors de la clôture de position. Le bid-ask spread dépend directement de la liquidité de l'action tradée et peut donc avoir des niveaux très différents d'un stock à l'autre et même d'une année à l'autre. De nouvelles stratégies de trading à hautes fréquences ont été mises en place par les banques et les institutions financières pour diminuer ces coûts de transactions. Ces nouvelles stratégies n'étant pas le sujet de notre travail, il est assez difficile pour nous de modéliser et d'estimer ces couts pour chaque prise de position. Les calculs suivants prendront donc deux valeurs différentes, 4bps et 10bps, pour tenter de simuler de façon réaliste les coûts de transactions engendrés par notre stratégie et leur impact sur sa performance.

3.3.5. Recherche des valeurs seuil en in-the-sample

Une fois la stratégie mise en place, il nous faut déterminer les seuils qui permettent de maximiser sa performance globale. Nous pouvons choisir le seuil d de signal de trading et le nombre de jours j sur la base desquels sont calculés les prix normalisés. Nous testons donc notre stratégie pour les valeurs suivantes :

d	0.2	0.5	1	1.5	2
j	1	2	5	10	20

Pour chaque couple de paramètre, le ratio de Sharpe est calculé et sert de critère de décision quant au choix des paramètres d et j pour chaque secteur. Nous verrons dans les prochains paragraphes comment calculer la performance d'un portefeuille et ainsi obtenir un ratio de Sharpe.

Dans l'exemple de secteur Télécommunications, on utilise les données in-the-sample allant de 1985 à fin 2007 pour calibrer notre stratégie en trouvant les meilleurs paramètres. On trouve qu'il est plus pertinent d'utiliser le signal de 2 jours et rentrer à la phase de transaction lorsque la valeur absolue du signal de trading est plus grande que 1. On préfère que le signal de 2 jours et seuil de 1 plutôt que le signal 5 et seuil de 1.5, parce que le première situe dans un zone plus stable dans la matrice de Jours/Seuil que le second, ce qui signifie une stabilité plus fiable du paramètres. Avec un coût de transaction de 4 bps, on obtient un ratio de Sharpe de 0.51. Si le coût de transaction augmente à 10 bps, alors la performance se dégrade un peu et on observe un ratio de Sharpe de 0,46.

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2
1	0.27	0.47	0.39	0.21	0.25
2	0.42	0.42	0.51	0.39	0.26
5	0.34	0.41	0.43	0.51	0.46
10	0.08	0.09	0.15	0.20	0.17
20	-0.01	0.00	0.04	0.01	0.02

Figure 2 - Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 4bps

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2
1	0.18	0.40	0.36	0.20	0.25
2	0.33	0.34	0.46	0.37	0.25
5	0.28	0.35	0.37	0.47	0.44
10	0.03	0.04	0.10	0.16	0.14
20	-0.07	-0.05	-0.01	-0.03	-0.01

Figure 3 - Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 10bps

Le graphique suivant montre le P&L du portefeuille formé en suivant notre stratégie. Il concerne uniquement la période avant 2007, c'est-à-dire le in-the-sample pour le secteur Telecommunication. On y voit l'évolution de différentes paires de stocks. Ainsi la paire T-FTR mène à un rendement négatif. L'ajout d'un stop-loss aurait permis de diminuer cette perte mais aurait aussi empêché les gains de la paire CTL-FTR

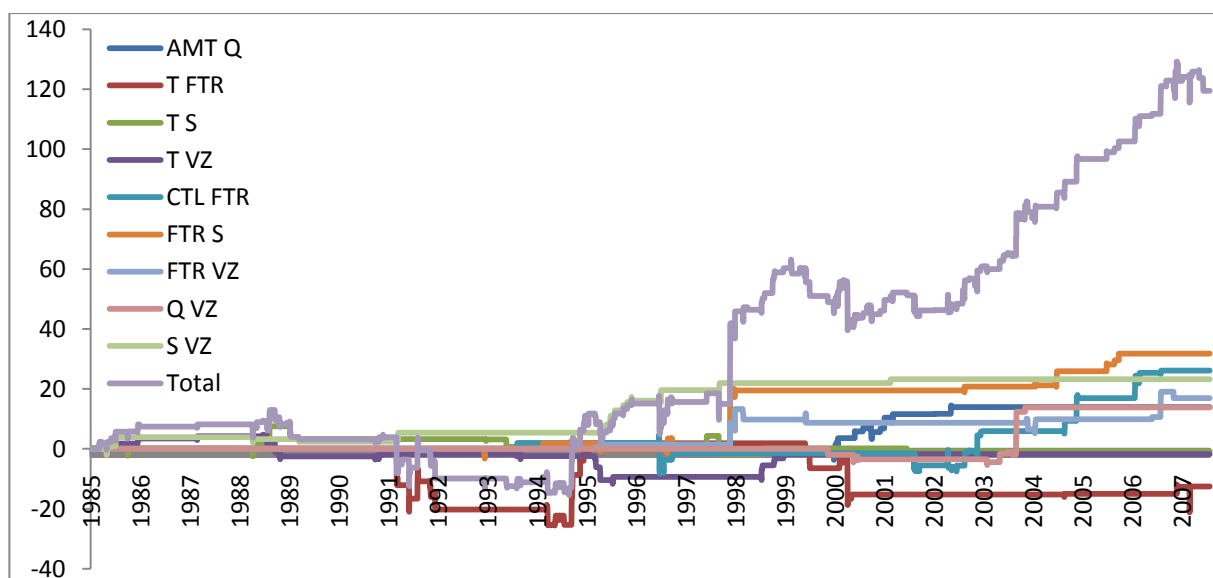


Figure 4 - P&L du portefeuille Telecommunications In-the-Sample

3.3.6. Application en out-of-sample

Les paramètres d et j sont donc estimés pour chaque secteur dans le but d'optimiser les rendements de notre portefeuille. La stratégie est ensuite appliquée avec ces paramètres sur les données out-of-sample, les données allant de janvier 2008 à décembre 2010 et représentant la période de crise financière. On observe, toujours pour le secteur Telecommunications, que la stratégie fonctionne de manière stable sur cette période. En effet le Sharpe ratio obtenu est de 0.59 en out-of-sample avec un coût de transaction de 4 bps. Ce ratio passe à 0.54 avec un coût de 10bps, ce qui est assez bon résultat compte tenu du fait que nous ne travaillons qu'avec des données journalières.

3.3.7. Calcul de la performance du portefeuille

Au vue des spécificités d'un tel type de trading, le calcul de la performance de la stratégie peut s'avérer compliqué. En effet durant la durée de trading d'une paire, il peut y avoir plusieurs prises de positions et donc des cash flows à différents instants non définis a priori. Nous devons donc utiliser une définition spécifique du rendement de chaque stratégie :

$$R = \frac{\text{Gain}}{\text{Risque}} = \frac{\text{Cash}_A * R_A + \text{Cash}_B * R_B}{\frac{1}{2} * (|\text{Cash}_A| + |\text{Cash}_B|)} = 2 * \frac{\frac{R_A}{\text{vol}(R_1^a(t))} - \frac{R_B}{\text{vol}(R_1^b(t))}}{\frac{1}{\text{vol}(R_1^a(t))} + \frac{1}{\text{vol}(R_1^b(t))}}$$

$$R = \text{vol}(R_1^b(t)) * R_A + \text{vol}(R_1^a(t)) * R_B$$

Où Cash_A est le montant investi dans l'action A à la prise de position, montant qui vaut $\frac{1}{\text{vol}(R_1^a(t))} * R_A$ est le rendement de l'action A depuis la prise de position à la clôture de celle-ci.

Le dénominateur de la formule du rendement est $\frac{0.5}{\text{vol}(R_1^a(t))} + \frac{0.5}{\text{vol}(R_1^b(t))}$. En effet dans le cas du pair trading la somme engagé à la prise de position peut être positive, nulle ou négative (on a un surplus de cash dû à la vente à découvert). Nous estimons donc le risque pris comme la moyenne des deux montants tradés, sachant que la prise de risque est moindre vu que nous vendons un des titres à découvert.

3.3.8. Ratio de Sharpe

Ce ratio est habituellement utilisé pour mesurer et comparer la performance de portefeuilles financiers. Il se calcule par rapport à un benchmark. Dans le cas présent, la somme investit dans le portefeuille est proche de zéro, nous estimons que la performance du benchmark est nulle : si aucun montant n'est investi, on ne peut pas recevoir la performance d'un actif sans risque. De plus ce ratio a essentiellement vocation à comparer les différents scénarii pour choisir les paramètres optimaux. Notre ratio est donc calculer comme suit :

$$\text{Sharpe} = \sqrt{252} \frac{\bar{R}}{\sqrt{\text{Var}(R)}}$$

Les rendements étant journaliers, multiplier le ratio par $\sqrt{252}$ permet de l'annualiser.

3.3.9. Analyse de la VaR du portefeuille

La Value-at-Risk est un outil très utile de mesure des risques. Cet indicateur est la perte maximum qui peut survenir à une probabilité donnée et un horizon de temps défini. Ainsi une VaR à 95% est défini comme suit :

$$\alpha = P(VaR < r)$$

où $\alpha = 95\%$ et r représente les rendements du portefeuille ou de l'actif.

On l'utilise essentiellement pour estimer le risque d'un actif financier mais également dans des secteurs plus divers comme la prévention des épidémies. Elle peut donc être très utile dans notre travail pour estimer les risques attenants à notre stratégie.

Pour chaque secteur, nous allons considérer chaque trade effectué comme une opération indépendante et la performance obtenue sera analysée comme un résultat du portefeuille sectoriel pour construire la Value-at-Risk. Ces performances seront ensuite triées et la VaR à 95% sera estimée comme étant la moins bonne performance du 5^{ème} centile. Cette méthode de calcul est dite Empirique car nous nous basons sur des réalisations passées, sans faire d'hypothèses de distribution des rendements.

Pour aller plus loin, nous calculerons aussi la CVaR, définie comme étant la moyenne des rendements du 5^{ème} décile, autrement dit, quel rendement peut-on espérer si l'on est en dessous de la Value-at-Risk.

Ces deux indicateurs sont très utiles et permettent de palier à certaines hypothèses fortes de la finance. En effet, les ratios habituellement employés sont basés sur une hypothèse, très souvent fausse, de distribution normale des rendements. En réalité un phénomène de « queue épaisse » apparaît car des rendements extrêmes surviennent plus souvent que dans le cas de normalité. La façon que nous avons de calculer la VaR et la CVaR nous protège contre ce risque.

4. Résultats

4.1. Formation des paires

Comme nous l'avons vu plus tôt nous avons testé tous les secteurs à l'exception de Consumer Discretionary et Information Technology. Parmi les secteurs testés, certains stocks ont dû être retirés de l'étude car ils comportaient trop peu de données. C'est par exemple le cas de l'actif BRKb (Berkshire Hathaway) et de PSA (Public Storage) pour le secteur Financials. Ce problème ne concerne que 2 ou 3 stocks maximum par secteur.

Le tableau suivant regroupe les résultats des tests de cointégration pour une partie des actifs du secteur Telecommunication. Le taux de cointégration (nombre de test où l'hypothèse nulle n'est pas rejetée divisé par le nombre total de tests effectués) est en moyenne de 12,3% pour ce secteur. Le taux le plus élevé est atteint par la paire AMT-WIN avec 42,1% de cointégration. Ils existent d'autres paires pour lesquelles ce taux est nul (AMT-PCS ou encore CTL-PCS).

Paires	AMT Q	T FTR	T S	T VZ	CTL FTR	FTR S	FTR VZ	Q VZ	S VZ	Total Secteur
Nombre de tests	137	235	300	304	235	235	235	148	300	4843
Hypothèse nulle rejetée	116	201	259	245	193	210	214	126	266	4248
Hypothèse nulle non rejetée	21	34	41	59	42	25	21	22	34	595
Taux de Cointégration	15,3%	14,5%	13,7%	19,4%	17,9%	10,6%	8,9%	14,9%	11,3%	12,3%

Figure 5 - Résultat partiel des tests de cointégration, secteur Telecommunication

Il est important de noter qu'une forte et récurrente cointégration entre deux actifs n'implique pas que cette paire sera tradée. En effet si les deux actifs sont tout le temps cointégrés, ils risquent de ne jamais diverger et donc ne jamais présenter d'opportunité d'arbitrage statistique.

4.2. Détermination des paramètres de trading

Une fois les paires formées, il faut simuler différents scénarii et estimer les paramètres qui maximiseront les performances du portefeuille. Lors de cette étape, les résultats obtenus in-the-sample pour les secteurs Financials et Industrials étaient tous négatifs ou très faibles, c'est-à-dire que tous les scénarii testés produisaient des ratios de Sharpe négatifs. Nous ne poursuivons donc pas l'étude pour ces deux secteurs en out-the-sample.

La partie suivante comporte les tableaux récapitulatifs des Sharpe Ratio calculés pour chaque couple de paramètres dans les secteurs à l'étude.

4.2.1. Cas de Industrials et Financials

Ainsi comme le montrent ces tableaux récapitulatifs, les Sharpe Ratios obtenus pour le secteur Industrials sont négatifs ou faibles. On observe que le couple de paramètres le plus intéressant est de 1 jour pour un seuil d de 2. Cependant, le seuil d'entrée d est tellement élevé que seulement dizaine de transactions sont effectuées pour 1830 paires sur une période de dix ans, ce qui est très faible d'un point de vue statistique.

Industrials

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 4 bps
1	-0,06	0,03	0,02	-0,02	0,17	
2	0,03	-0,01	-0,08	0,02	-0,16	
5	0,01	0,01	0,01	-0,01	-0,06	
10	-0,20	-0,19	-0,18	-0,20	-0,23	
20	-0,15	-0,15	-0,13	-0,06	-0,04	

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 10 bps
1	-0,26	-0,14	-0,13	-0,15	0,15	
2	-0,11	-0,12	-0,10	0,07	-0,12	
5	-0,14	-0,13	-0,08	-0,06	-0,10	
10	-0,36	-0,34	-0,31	-0,28	-0,26	
20	-0,33	-0,32	-0,30	-0,18	-0,13	

Le secteur Industrials regroupent des firmes aux activités très diversifiées comme l'équipement électrique, les services commerciaux, l'aéronautique, des conglomérats industriels... Les mauvais résultats de ce secteur peuvent s'expliquer de part cette diversité. En effet, les industries de l'armement et du bâtiment ne sont pas impactées de la même façon par l'économie mondiale et la politique par exemple. Ce résultat nous permet aussi de conforter l'idée selon laquelle le pair trading n'est pas efficace sur un indice complet mais bien au sein d'un secteur regroupant des entreprises assez similaires.

En revanche le secteur Financials est constitué de compagnies très proches. On ne peut donc pas tenter d'expliquer ce phénomène de la même façon. La cointégration est même très forte à l'intérieur de ce secteur, empêchant sûrement les opportunités d'arbitrage de se produire.

4.2.2. Autres secteurs à l'étude

Nous conservons ainsi 6 secteurs dans notre étude:

- Telecommunications
- Materials
- Utilities
- Health Care
- Energy
- Consumer Staples

Telecommunications

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 4 bps
1	0,27	0,47	0,39	0,21	0,25	
2	0,42	0,42	0,51	0,39	0,26	
5	0,34	0,41	0,43	0,51	0,46	
10	0,08	0,09	0,15	0,20	0,17	
20	-0,01	0,00	0,04	0,01	0,02	

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 10 bps
1	0,18	0,40	0,36	0,20	0,25	
2	0,33	0,34	0,46	0,37	0,25	
5	0,28	0,35	0,37	0,47	0,44	
10	0,03	0,04	0,10	0,16	0,14	
20	-0,07	-0,05	-0,01	-0,03	-0,01	

Materials

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 4 bps
1	0,41	0,31	0,45	-0,07	0,04	
2	0,46	0,45	0,63	0,38	0,04	
5	0,35	0,34	0,45	0,41	0,34	
10	-0,07	-0,08	-0,10	-0,04	0,05	
20	0,20	0,20	0,15	0,16	0,17	

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 10 bps
1	0,17	0,13	0,36	-0,11	0,00	
2	0,23	0,25	0,50	0,31	-0,01	
5	0,09	0,09	0,25	0,26	0,22	
10	-0,31	-0,31	0,30	-0,22	-0,09	
20	-0,06	-0,06	-0,09	-0,05	-0,02	

Utilities

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 4 bps
1	0,66	0,70	0,32	-0,09	0,14	
2	0,73	0,71	0,54	0,33	0,17	
5	0,42	0,41	0,42	0,51	0,47	
10	0,37	0,38	0,37	0,25	0,11	
20	0,41	0,42	0,46	0,41	0,34	

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 10 bps
1	0,41	0,53	0,25	-0,11	0,10	
2	0,47	0,50	0,41	0,28	0,15	
5	0,13	0,15	0,23	0,40	0,40	
10	0,08	0,12	0,14	0,06	-0,03	
20	0,12	0,14	0,20	0,21	0,17	

Health Care

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 4 bps
1	0,16	0,17	0,37	0,22	-0,11	
2	0,57	0,62	0,52	0,47	0,33	
5	0,15	0,16	0,11	0,13	0,10	
10	0,17	0,19	0,22	0,25	0,18	
20	0,28	0,28	0,25	0,19	0,18	

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 10 bps
1	-0,05	0,01	0,29	0,18	-0,12	
2	0,32	0,40	0,37	0,38	0,28	
5	-0,10	-0,07	-0,08	-0,02	0,00	
10	-0,07	-0,05	0,01	0,08	0,03	
20	0,01	0,02	0,01	-0,03	-0,01	

Energy

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 4 bps
1	0,38	0,38	0,24	0,04	0,01	
2	0,59	0,63	0,42	0,28	0,04	
5	0,66	0,65	0,65	0,58	0,33	
10	0,41	0,40	0,37	0,26	0,30	
20	0,31	0,32	0,33	0,35	0,33	

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 10 bps
1	0,17	0,23	0,17	0,01	0,00	
2	0,38	0,45	0,31	0,21	0,01	
5	0,43	0,44	0,49	0,46	0,25	
10	0,15	0,15	0,15	0,08	0,16	
20	0,06	0,08	0,11	0,15	0,16	

Consumer Staples

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 4 bps
1	0,24	0,21	0,28	0,15	0,20	
2	0,58	0,60	0,49	0,31	0,22	
5	0,35	0,39	0,47	0,53	0,46	
10	0,45	0,46	0,46	0,49	0,51	
20	0,35	0,36	0,35	0,34	0,39	

Jours \ Seuil d	0.2	0.5	1	1.5	2	Sharpe Ratio pour un coût de transaction de 10 bps
1	-0,06	-0,03	0,16	0,09	0,18	
2	0,27	0,33	0,31	0,22	0,17	
5	0,03	0,09	0,22	0,33	0,33	
10	0,14	0,16	0,20	0,27	0,33	
20	-0,06	-0,03	0,16	0,09	0,18	

Voici un récapitulatif des paramètres retenus pour la suite de l'étude. Il est à noter que parfois les paramètres trouvés ne sont pas les même avec deux coûts de transaction différents. Dans ces cas précis, nous choisissons les paramètres qui maximisent la somme des deux Sharpe Ratio.

Secteur	Telecom.	Materials	Utilities	Health Care	Energy	Consumer
Jours	2	2	2	2	5	2
Seuil d	1	1	0,5	0.5	1	0,5

Les paramètres sont assez proches entre chaque secteur : le seuil d oscille entre 0,5 et 1,5 alors que le nombre de jours nécessaires pour calculer les coefficients de la stratégie varie de 2 à 5. Même si nous n'avons pas retenu cette approche dans la suite de l'étude, il serait assez facile d'imaginer une stratégie commune pour tous les secteurs.

On remarque que la hausse des couts de transaction fait logiquement baisser le Sharpe ratio. Une première remarque peut être soulevée ici concernant les couts de transactions. Notre étude s'effectue sur une très longue durée et nous avons donc choisi de travailler sur des données journalières sans nous préoccuper des conséquences que cela aurait sur les coûts de transaction. Une solution serait d'obtenir les prix des actifs toutes les heures et ainsi d'optimiser la stratégie d'achat et de vente.

Une autre remarque apparait. Le calage des paramètres aurait pu s'effectuer plus fréquemment et sur des périodes plus courtes : 2 ou 3 ans par exemple. Face à la multiplicité des calculs que cette stratégie impliquerait nous avons dû y renoncer mais ce point mériterait d'être traité par la suite.

4.3. Trading et calcul du P&L

Les paramètres ayant été définis, nous pouvons maintenant simuler le trading pour les secteurs à l'étude. Les deux graphes suivant représentent les gains obtenus grâce à notre stratégie au cours du temps.

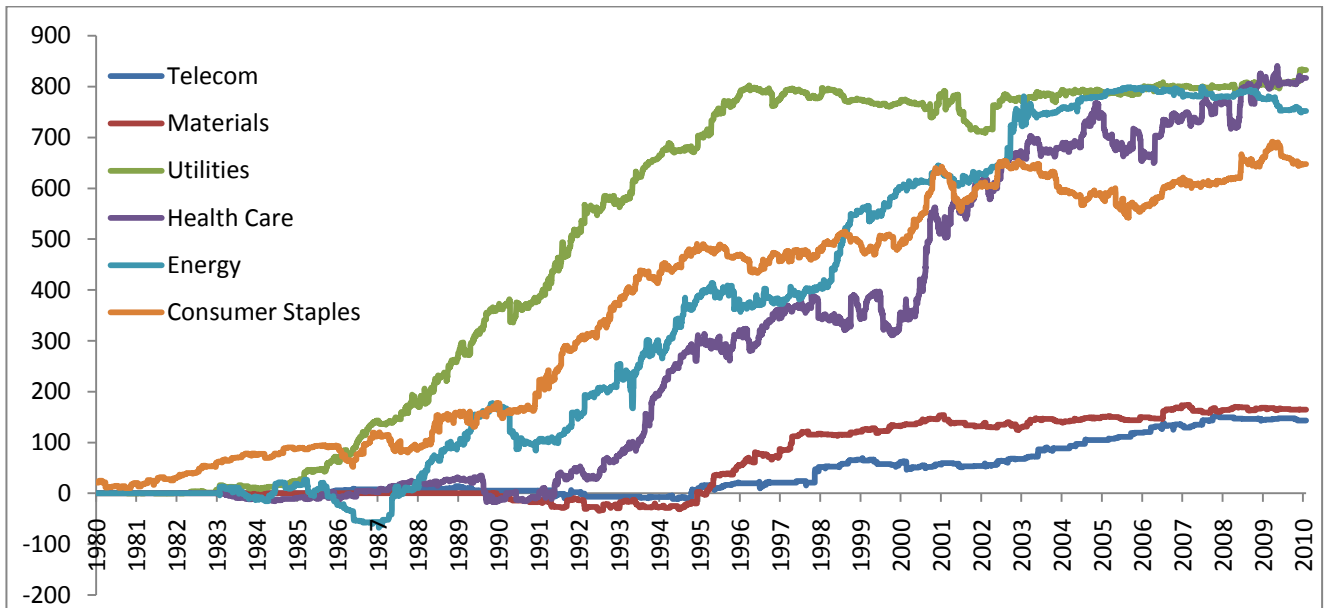


Figure 6 - P&L par secteur (4bps)

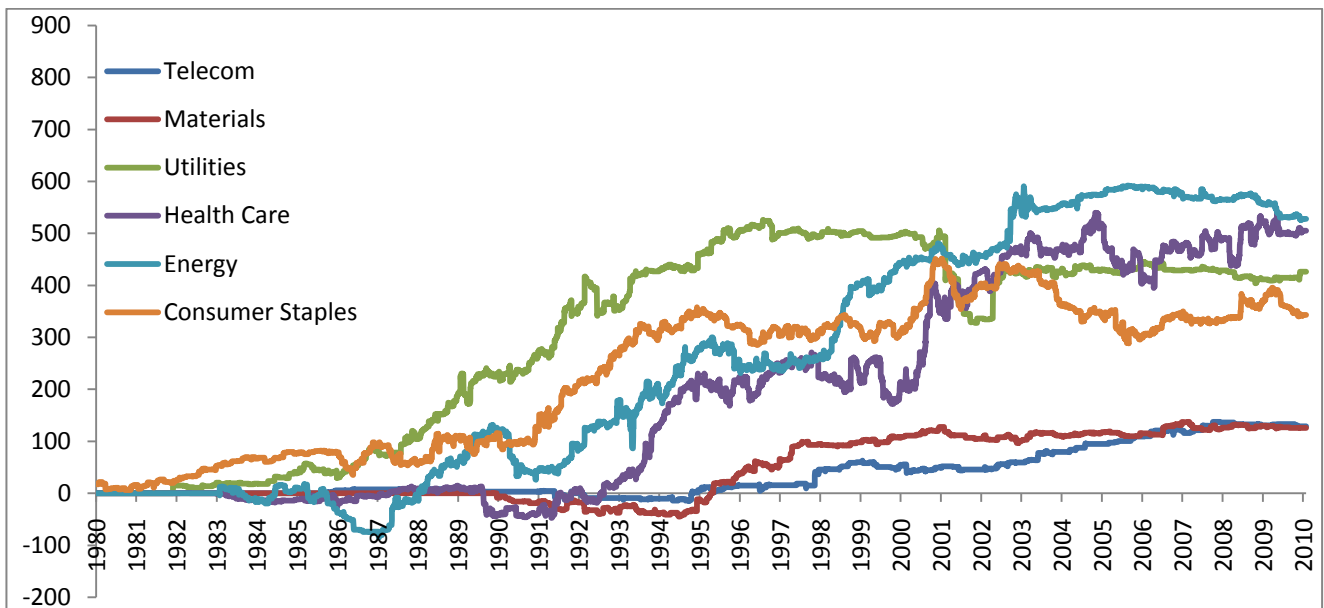


Figure 7 - P&L par secteur (10bps)

La stratégie suivie mène à des gains importants, compte tenu du faible investissement initial. Nous remarquons que pendant la crise (période de 2008 à 2010), la stratégie est globalement neutre : à l'exception du secteur des Energies, les P&L restent constants au faiblement croissant (Health Care). Il semblerait donc que la stratégie résiste à la crise.

4.4. Analyse des rendements

Il est important maintenant de tester la performance de cette stratégie et de la comparer à un benchmark. Comme expliqué précédemment, nous allons utiliser des indicateurs comme le ratio de Sharpe, la Value-at-Risk et la CVaR pour juger de la performance de la stratégie.

4.4.1. Sharpe Ratio

4 bps	Telecom	Materials	Utilities	Health Care	Energy	Consumer Staples	Total
Sharpe Ratio Total	0,47	0,44	0,87	0,58	0,59	0,60	1,41
Sharpe Ratio In-The-Sample	0,46	0,50	0,89	0,59	0,70	0,62	1,48
Sharpe Ratio Out-Of-Sample	0,59	-0,36	0,63	0,50	-1,71	0,41	0,60

10 bps	Telecom	Materials	Utilities	Health Care	Energy	Consumer Staples	Total
Sharpe Ratio Total	0,42	0,34	0,38	0,36	0,46	0,31	0,84
Sharpe Ratio In-The-Sample	0,41	0,40	0,41	0,38	0,53	0,34	0,91
Sharpe Ratio Out-Of-Sample	0,54	-0,47	-0,10	0,20	-0,77	0,04	-0,06

Le ratio de Sharpe total pour tous les secteurs est positif et supérieur à 0,44 pour un coût de transaction de 4 bps et supérieur à 0,31 pour un coût de transaction de 10 bps. De façon plus globale, en agrégeant les différents secteurs, la stratégie correspond à un Sharpe Ratio supérieur à 1,41 et 0,84. Un Sharpe ratio supérieur à 1 est très bon. Même dégradé par les coûts de transaction, un Sharpe ratio de 0,84 reste un bon résultat.

Seuls les secteurs Materials et Energy voient leur Sharpe ratio devenir négatifs en période Out-of-Sample. Avec des coûts de transaction de 10 bps, le secteur Utilities aussi obtient un Sharpe ratio négatif. Health Care Consumer Staples et Telecommunications conservent un ratio positif en période Out-of-Sample.

Au vu des résultats obtenus ici, on comprend que le cout de transaction est un facteur important pour la stratégie de trading. Il est utile d'essayer de réduire ce cout grâce à la technologie et aux synergies existantes au sein de banque.

4.4.2. Value-at-Risk

Les deux tableaux suivants récapitulent les résultats de calcul de la Value-at-Risk historique ainsi que la CVaR correspondante. Il est intéressant de noter que le secteur Utilities possède la meilleure VaR à 95% et le moins bon ratio de Sharpe. Au contraire, la Value-at-Risk et la CVaR du secteur Telecommunication sont très faibles (élevés en valeur absolue). Ces valeurs sont peu fiables comparées aux autres indices car la taille des échantillons est faible (237 et 682 transactions).

4 bps	Telecom	Materials	Utilities	Health Care	Energy	Consumer Staples
Nb de transaction	237	682	8 281	7 843	5 728	7 297
VaR 95%	-6,61%	-1,98%	-2,27%	-4,60%	-3,91%	-3.23%
CVaR 95%	-8,14%	-3,65%	-3,57%	-7,07%	-5,44%	-4.87%
Sharpe Ratio	0,47	0,44	0,87	0,58	0,59	0,60

10 bps	Telecom	Materials	Utilities	Health Care	Energy	Consumer Staples
Nb de transaction	237	682	8 281	7 842	5 728	7 297
VaR 95%	-6,73%	-3,77%	-2,39%	-4,72%	-4,03%	-3.35%
CVaR 95%	-8,26%	-5,39%	-3,69%	-7,19%	-5,56%	-4.99%
Sharpe Ratio	0,42	0,34	0,38	0,36	0,46	0,31

Dans la suite, on trace la distribution du rendement de transaction pour chaque secteur en fonction de coût de transaction. Un test de Jarque-Bera montre la non-normalité des rendements.

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{1}{4} (K - 3)^2 \right)$$

Ce test calcule l'écart des moments d'ordre 3 et 4 de l'échantillon à celui d'une loi normale : S est le coefficient d'asymétrie de l'échantillon (Skewness) et K est le Kurtosis. La statistique de test suit une loi du χ^2 à 2 degrés de liberté. L'hypothèse nulle testée est la distribution normale de l'échantillon. L'hypothèse nulle est rejetée dans tous les cas (p-value inférieure à 1%).

Notre méthode de calcul de la VaR et de la CVaR ne nécessite pas, contrairement aux autres méthodes, l'hypothèse de normalité des rendements. Nous ne pourrions donc pas confronter la Value-at-Risk historique à une VaR simulée.

La distribution des rendements est reproduite pour chaque secteur en annexe.

4.5. Comparaison avec le benchmark

Nous avons tracé l'évolution du S&P500 ainsi que le P&L

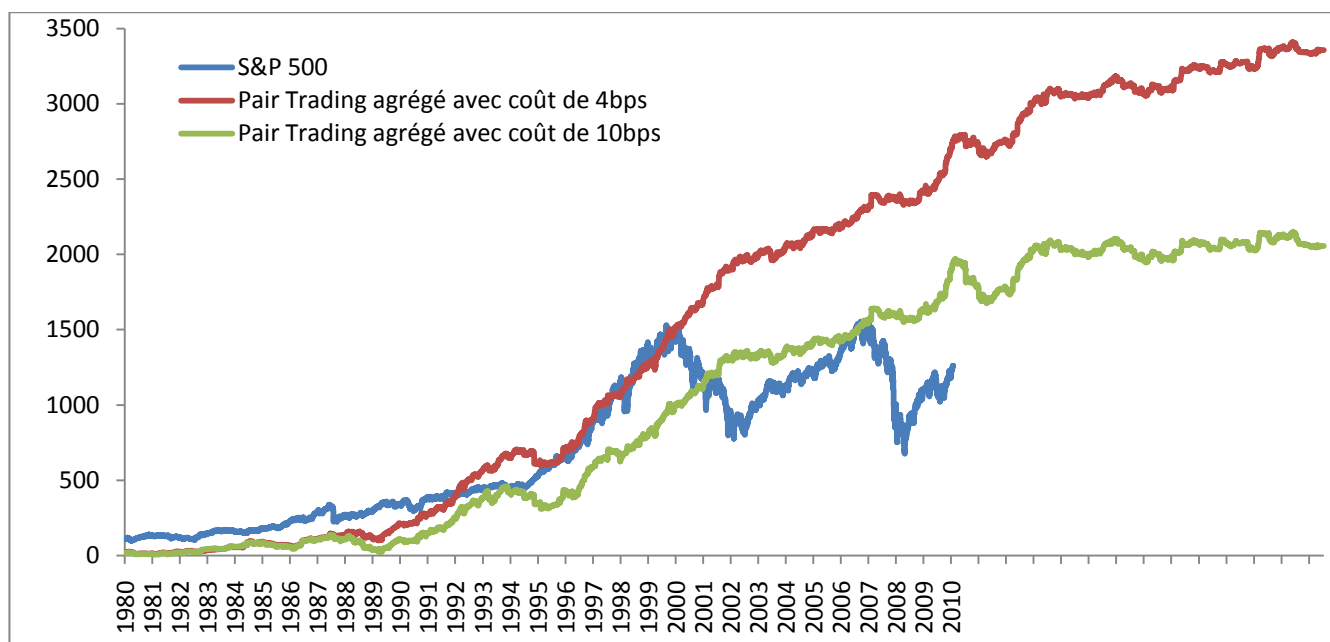


Figure 7 - S&P500 et P&L des stratégies

Les deux stratégies surperforment le benchmark qu'est l'indice du S&P500. On voit également l'incidence du nouveau de coût de transaction sur la performance d'une stratégie de pair trading.

Durant la crise, l'indice est très fortement dévalorisé alors que le P&L des stratégies croie faiblement ou reste égal. Il semblerait donc que le pair trading résiste à la crise financière de 2007. La stratégie est assez indépendante de l'indice S&P500. Donc on constate qu'en termes de volatilité, notre stratégie résiste bien à la crise financière (0,02 et 0,03 contre 0,31). Mais la crise financière a encore des impacts négatifs sur la performance de stratégie puisque les rendements moyens passent de 0,23 et 0,28 à 0,01 et 0).

	S&P500	Pair Trading (4 bps)	Pair Trading (10 bps)
Période totale			
Moyenne	0,10	0,21	0,25
Ecart Type	0,18	0,28	0,44
In-the-Sample (1980 à 2007)			
Moyenne	0,11	0,23	0,28
Ecart Type	0,17	0,30	0,46
Out-of-Sample (2008 à 2010)			
Moyenne	- 0,01	0,01	- 0,00
Ecart Type	0,31	0,02	0,03

Figure 8 - Récapitulatif des rendements des stratégies

Conclusion

En période de crise, lorsque les marchés sont particulièrement volatiles, la stratégie de Pair Trading permet d'obtenir un portefeuille aux rendements stables. Dans cette étude, nous avons vu que la stratégie de Pair Trading mise en œuvre permet de surperformer le marché en période haussière, baissière et même lors d'une crise financière. Il faut néanmoins noter que cette stratégie proposée peut être améliorée.

En effet, lors de la formation des paires, nous avons choisi de tester la cointégration à un niveau de confiance de 95%. Pour améliorer la qualité des paires sélectionnées, nous pourrions choisir un niveau de confiance plus élevé comme 99%. Il faudrait alors s'assurer que le nombre de paires sélectionnées reste suffisant pour mener une stratégie gagnante.

Ensuite le calage des paramètres pourrait être effectué plus régulièrement, sur des périodes plus courtes. Ici par soucis de simplicité nous avons calé notre modèle en utilisant des données historiques sur une période de 30 ans. De même nous utilisons des données journalières. Sur des périodes plus courtes comme 3 ans, nous pourrions nous permettre d'avoir recourt à des données plus fréquentes : niveau des prix par heure par exemple. Cela permettrait d'ajouter en précision.

Ce dernier point aurait également une influence sur les coûts de transaction. Nous avons vu que ces coûts ont un effet non négligeables sur la performance de notre stratégie. Allier des données plus fréquentes et les compétences d'une banque (trading à haute fréquence par exemple) mèneraient à coup sûr à une amélioration notable de la performance du portefeuille.

Mis à part ces axes d'amélioration, la stratégie de pair trading se révèle être une stratégie d'arbitrage statistique relativement sûre et rentable. Elle résiste également bien aux périodes de crises, ce qui est un avantage certain pour les investisseurs au vue du contexte économique actuel.

Bibliographie

- Alexander, Carol, Dimitriu, Anca (2002): "The Cointegration Alpha: Enhanced Index Tracking and Long-Short Equity Market Neutral Strategies", ISMA Finance Discussion Paper No. 2002-08
- Allan W. Gregory, Bruce E. Hansen (1996) "Residual-based tests for cointegration in models with regime shifts", *Journal of Econometrics* 70 (1996) 99- 126
- K. E. Bolgün, E. Kurun, S. Güven, (2010) "Dynamic Pairs Trading Strategy for the Companies Listed in the Istanbul Stock Exchange", The S.E.I.F Press
- Elliott, R., J. Van der Hoe and W. Malcolm, 2005, Pairs Trading, *Quantitative Finance* 5, (3), pp. 271-276.
- Engle, R. and B. Yoo, 1987, Forecasting and Testing in Co-integrated Systems, *Journal of Econometrics* 35, pp. 143-159
- Gatev E., N. Goetzmann, K. Geert Rouwenhorst (2006) "Pairs Trading: Performance of a Relative-Value Arbitrage Rule", *The Review of Financial Studies* / v 19 n 3 2006
- James H. Stock, Mark W. Watson (1993) "A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems", *Econometrica*, Vol. 61, No. 4 (Jul., 1993), pp. 783-820
- M. S. Perlin, (2008) "Evaluation of pairs-trading strategy at the Brazilian financial market", 2009 Palgrave Macmillan 1753-9641 *Journal of Derivatives & Hedge Funds* Vol. 15, 2, 122–136
- P. C. B. Phillips, S. Ouliaris (1990) "Asymptotic Properties of Residual Based Tests for Cointegration", *Econometrica*, Vol. 58, No. 1 (Jan., 1990), pp. 165-193
- Vidyamurthy, G., 2004, Pairs Trading, *Quantitative Methods and Analysis*, John Wiley & Sons, Canada

Annexe 1 – Macros VBA de trading

Macro de PNL

Cette partie consiste à sortir le PNL avec les paramètres choisis à l'entree

```
Option Explicit
Private Sub CommandButton1_Click()
Dim closes_data As String, closes_pv, i, j, k, tmp, ligne, n, t, cout, ttt
cout = 0.0001 * Range("_cout")
```

Vider les données et résultat précédent

```
With Worksheets("Sortie de PV")
.Range(.Range("_pv").Offset(0, 0), .Range("_pv").Offset(10000, 100)).Value = ""
End With
With Worksheets("Sortie de Data")
.Range(.Range("_data").Offset(0, 0), .Range("_data").Offset(10000, 100)).Value = ""
End With
With Worksheets("Sortie de PNL")
.Range(.Range("_pnl").Offset(0, 0), .Range("_pnl").Offset(10000, 100)).Value = ""
End With
With Worksheets("Sortie de VaR")
.Range(.Range("_var").Offset(0, 0), .Range("_var").Offset(50000, 100)).Value = ""
End With
```

Lire les données input:data and pv

```
Dim fin_date As Date
Dim start_date As Date
Dim current_date As Date
ReDim Var(1 To 60000) As Double
Dim indice_var As Double, trade_beg1, trade_beg2
indice_var = 0
start_date = Range("_debut_in_sample")
fin_date = Range("_fin_in_sample")
closes_data = Range("_repertoire").Value
closes_pv = Range("_repertoire").Offset(1, 0).Value
Dim l_data As Double, l_pv
i = 0
l_pv = 0
Dim tt As String
Open closes_pv For Input As #1
Do Until EOF(1)
Line Input #1, ligne
tmp = Split(ligne, ";")
If i = 0 Then
k = UBound(tmp)
ReDim PV(1 To 20000, 1 To k) As Double
ReDim date_pv(1 To UBound(PV)) As Date
ReDim pair(1 To UBound(PV, 2)) As String
For j = 1 To k
pair(j) = tmp(j)
```

```

    Next
    i = i + 1
Else
    ttt = Split(tmp(0), "/")
    current_date = DateSerial(ttt(2), ttt(1), ttt(0))
    If current_date > start_date And current_date < fin_Date Then
        l_pv = 1 + l_pv
        date_pv(i) = current_date
        For j = 1 To k
            If tmp(j) = "NA" Then
                PV(i, j) = 99999
            Else
                'tt = Replace(tmp(j), ",", ".")
                tt = Replace(tmp(j), ".", ",")
                PV(i, j) = tt
            End If
        Next
        i = i + 1
    End If
End If
Loop
Close #1
ReDim Preserve PV(1 To UBound(PV), 1 To k) As Double
ReDim Preserve pair(1 To k) As String
ReDim Preserve date_pv(1 To l_pv) As Date
If UBound(pair) < 150 Then
    With Worksheets("pv")
        .Range(.Range("_pv").Offset(0, 0), .Range("_pv").Offset(10000, 100)).Value = ""
        .Range(.Range("_pv").Offset(0, 1), .Range("_pv").Offset(0, UBound(pair))).Value = pair
        .Range(.Range("_pv").Offset(1, 0), .Range("_pv").Offset(l_pv, 0)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(date_pv)
        .Range(.Range("_pv").Offset(1, 1), .Range("_pv").Offset(l_pv, UBound(pair))).Value = PV
    End With
End If
i = 0
k = 0
l_data = 0
Open closes_data For Input As #1
Do Until EOF(1)
    Line Input #1, ligne
    tmp = Split(ligne, ";")
    If i = 0 Then
        k = UBound(tmp)
        ReDim Data(1 To 100000, 1 To k) As Double
        ReDim date_data(1 To UBound(Data)) As Date
        ReDim liste(1 To UBound(Data, 2)) As String
        Dim liste_collec As New Collection
        For j = 1 To k
            liste(j) = tmp(j)
            liste_collec.Add j, tmp(j)
        Next
        i = i + 1

```

```

Else
    ttt = Split(tmp(0), "/")
    current_date = DateSerial(ttt(2), ttt(1), ttt(0))
    If current_date > start_date And current_date < fin_Date And current_date > date_pv(1) Then
        l_data = l_data + 1
        date_data(l_data) = current_date
        For j = 1 To k
            If tmp(j) = "NA" Then
                Data(l_data, j) = 99999
            Else
                'tt = Replace(tmp(j), ",", ".")
                tt = Replace(tmp(j), ".", ",")
                Data(l_data, j) = tt
            End If
        Next
        i = i + 1
    End If
End If
Loop
Close #1
ReDim Preserve Data(1 To UBound(Data), 1 To k) As Double
ReDim Preserve liste(1 To k) As String
ReDim Preserve date_data(1 To l_data) As Date
If UBound(liste) < 150 Then
    With Worksheets("data")
        .Range(.Range("_data").Offset(0, 0), .Range("_data").Offset(10000, 100)).Value = ""
        .Range(.Range("_data").Offset(0, 1), .Range("_data").Offset(0, UBound(liste))).Value = liste
        .Range(.Range("_data").Offset(1, 0), .Range("_data").Offset(l_data, 0)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(date_data)
        .Range(.Range("_data").Offset(1, 1), .Range("_data").Offset(l_data, UBound(liste))).Value = Data
    End With
End If

```

Calculer les volatilités des stocks

```

ReDim vol(1 To l_data, 1 To UBound(Data, 2)) As Double
For i = 1 To UBound(vol, 2)
    ReDim r(20) As Double
    n = 0
    For j = 2 To UBound(vol)
        If Data(j, i) > 0 And Data(j - 1, i) > 0 And Data(j, i) <> 99999 And Data(j - 1, i) <> 99999 Then
            n = n + 1
            For k = 1 To UBound(r) - 1
                r(k) = r(k + 1)
            Next
            r(UBound(r)) = Data(j, i) / Data(j - 1, i) - 1
            If n >= UBound(r) Then
                vol(j, i) = vol_20j(r)
            End If
        End If
    Elseif j > 1 Then
        vol(j, i) = vol(j - 1, i)
    End If
Next

```

Next

Lancer la stratégie de trading

```
Dim p1 As Double, p2, p12, cd, cp, nb_signal, signal, pos1, pos2, trade1, trade2, seuil, stop_loss
seuil = Range("_seuil")
nb_signal = Range("_nb_signal")
stop_loss = Range("_stop_loss")
Dim cdate_data As Date, cdate_pv
ReDim pnl(1 To l_data, 1 To UBound(PV, 2) + 1) As Double
ReDim pnl_total(1 To l_data) As Double
p12 = 0
For p12 = 1 To UBound(pair)
    t = Split(pair(p12), " ")
    p1 = liste_collec(t(0))
    p2 = liste_collec(t(1))
    signal = 0
    pos1 = 0
    pos2 = 0
    trade1 = 0
    trade2 = 0
    cd = nb_signal + 1
    cdate_data = date_data(cd)
    For cp = 1 To l_pv - 1
        cdate_pv = date_pv(cp)
        If cp = 1 And cdate_data < cdate_pv Then
            Do Until cdate_data >= cdate_pv
                cd = cd + 1
                cdate_data = date_data(cd)
            Loop
        End If
        Do Until cdate_data > date_pv(cp + 1) Or cd >= l_data
            If PV(cp, p12) > 0.05 Then
                If pos1 <> 0 And is_nb(Data(cd, p1)) = 1 And is_nb(Data(cd, p2)) = 1 Then
                    pnl(cd, p12) = pos1 * (Data(cd, p1) / trade1 - 1) + pos2 * (Data(cd, p2) / trade2 - 1) - (Abs(pos1) + Abs(pos2)) * cout
                    indice_var = indice_var + 1
                    Var(indice_var) = (pos1 * (Data(cd, p1) / trade_beg1 - 1) + pos2 * (Data(cd, p2) / trade_beg2 - 1) - (Abs(pos1) + Abs(pos2)) * 2 * cout) / ((Abs(pos1) + Abs(pos2)) / 2)
                    trade_beg1 = 0
                    trade_beg2 = 0
                    trade1 = 0
                    trade2 = 0
                    pos1 = 0
                    pos2 = 0
                End If
                cd = cd + 1
                cdate_data = date_data(cd)
            Else
                If vol(cd, p1) > 0 And vol(cd, p2) > 0 And is_nb(Data(cd, p1)) = 1 And is_nb(Data(cd, p2)) = 1 And is_nb(Data(cd - nb_signal, p1)) = 1 And is_nb(Data(cd - nb_signal, p2)) = 1 Then
                    signal = (Data(cd, p1) / Data(cd - nb_signal, p1) - 1) / (Sqr(5) * vol(cd, p1)) - (Data(cd, p2) / Data(cd - nb_signal, p2) - 1) / (Sqr(5) * vol(cd, p2))
                End If
            End If
        Loop
    Next cp
Next p12
```

```

If Abs(signal) > seuil And pos1 = 0 And Abs(signal) < stop_loss Then '
    pos1 = -signal / vol(cd, p1)
    pos2 = signal / vol(cd, p2)
    trade_beg1 = Data(cd, p1)
    trade_beg2 = Data(cd, p2)
    trade1 = Data(cd, p1)
    trade2 = Data(cd, p2)
Elseif pos1 <> 0 And pos1 * signal < 0 Then
    pnl(cd, p12) = pos1 * (Data(cd, p1) / trade1 - 1) + pos2 * (Data(cd, p2) / trade2 - 1)
    trade1 = Data(cd, p1)
    trade2 = Data(cd, p2)
Elseif (pos1 <> 0 And pos1 * signal > 0) Or (pos1 <> 0 And pos1 * signal < 0 And Abs(signal) >
stop_loss) Then '
    pnl(cd, p12) = pos1 * (Data(cd, p1) / trade1 - 1) + pos2 * (Data(cd, p2) / trade2 - 1) - (Abs(pos1) +
Abs(pos2)) * cout
    indice_var = indice_var + 1
    Var(indice_var) = (pos1 * (Data(cd, p1) / trade_beg1 - 1) + pos2 * (Data(cd, p2) / trade_beg2 - 1) -
(Abs(pos1) + Abs(pos2)) * 2 * cout) / ((Abs(pos1) + Abs(pos2)) / 2)
    trade_beg1 = 0
    trade_beg2 = 0
    trade1 = 0
    trade2 = 0
    pos1 = 0
    pos2 = 0
End If
End If
cd = cd + 1
cdate_data = date_data(cd)
End If
Loop
Next
Next
ReDim Preserve Var(1 To indice_var) As Double

```

Calculer les PNL

```

For i = 1 To l_data
    n = pnl(i, 1)
    For j = 2 To UBound(PV, 2)
        n = pnl(i, j) + n
    Next
    pnl(i, UBound(pnl, 2)) = n
    pnl_total(i) = n
Next
ReDim pnl_cum(1 To UBound(pnl), 1 To UBound(pnl, 2)) As Double
ReDim pnl_total_cum(1 To UBound(pnl)) As Double
For i = 1 To UBound(pnl)
    For j = 1 To UBound(pnl, 2)
        If i = 1 Then
            pnl_cum(i, j) = pnl(i, j)
            pnl_total_cum(i) = pnl_total_cum(i)
        Else
            pnl_cum(i, j) = pnl_cum(i - 1, j) + pnl(i, j)
        End If
    Next
Next

```

```

        pnl_total_cum(i) = pnl_total_cum(i - 1) + pnl_total(i)
    End If
Next
Next

```

```

Dim jj As Double
ReDim nb_non_nul(1 To UBound(pnl, 2)) As Double
For jj = 1 To UBound(pnl, 2)
    nb_non_nul(jj) = count_non_nul(pnl, jj)
Next

```

Sortir les résultats

```

Dim s As Double
s = sharpe_j(pnl, UBound(pnl, 2))
If UBound(pair) < 200 Then
    With Worksheets("pnl")
        .Range(.Range("_pnl").Offset(0, 0), .Range("_pnl").Offset(65000, 150)).Value = ""
        .Range("_pnl") = s
        .Range(.Range("_pnl").Offset(0, 1), .Range("_pnl").Offset(0, UBound(pair))).Value = pair
        .Range("_pnl").Offset(0, UBound(pair) + 1) = "Total"
        .Range(.Range("_pnl").Offset(1, 0), .Range("_pnl").Offset(l_data, 0)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(date_data)
        .Range(.Range("_pnl").Offset(1, 1), .Range("_pnl").Offset(l_data, UBound(pnl, 2))).Value = pnl_cum
        .Range(.Range("_pnl").Offset(l_data + 1, 1), .Range("_pnl").Offset(l_data + 1, UBound(pnl, 2))).Value =
nb_non_nul
    End With
Else
    With Worksheets("pnl")
        .Range(.Range("_pnl").Offset(0, 0), .Range("_pnl").Offset(65000, 150)).Value = ""
        .Range("_pnl") = s
        .Range("_pnl").Offset(0, 1) = "Total_journalier"
        .Range("_pnl").Offset(0, 2) = "Total_cumule"
        .Range(.Range("_pnl").Offset(1, 0), .Range("_pnl").Offset(l_data, 0)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(date_data)
        .Range(.Range("_pnl").Offset(1, 1), .Range("_pnl").Offset(l_data, 1)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(pnl)
        .Range(.Range("_pnl").Offset(1, 2), .Range("_pnl").Offset(l_data, 2)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(pnl_total_cum)
    End With
End If
With Worksheets("var")
    .Range(.Range("_var").Offset(1, 0), .Range("_var").Offset(indice_var, 0)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(Var)
End With
End Sub

```

Macro d'Analyse

Cette partie consiste à sortir le tableau d'analyse avec les différentes valeurs de paramètres choisis. Il permet de choisir le meilleur couple de paramètres pour chaque secteur.

```
Private Sub CommandButton2_Click()
```

```
Dim closes_data As String, closes_pv, i, j, k, tmp, ligne, n, t, cout
cout = 0.0001 * Range("_cout")
```

Vider les données et résultat précédent

```
With Worksheets("pv")
    .Range(.Range("_pv").Offset(0, 0), .Range("_pv").Offset(10000, 100)).Value = ""
End With
With Worksheets("data")
    .Range(.Range("_data").Offset(0, 0), .Range("_data").Offset(10000, 100)).Value = ""
End With
With Worksheets("analyse")
    .Range(.Range("_analyse").Offset(1, 1), .Range("_analyse").Offset(10000, 100)).Value = ""
End With
```

Lire les données input:data and pv

```
Dim fin_Date As Date
Dim start_date As Date
start_date = Range("_debut_in_sample")
fin_Date = Range("_fin_in_sample")
closes_data = Range("_repertoire").Value
closes_pv = Range("_repertoire").Offset(1, 0).Value
Dim l_data As Double, l_pv
i = 0
l_pv = 0
Dim tt As String
Open closes_pv For Input As #1
Do Until EOF(1)
    Line Input #1, ligne
    tmp = Split(ligne, ";")
    If i = 0 Then
        k = UBound(tmp)
        ReDim PV(1 To 20000, 1 To k) As Double
        ReDim date_pv(1 To UBound(PV)) As Date
        ReDim pair(1 To UBound(PV, 2)) As String
        For j = 1 To k
            pair(j) = tmp(j)
        Next
        i = i + 1
    End If
    If i > 0 And tmp(0) > start_date And tmp(0) < fin_Date Then
        l_pv = 1 + l_pv
        date_pv(i) = tmp(0)
        For j = 1 To k
            If tmp(j) = "NA" Then
                PV(i, j) = 99999
            Else
                'tt = Replace(tmp(j), ",", ".")
                tt = Replace(tmp(j), ".", ",")
                PV(i, j) = tt
            End If
        Next
        i = i + 1
    End If
```

```

    End If
  Loop
Close #1
ReDim Preserve PV(1 To UBound(PV), 1 To k) As Double
ReDim Preserve pair(1 To k) As String
ReDim Preserve date_pv(1 To l_pv) As Date
If UBound(pair) < 150 Then
  With Worksheets("pv")
    .Range(.Range("_pv").Offset(0, 0), .Range("_pv").Offset(10000, 100)).Value = ""
    .Range(.Range("_pv").Offset(0, 1), .Range("_pv").Offset(0, UBound(pair))).Value = pair
    .Range(.Range("_pv").Offset(1, 0), .Range("_pv").Offset(l_pv, 0)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(date_pv)
    .Range(.Range("_pv").Offset(1, 1), .Range("_pv").Offset(l_pv, UBound(pair))).Value = PV
  End With
End If
i = 0
k = 0
l_data = 0
Open closes_data For Input As #1
  Do Until EOF(1)
    Line Input #1, ligne
    tmp = Split(ligne, ";")
    If i = 0 Then
      k = UBound(tmp)
      ReDim Data(1 To 100000, 1 To k) As Double
      ReDim date_data(1 To UBound(Data)) As Date
      ReDim liste(1 To UBound(Data, 2)) As String
      Dim liste_collec As New Collection
      For j = 1 To k
        liste(j) = tmp(j)
        liste_collec.Add j, tmp(j)
      Next
      i = i + 1
    End If
    If i > 0 And tmp(0) > start_date And tmp(0) < fin_Date And tmp(0) > date_pv(1) Then
      l_data = l_data + 1
      date_data(l_data) = tmp(0)
      For j = 1 To k
        If tmp(j) = "NA" Then
          Data(l_data, j) = 99999
        Else
          'tt = Replace(tmp(j), ",", ".")
          tt = Replace(tmp(j), ".", ",")
          Data(l_data, j) = tt
        End If
      Next
      i = i + 1
    End If
  Loop
Close #1
ReDim Preserve Data(1 To UBound(Data), 1 To k) As Double
ReDim Preserve liste(1 To k) As String

```

```

ReDim Preserve date_data(1 To l_data) As Date
If UBound(liste) < 150 Then
  With Worksheets("data")
    .Range(.Range("_data").Offset(0, 0), .Range("_data").Offset(10000, 100)).Value = ""
    .Range(.Range("_data").Offset(0, 1), .Range("_data").Offset(0, UBound(liste))).Value = liste
    .Range(.Range("_data").Offset(1, 0), .Range("_data").Offset(l_data, 0)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(date_data)
    .Range(.Range("_data").Offset(1, 1), .Range("_data").Offset(l_data, UBound(liste))).Value = Data
  End With
End If

```

Calculer les volatilités des stocks

```

ReDim vol(1 To l_data, 1 To UBound(Data, 2)) As Double
For i = 1 To UBound(vol, 2)
  ReDim r(20) As Double
  n = 0
  For j = 2 To UBound(vol)
    If Data(j, i) > 0 And Data(j - 1, i) > 0 And Data(j, i) <> 99999 And Data(j - 1, i) <> 99999 Then
      n = n + 1
      For k = 1 To UBound(r) - 1
        r(k) = r(k + 1)
      Next
      r(UBound(r)) = Data(j, i) / Data(j - 1, i) - 1
      If n >= UBound(r) Then
        vol(j, i) = vol_20j(r)
      End If
    ElseIf j > 1 Then
      vol(j, i) = vol(j - 1, i)
    End If
  Next
Next

```

Définir les tableaux de paramètres

```

Dim p1 As Double, p2, p12, cd, cp, nb_signal, signal, pos1, pos2, trade1, trade2, seuil, indice_nb_signal,
indice_seuil
ReDim list_nb_signal(1 To 5) As Double
list_nb_signal(1) = 1
list_nb_signal(2) = 2
list_nb_signal(3) = 5
list_nb_signal(4) = 10
list_nb_signal(5) = 20
ReDim list_seuil(1 To 5) As Double
list_seuil(1) = 0.2
list_seuil(2) = 0.5
list_seuil(3) = 1
list_seuil(4) = 1.5
list_seuil(5) = 2
ReDim analyse(1 To UBound(list_nb_signal), 1 To UBound(list_seuil)) As Double

```

Lancer la stratégie de trading

```

Dim cdate_data As Date, cdate_pv
For indice_nb_signal = 1 To UBound(list_nb_signal)

```

```

nb_signal = list_nb_signal(indice_nb_signal)
For indice_seuil = 1 To UBound(list_seuil)
    seuil = list_seuil(indice_seuil)
    ReDim pnl(1 To l_data, 1 To UBound(PV, 2) + 1) As Double
    ReDim pnl_total(1 To l_data) As Double
    p12 = 0
    For p12 = 1 To UBound(pair)
        t = Split(pair(p12), " ")
        p1 = liste_collec(t(0))
        p2 = liste_collec(t(1))
        signal = 0
        pos1 = 0
        pos2 = 0
        trade1 = 0
        trade2 = 0
        cd = nb_signal + 1
        cdate_data = date_data(cd)
        For cp = 1 To l_pv - 1
            cdate_pv = date_pv(cp)
            If cp = 1 And cdate_data < cdate_pv Then
                Do Until cdate_data >= cdate_pv
                    cd = cd + 1
                    cdate_data = date_data(cd)
                Loop
            End If
            Do Until cdate_data > date_pv(cp + 1) Or cd >= l_data
                If PV(cp, p12) > 0.05 Then
                    If pos1 <> 0 And is_nb(Data(cd, p1)) = 1 And is_nb(Data(cd, p2)) = 1 Then
                        pnl(cd, p12) = pos1 * (Data(cd, p1) / trade1 - 1) + pos2 * (Data(cd, p2) / trade2 - 1) - (Abs(pos1) +
Abs(pos2)) * cout
                        trade1 = 0
                        trade2 = 0
                        pos1 = 0
                        pos2 = 0
                    End If
                    cd = cd + 1
                    cdate_data = date_data(cd)
                Else
                    If vol(cd, p1) > 0 And vol(cd, p2) > 0 And is_nb(Data(cd, p1)) = 1 And is_nb(Data(cd, p2)) = 1 And
is_nb(Data(cd - nb_signal, p1)) = 1 And is_nb(Data(cd - nb_signal, p2)) = 1 Then
                        signal = (Data(cd, p1) / Data(cd - nb_signal, p1) - 1) / (Sqr(5) * vol(cd, p1)) - (Data(cd, p2) /
Data(cd - nb_signal, p2) - 1) / (Sqr(5) * vol(cd, p2))
                        If Abs(signal) > seuil And pos1 = 0 Then
                            pos1 = -signal / vol(cd, p1)
                            pos2 = signal / vol(cd, p2)
                            trade1 = Data(cd, p1)
                            trade2 = Data(cd, p2)
                        ElseIf pos1 <> 0 And pos1 * signal < 0 Then
                            pnl(cd, p12) = pos1 * (Data(cd, p1) / trade1 - 1) + pos2 * (Data(cd, p2) / trade2 - 1)
                            trade1 = Data(cd, p1)
                            trade2 = Data(cd, p2)
                        ElseIf pos1 <> 0 And pos1 * signal > 0 Then

```

```

        pnl(cd, p12) = pos1 * (Data(cd, p1) / trade1 - 1) + pos2 * (Data(cd, p2) / trade2 - 1) - (Abs(pos1)
+ Abs(pos2)) * cout
        trade1 = 0
        trade2 = 0
        pos1 = 0
        pos2 = 0
    End If
End If
cd = cd + 1
cdate_data = date_data(cd)
End If
Loop
Next
Next
For i = 1 To l_data
    pnl_total(i) = pnl(i, 1)
    For j = 2 To UBound(PV, 2)
        pnl_total(i) = pnl(i, j) + pnl_total(i)
    Next
Next
Next
analyse(indice_nb_signal, indice_seuil) = sharpe(pnl_total)
Next
Next

```

Sortir les résultats: le tableau d'analyse de Sharpe ratio avec différents paramètres

```

With Worksheets("analyse")
    .Range(.Range("_analyse").Offset(0, 0), .Range("_analyse").Offset(10000, 100)).Value = ""
    .Range(.Range("_analyse").Offset(0, 1), .Range("_analyse").Offset(0, UBound(list_seuil))).Value = list_seuil
    .Range(.Range("_analyse").Offset(1, 0), .Range("_analyse").Offset(UBound(list_nb_signal), 0)).Value =
WorksheetFunction.Transpose(list_nb_signal)
    .Range(.Range("_analyse").Offset(1, 1), .Range("_analyse").Offset(UBound(list_nb_signal),
UBound(list_seuil))).Value = analyse
End With
End Sub

```

Fonctions annexes

Vol_20j permet de calculer la volatilité du rendement des 20 jours passés

```

Function vol_20j(x() As Double)
Dim i As Integer, m, sq
m = 0
For i = 1 To 20
    m = m + x(i)
Next
m = m / 20
sq = 0
For i = 1 To 20
    sq = sq + (x(i) - m) ^ 2
Next
vol_20j = Sqr(sq / 19)
End Function

```

is_nb indique si la valeur rentré est un nombre valable et positif

```
Function is_nb(x As Double)
If x > 0 And x <> 99999 Then
  is_nb = 1
Else
  is_nb = 0
End If
End Function
```

Sharpe permet de calculer le Sharpe ratio d'un PNL donné

```
Function sharpe(pnl() As Double)
Dim i As Double, m, std
m = 0
For i = 1 To UBound(pnl)
  m = m + pnl(i)
Next
m = m / UBound(pnl)
std = 0
For i = 1 To UBound(pnl)
  std = std + (pnl(i) - m) ^ 2
Next
If std = 0 Then
  sharpe = 0
Else
  sharpe = Sqr(252) * m / Sqr(std / (UBound(pnl) - 1))
End If
End Function
```

Sharpe_j permet de calculer le Sharpe ratio de PNL j

```
Function sharpe_j(pnl() As Double, j As Double)
Dim i As Double, m, std
m = 0
For i = 1 To UBound(pnl)
  m = m + pnl(i, j)
Next
m = m / UBound(pnl)
std = 0
For i = 1 To UBound(pnl)
  std = std + (pnl(i, j) - m) ^ 2
Next
If std = 0 Then
  sharpe_j = 0
Else
  sharpe_j = Sqr(252) * m / Sqr(std / (UBound(pnl) - 1))
End If
End Function
```

count_non_nul permet de calculer le nombre de valeur non nul dans le PNL k

```
Function count_non_nul(pnl() As Double, k As Double)
Dim n As Double, j
n = 0
For j = 1 To UBound(pnl)
```

```

If pnl(j, k) <> 0 Then
  n = n + 1
End If
Next
count_non_nul = n
End Function

```

Annexe 2 – Code R - test de cointégration

```

library(zoo)
library(tseries)

```

LISTE DES STOCKS & NOM DU SECTEUR

```

liste<-c("AFL","ALL","AXP","AIG","AMP","AON","AIV","AIZ","AVB","BAC","VTR","VNO","WFC","XL","ZION")
secteur<-"Financials"

```

DATE DEBUT (Mois-1, Jour, Annee) & DATE FIN (Mois-1, Jour, Annee)

```

staa<-"00"
stab<-"1"
stac<-"1960"
endd<-"11"
ende<-"31"
endf<-"2010"

```

LONGUEUR DES ECHANTILLONS POUR TEST & ESPACEMENT ENTRE LES TESTS

```

lofsample<-252
lofmois<-21

```

DOSSIER DE DESTINATION

```

dossier<-"C:/Users/Carole/Documents/HEC/3/Mémoire/Data/"

```

```

nvar<-length(liste)
donnee=list()
length(donnee)<-length(liste)
for (i in 1:length(liste)){
instrum<-liste[i]
url<-
paste("http://ichart.finance.yahoo.com/table.csv?s=",instrum,"&a=",staa,"&b=",stab,"&c=",stac,"&d=",endd,"&
e=",ende,"&f=",endf,"&g=d&ignore=.csv",sep="")
file<-paste(dossier,instrum,".csv",sep="")
download.file(url,file)
source<-read.csv(file, header=TRUE,sep="," )
source<-zoo(source[,7], as.Date(source[,1]))
donnee[[i]]<-source}
pvalue=list()
statistic=list()
length(pvalue)<-nvar*(nvar-1)/2
length(statistic)<-nvar*(nvar-1)/2
x<-ts(matrix(0,lofsample,2))
colon=list()

```

```

length(colon)<-nvar*(nvar-1)/2
dates=list()
length(dates)<-nvar*(nvar-1)/2
n<-1
for (i in 1:(nvar-1)){
  for (j in (i+1):nvar){
ddata<-merge(donnee[[i]],donnee[[j]],all=FALSE)
colon[[n]]<-paste(liste[i],liste[j])
print(colon[[n]])
ndate<-length(ddata[,1])
ncal<-floor((ndate-lofsample)/lofmois)-1
pvalue[[n]]<-matrix(0,ncal,2)
statistic[[n]]<-matrix(0,ncal,2)
  for (k in 1:ncal){
    for (l in (k*lofmois):(k*lofmois+lofsample-1)){
      x[l-(k*lofmois)+1,1]<-ddata[l,1]
      x[l-(k*lofmois)+1,2]<-ddata[l,2]
      z<-po.test(x)
      pvalue[[n]][k,2]<-z$p.value
      pvalue[[n]][k,1]<-paste(index(ddata[k*lofmois+lofsample-1]))
    }
    rm(ddata)
    n<-n+1}}

```

FICHER CONTENANT LES DONNEES BRUT (VALEURS DES STOCKS)

```

donneedate=list()
length(donneedate)<-nvar
for (i in 1:nvar){
  donneedate[[i]]<-matrix(,length(donnee[[i]]),2)
  for (j in 1:length(donnee[[i]])){
    donneedate[[i]][j,1]<-paste(index(donnee[[i]][j,1]))
    donneedate[[i]][j,2]<-donnee[[i]][j,1] }
  colnames(donneedate[[i]])<-c("date",liste[i] )
alldonnee<-merge(donnee[[1]],donnee[[2]],all=TRUE)
for (i in 3:nvar){
alldonnee<-merge(alldonnee,donnee[[i]],all=TRUE)}
colnames(alldonnee)<-c(liste)
alldata = as.matrix(alldonnee)
write.table(alldata, file = paste(dossier,secteur,"_data.csv",sep=""),sep = ";")

```

FICHER CONTENANT LES RESULTATS DES TESTS (P-VALUE)

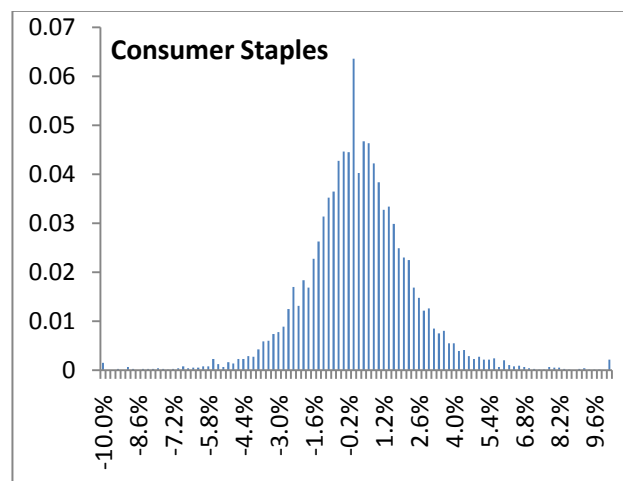
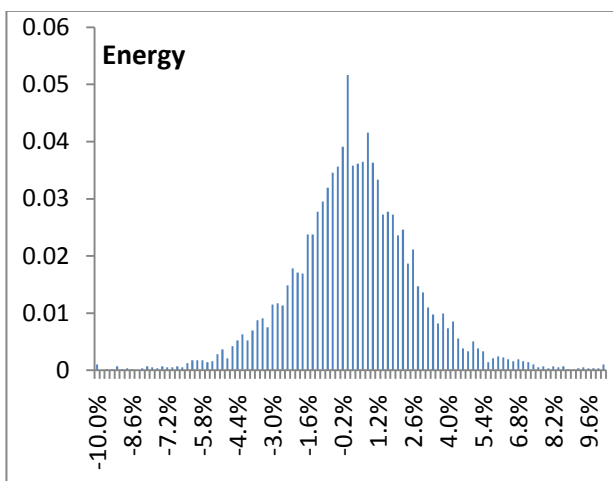
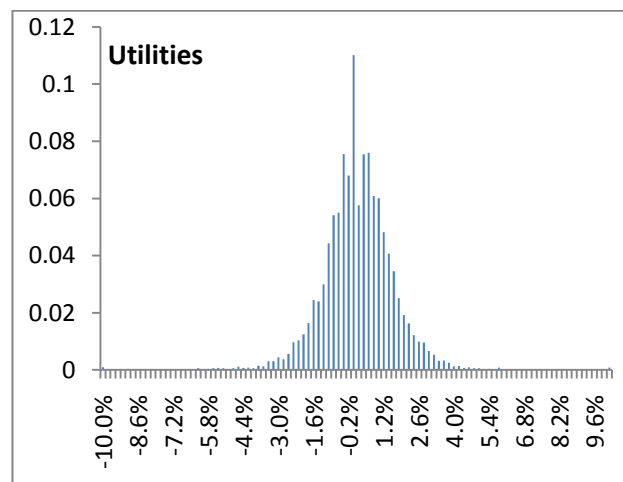
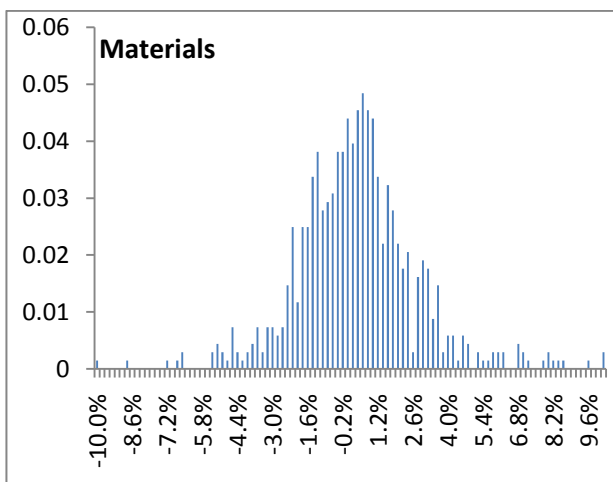
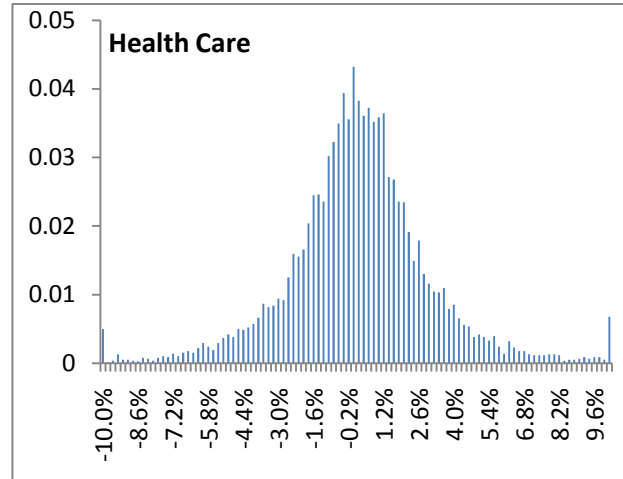
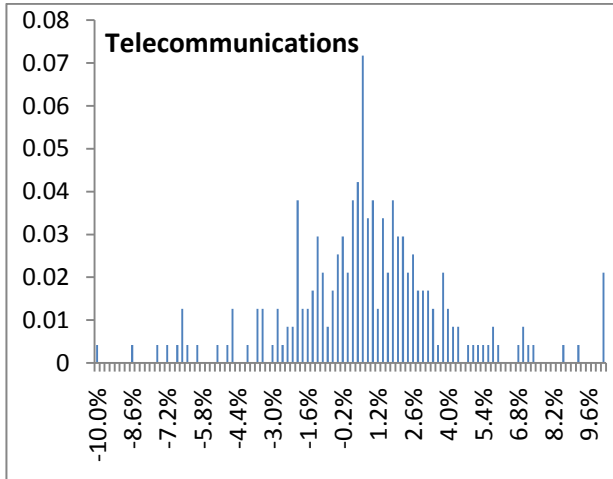
```

resultpv<-matrix(,length(alldonnee[,1]),1)
for (i in 1:length(alldonnee[,1])){
resultpv[i,1]<-paste(index(alldonnee[i,1]))}
colnames(resultpv)<-c("date")
for (i in 2:(nvar*(nvar-1)/2)){
  colnames(pvalue[[i]])<-c("date",colon[[i]])
  resultpv<-merge(resultpv,pvalue[[i]],by = "date",all=TRUE)}
write.table(resultpv, file = paste(dossier,secteur,"_pv.csv",sep=""),sep = ";")

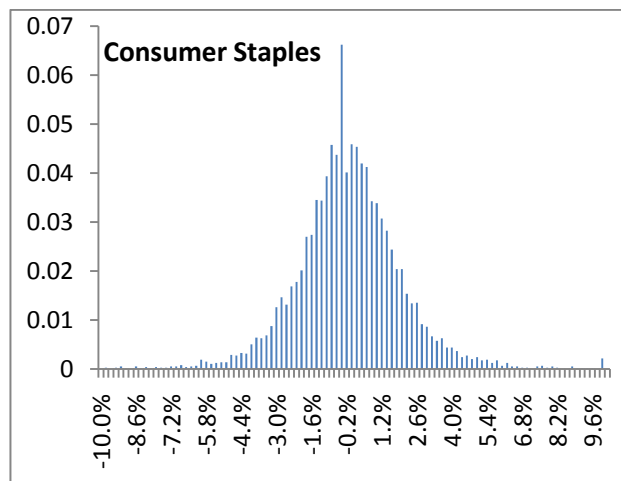
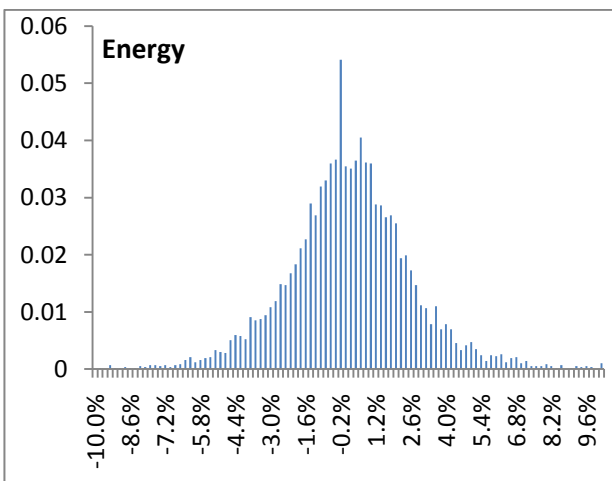
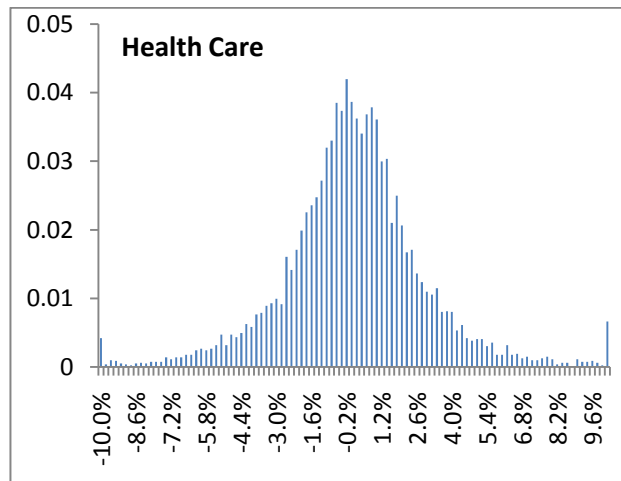
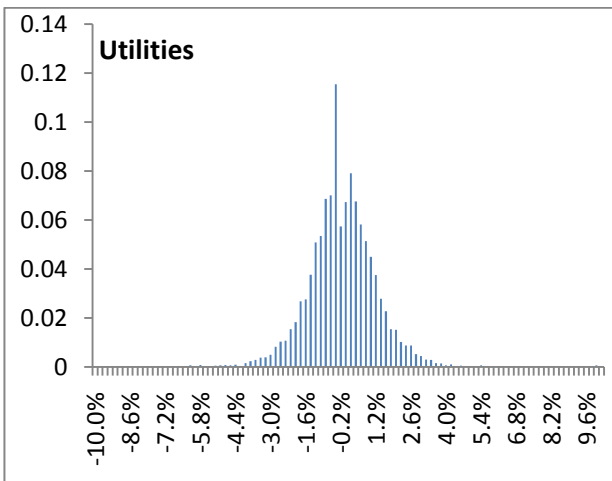
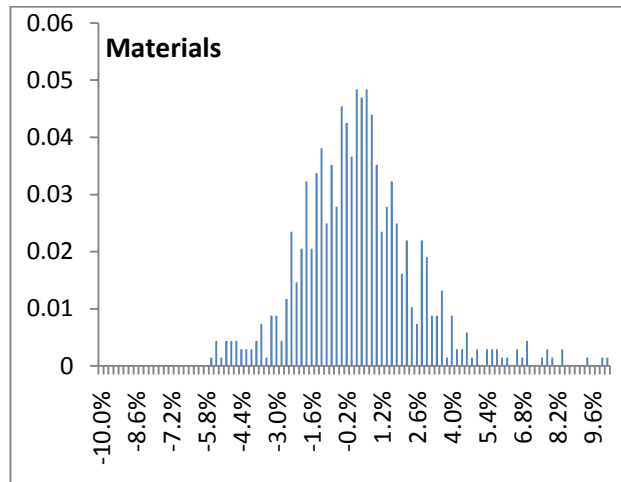
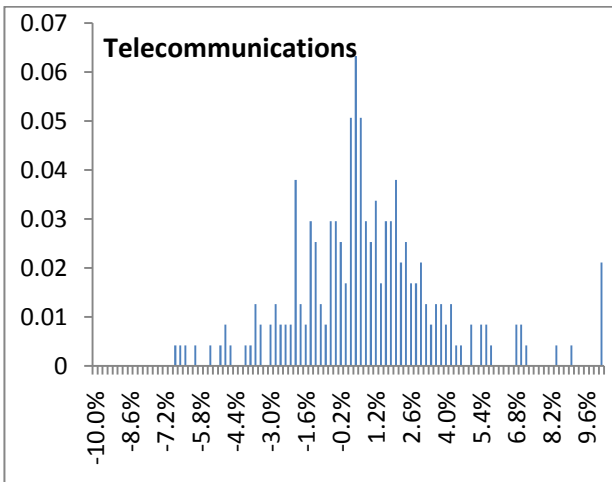
```

Annexe 3 – Distributions des rendements

Coût de transaction de 4bps



Coût de transaction de 10bps



Annexe 4 – Liste des stocks du S&P500

Consumer Discretionary

ANF	Abercrombie & Fitch Company A	LOW	Lowe's Cos.
AMZN	Amazon.com Inc	M	Macy's Inc.
APOL	Apollo Group Inc	MAR	Marriott Int'l.
AN	AutoNation Inc	MAT	Mattel Inc.
AZO	AutoZone Inc	MCD	McDonald's Corp.
BBBY	Bed Bath & Beyond	MHP	McGraw-Hill
BBY	Best Buy Co. Inc.	NWL	Newell Rubbermaid Co.
BIG	Big Lots Inc.	NWSA	News Corporation
HRB	Block H&R	NKE	NIKE Inc.
CVC	Cablevision Systems Corp.	JWN	Nordstrom
KMX	Carmax Inc	ORLY	O'Reilly Automotive
CCL	Carnival Corp.	OMC	Omnicom Group
CBS	CBS Corp.	JCP	Penney (J.C.)
COH	Coach Inc.	RL	Polo Ralph Lauren Corp.
CMCSA	Comcast Corp.	PHM	Pulte Homes Inc.
DHI	D. R. Horton	RSH	RadioShack Corp
DRI	Darden Restaurants	ROST	Ross Stores Inc.
DV	DeVry, Inc.	SNI	Scripps Networks Interactive Inc.
DTV	DirectTV	SHLD	Sears Holdings Corporation
DISCA	Discovery Communications	SHW	Sherwin-Williams
EXPE	Expedia Inc.	SNA	Snap-On Inc.
FDO	Family Dollar Stores	SWK	Stanley Black & Decker
F	Ford Motor	SPLS	Staples Inc.
FO	Fortune Brands Inc.	SBUX	Starbucks Corp.
GME	GameStop Corp.	HOT	Starwood Hotels & Resorts
GCI	Gannett Co.	TGT	Target Corp.
GPS	Gap (The)	TIF	Tiffany & Co.
GPC	Genuine Parts	TWX	Time Warner Inc.
GT	Goodyear Tire & Rubber	TWC	Time Warner Cable Inc.
HOG	Harley-Davidson	TJX	TJX Companies Inc.
HAR	Harman Int'l Industries	URBN	Urban Outfitters
HAS	Hasbro Inc.	VFC	V.F. Corp.
HD	Home Depot	VIAb	Viacom Inc.
IGT	International Game Technology	DIS	Walt Disney Co.
IPG	Interpublic Group	WPO	Washington Post Co B
JCI	Johnson Controls	WHR	Whirlpool Corp.
KSS	Kohl's Corp.	WYN	Wyndham Worldwide
LEG	Leggett & Platt	WYNN	Wynn Resorts Ltd
LEN	Lennar Corp.	YUM	Yum! Brands Inc
LTD	Limited Brands Inc.		

Consumer Staples

MO	Altria Group Inc	KFT	Kraft Foods Inc-A
ADM	Archer-Daniels-Midland Co	KR	Kroger Co.
AVP	Avon Products	LO	Lorillard Inc.
BFb	Brown-Forman Corporation	MKC	McCormick & Co.
CPB	Campbell Soup	MJN	Mead Johnson
CLX	Clorox Co.	TAP	Molson Coors Brewing Company
KO	Coca Cola Co.	PEP	PepsiCo Inc.
CCE	Coca-Cola Enterprises	PM	Philip Morris International
CL	Colgate-Palmolive	PG	Procter & Gamble
CAG	ConAgra Foods Inc.	RAI	Reynolds American Inc.
STZ	Constellation Brands	SWY	Safeway Inc.
COST	Costco Co.	SLE	Sara Lee Corp.
CVS	CVS Caremark Corp.	SJM	Smucker (J.M.)
DF	Dean Foods	SVU	Supervalu Inc.
DPS	Dr Pepper Snapple Group	SY	Sysco Corp.
EL	Estee Lauder Cos.	HSY	The Hershey Company
GIS	General Mills	TSN	Tyson Foods
HNZ	Heinz (H.J.)	WMT	Wal-Mart Stores
HRL	Hormel Foods Corp.	WAG	Walgreen Co.
K	Kellogg Co.	WFMI	Whole Foods Market
KMB	Kimberly-Clark		

Energy

APC	Anadarko Petroleum Corp	MEE	Massey Energy Company
APA	Apache Corporation	MUR	Murphy Oil
BHI	Baker Hughes Inc	NBR	Nabors Industries Ltd.
COG	Cabot Oil & Gas	NOV	National Oilwell Varco Inc.
CAM	Cameron International Corp.	NFX	Newfield Exploration Co
CHK	Chesapeake Energy	NE	Noble Corp
CVX	Chevron Corp.	NBL	Noble Energy Inc
COP	ConocoPhillips	OXY	Occidental Petroleum
CNX	CONSOL Energy Inc.	BTU	Peabody Energy
DNR	Denbury Resources Inc.	PXD	Pioneer Natural Resources
DVN	Devon Energy Corp.	RRC	Range Resources Corp.
DO	Diamond Offshore Drilling	RDC	Rowan Cos.
EP	El Paso Corp.	SLB	Schlumberger Ltd.
EOG	EOG Resources	SWN	Southwestern Energy
XOM	Exxon Mobil Corp.	SE	Spectra Energy Corp.
FTI	FMC Technologies Inc.	SUN	Sunoco Inc.
HAL	Halliburton Co.	TSO	Tesoro Petroleum Co.
HP	Helmerich & Payne	VLO	Valero Energy
HES	Hess Corporation	WMB	Williams Cos.
MRO	Marathon Oil Corp.		

Financials

ACE	ACE Limited	IVZ	Invesco Ltd.
AFL	AFLAC Inc	JNS	Janus Capital Group
ALL	Allstate Corp	JPM	JPMorgan Chase & Co.
AXP	American Express Co	KEY	KeyCorp
AIG	American Intl Group Inc	KIM	Kimco Realty
AMP	Ameriprise Financial	LM	Legg Mason
AON	Aon Corporation	LUK	Leucadia National Corp.
AIV	Apartment Investment & Mgmt	LNC	Lincoln National
AIZ	Assurant Inc	L	Loews Corp.
AVB	AvalonBay Communities Inc	MTB	M&T Bank Corp.
BAC	Bank of America Corp	MMC	Marsh & McLennan
BK	The Bank of New York Mellon Corp.	MI	Marshall & Ilsley Corp.
BBT	BB&T Corporation	MET	MetLife Inc.
BRKb	Berkshire Hathaway	MCO	Moody's Corp
BLK	Blackrock	MS	Morgan Stanley
BXP	Boston Properties	NDAQ	NASDAQ OMX Group
COF	Capital One Financial	NTRS	Northern Trust Corp.
CBG	CB Richard Ellis Group	NYX	NYSE Euronext
SCHW	Charles Schwab	PBCT	People's United Bank
CB	Chubb Corp.	PCL	Plum Creek Timber Co.
CINF	Cincinnati Financial	PNC	PNC Financial Services
C	Citigroup Inc.	PFG	Principal Financial Group
CME	CME Group Inc.	PGR	Progressive Corp.
CMA	Comerica Inc.	PLD	ProLogis
DFS	Discover Financial Services	PRU	Prudential Financial
ETFC	E-Trade	PSA	Public Storage
EFX	Equifax Inc.	RF	Regions Financial Corp.
EQR	Equity Residential	SPG	Simon Property Group Inc
FII	Federated Investors Inc.	SLM	SLM Corporation
FITB	Fifth Third Bancorp	STT	State Street Corp.
FHN	First Horizon National	STI	SunTrust Banks
BEN	Franklin Resources	TROW	T. Rowe Price Group
GNW	Genworth Financial Inc.	TRV	The Travelers Companies Inc.
GS	Goldman Sachs Group	TMK	Torchmark Corp.
HIG	Hartford Financial Svc.Gp.	USB	U.S. Bancorp
HCP	HCP Inc.	UNM	Unum Group
HCN	Health Care REIT	VTR	Ventas Inc
HST	Host Hotels & Resorts	VNO	Vornado Realty Trust
HCBK	Hudson City Bancorp	WFC	Wells Fargo
HBAN	Huntington Bancshares	XL	XL Capital
ICE	IntercontinentalExchange Inc.	ZION	Zions Bancorp

Industrials

MMM	3M Co	JEC	Jacobs Engineering Group
APH	Amphenol Corp A	JOYG	Joy Global Inc.
AVY	Avery Dennison Corp	LLL	L-3 Communications Holdings
BA	Boeing Company	LMT	Lockheed Martin Corp.
CHRW	C. H. Robinson Worldwide	MAS	Masco Corp.
CAT	Caterpillar Inc.	MWW	Monster Worldwide
CTAS	Cintas Corporation	NSC	Norfolk Southern Corp.
GLW	Corning Inc.	NOC	Northrop Grumman Corp.
CSX	CSX Corp.	PCAR	PACCAR Inc.
CMI	Cummins Inc.	IR	Ingersoll-Rand PLC
DHR	Danaher Corp.	PLL	Pall Corp.
DE	Deere & Co.	PH	Parker-Hannifin
RRD	Donnelley (R.R.) & Sons	PBI	Pitney-Bowes
DOV	Dover Corp.	PCP	Precision Castparts
DNB	Dun & Bradstreet	PCLN	Priceline.com Inc
ETN	Eaton Corp.	PWR	Quanta Services Inc.
EMR	Emerson Electric	RTN	Raytheon Co.
EXPD	Expeditors Int'l	RSG	Republic Services Inc
FAST	Fastenal Co	RHI	Robert Half International
FDX	FedEx Corporation	ROK	Rockwell Automation Inc.
FSLR	First Solar Inc	COL	Rockwell Collins
FLS	Flowserve Corporation	ROP	Roper Industries
FLR	Fluor Corp.	R	Ryder System
GD	General Dynamics	LUV	Southwest Airlines
GE	General Electric	SRCL	Stericycle Inc
GR	Goodrich Corporation	TXT	Textron Inc.
GWW	Grainger (W.W.) Inc.	TYC	Tyco International
HON	Honeywell Int'l Inc.	UNP	Union Pacific
ITW	Illinois Tool Works	UPS	United Parcel Service
IRM	Iron Mountain Incorporated	UTX	United Technologies
ITT	ITT Corporation	WM	Waste Management Inc.

Telecommunications Services

AMT	American Tower Corp A	PCS	MetroPCS Communications Inc.
T	AT&T Inc	S	Sprint Nextel Corp.
CTL	CenturyTel Inc	VZ	Verizon Communications
FTR	Frontier Communications	WIN	Windstream Corporation

Health Care

ABT	Abbott Laboratories	HUM	Humana Inc.
AET	Aetna Inc	ISRG	Intuitive Surgical Inc.
AGN	Allergan Inc	JNJ	Johnson & Johnson
ABC	AmerisourceBergen Corp	LH	Laboratory Corp. of America Holding
AMGN	Amgen Inc	LIFE	Life Technologies
BCR	Bard (C.R.) Inc.	LLY	Lilly (Eli) & Co.
BAX	Baxter International Inc.	MCK	McKesson Corp.
BDX	Becton Dickinson	MHS	Medco Health Solutions Inc.
BIIB	BIOGEN IDEC Inc.	MDT	Medtronic Inc.
BSX	Boston Scientific	MRK	Merck & Co.
BMY	Bristol-Myers Squibb	MYL	Mylan Inc.
CAH	Cardinal Health Inc.	PDCO	Patterson Companies
CFN	Carefusion	PKI	PerkinElmer
CELG	Celgene Corp.	PFE	Pfizer Inc.
CEPH	Cephalon Inc	DGX	Quest Diagnostics
CERN	Cerner	STJ	St Jude Medical
CI	CIGNA Corp.	SYK	Stryker Corp.
CVH	Coventry Health Care Inc.	THC	Tenet Healthcare Corp.
COV	Covidien plc	TMO	Thermo Fisher Scientific
DVA	DaVita Inc.	UNH	United Health Group Inc.
XRAY	Dentsply International	VAR	Varian Medical Systems
EW	Edwards Lifesciences	WAT	Waters Corporation
ESRX	Express Scripts	WPI	Watson Pharmaceuticals
FRX	Forest Laboratories	WLP	WellPoint Inc.
GILD	Gilead Sciences	ZMH	Zimmer Holdings
HSP	Hospira Inc.		

Materials

APD	Air Products & Chemicals Inc	IFF	International Flav/Frag
ARG	Airgas Inc	IP	International Paper
AKS	AK Steel Hldg Corp	MWV	MeadWestvaco Corporation
AA	Alcoa Inc	MON	Monsanto Co.
ATI	Allegheny Technologies Inc	NEM	Newmont Mining Corp. (Hldg. Co.)
BLL	Ball Corp	NUE	Nucor Corp.
BMS	Bemis Company	OI	Owens-Illinois Inc
CF	CF Industries Holdings Inc	PPG	PPG Industries
CLF	Cliffs Natural Resources	PX	Praxair Inc.
DOW	Dow Chemical	SEE	Sealed Air Corp.(New)
DD	Du Pont (E.I.)	SIAL	Sigma-Aldrich
EMN	Eastman Chemical	TIE	Titanium Metals Corp
ECL	Ecolab Inc.	X	United States Steel Corp.
FMC	FMC Corporation	VMC	Vulcan Materials
FCX	Freeport-McMoran Cp & Gld	WY	Weyerhaeuser Corp.

Information Technology

ADBE	Adobe Systems Inc	LLTC	Linear Technology Corp.
AMD	Advanced Micro Devices	LSI	LSI Corporation
A	Agilent Technologies Inc	MA	Mastercard Inc.
AKAM	Akamai Technologies Inc	WFR	MEMC Electronic Materials
ALTR	Altera Corp	MCHP	Microchip Technology
ADI	Analog Devices Inc	MU	Micron Technology
AAPL	Apple Inc.	MSFT	Microsoft Corp.
AMAT	Applied Materials Inc	MOLX	Molex Inc.
ADSK	Autodesk Inc	MMI	Motorola Mobility Holdings Inc.
ADP	Automatic Data Processing	MSI	Motorola Solutions Inc.
BMC	BMC Software	NSM	National Semiconductor
BRCM	Broadcom Corporation	NTAP	NetApp
CA	CA, Inc.	NFLX	NetFlix Inc.
CSCO	Cisco Systems	NOVL	Novell Inc.
CTXS	Citrix Systems	NVLS	Novellus Systems
CTSH	Cognizant Technology Solutions	NVDA	Nvidia Corporation
CSC	Computer Sciences Corp.	ORCL	Oracle Corp.
CPWR	Compuware Corp.	PAYX	Paychex Inc.
DELL	Dell Inc.	QCOM	QUALCOMM Inc.
EBAY	eBay Inc.	RHT	Red Hat Inc.
ERTS	Electronic Arts	SAI	SAIC
EMC	EMC Corp.	CRM	Salesforce.com
FFIV	F5 Networks	SNDK	SanDisk Corporation
FIS	Fidelity National Information Services	SYMC	Symantec Corp.
FISV	Fiserv Inc	TLAB	Tellabs Inc.
FLIR	FLIR Systems	TDC	Teradata Corp.
GOOG	Google Inc.	TER	Teradyne Inc.
HRS	Harris Corporation	TXN	Texas Instruments
HPQ	Hewlett-Packard	TSS	Total System Services
INTC	Intel Corp.	VRSN	Verisign Inc.
IBM	International Bus. Machines	V	Visa Inc.
INTU	Intuit Inc.	WDC	Western Digital
JBL	Jabil Circuit	WU	Western Union Co
JDSU	JDS Uniphase Corp.	XRX	Xerox Corp.
JNPR	Juniper Networks	XLNX	Xilinx Inc
KLAC	KLA-Tencor Corp.	YHOO	Yahoo Inc.
LXK	Lexmark Int'l Inc		

Utilities

AES	AES Corp	NI	NiSource Inc.
AEE	Ameren Corp	NU	Northeast Utilities
AEP	American Electric Power	NRG	NRG Energy
CNP	CenterPoint Energy	OKE	ONEOK
CMS	CMS Energy	POM	Pepco Holdings Inc.
ED	Consolidated Edison	PCG	PG&E Corp.
CEG	Constellation Energy Group	PNW	Pinnacle West Capital
D	Dominion Resources	PPL	PPL Corp.
DTE	DTE Energy Co.	PGN	Progress Energy Inc.
DUK	Duke Energy	PEG	Public Serv. Enterprise Inc.
EIX	Edison Int'l	QEP	QEP Resources
ETR	Entergy Corp.	SCG	SCANA Corp
EQT	EQT Corporation	SRE	Sempra Energy
EXC	Exelon Corp.	SO	Southern Co.
FE	FirstEnergy Corp	TE	TECO Energy
TEG	Integrus Energy Group Inc.	WEC	Wisconsin Energy Corporation
NEE	NextEra Energy Resources	XEL	Xcel Energy Inc
GAS	NICOR Inc.		