

Rapport de stage de fin d'études 2017 - 2018

Stage Analyste et Recherche au sein d'Intuitæ.

 intuitæ

UNIVERSITÉ **PARIS**  13

Etudiant stagiaire
Adrien Calas

Tuteur Pédagogique
Ahmed Kebaier

Responsable Entreprise
Luc Granger

Table des matières

| | |
|--|----|
| Remerciements | |
| 1. Description de la société Intuitae | |
| 1.1 Vue globale de l'entreprise et du rôle d'un multi-family office..... | 2 |
| 1.2 Décomposition de la société..... | 3 |
| 1.3 Description du Conseil en Investissement Financier « CIF »..... | 4 |
| 2. Sélection de gérants | |
| 2.1 Rencontre avec les gérants..... | 5 |
| 2.2 Suivi des gérants..... | 7 |
| 3. Analyse de portefeuille/gestion | |
| 3.1 Analyse de fonds..... | 12 |
| 3.2 Analyse détaillée d'un portefeuille..... | 16 |
| 4. Intérêt de l'étude des marchés actions par la loi Stable | |
| 4.1 Utilisation de la loi normale dans les marchés actions..... | 19 |
| 4.2 Description d'un échantillon étudié..... | 20 |
| 4.3 Descriptions des outils mathématiques utilisés pour l'étude fractale..... | 22 |
| 4.4 Méthodes d'estimations/calibrage de la loi α – stable..... | 24 |
| 5. Mise en œuvre de l'étude fractale | |
| 5.2 Réalisation et structure du projet..... | 29 |
| 5.2 Procédure de création des fiches de conseil d'investissement et des tableaux de risques..... | 30 |
| 6. Mise en œuvre des stratégies fractales | |
| 6.1 Ancienne version des méthodes d'estimations/calibrage de la loi α – stable..... | 38 |
| 6.2 Nouvelle version des méthodes d'estimations/calibrage de la loi α – stable..... | 41 |
| 6.3 Contrôle du risque par la loi α – stable..... | 50 |
| Bibliographie..... | 52 |
| Annexe..... | 53 |

Remerciements

Tout d'abord je souhaite remercier chaque personne d'Intuitae pour son accueil, pour avoir été à l'écoute, pour leur bienveillance et pour m'avoir montré une belle partie de la vie en entreprise.

Je remercie particulièrement Bénédicte de Bouillane qui a été au cœur de ma formation, pour son accueil, pour avoir pris le temps de me former, pour m'avoir lancé dans le monde de la finance, en ayant eu confiance en mes capacités et pour m'avoir aidé dans ma recherche professionnelle.

Je remercie Luc Granger qui en plus de m'avoir apporté un projet de recherche excitant en m'accueillant à Intuitae, a toujours su prendre le temps de m'expliquer et de m'aider dans mes travaux, que ce soit dans mon projet de recherche ou en dehors.

Je remercie Thomas Descours qui a toujours su me motiver dans la bonne humeur, pour ses conseils pour mon avenir et pour sa bienveillance.

Je souhaite remercier l'ensemble des family officers et des assistantes et tout particulièrement Charles Thomas qui fut la première personne à me former, à avoir facilité mon intégration, à avoir toujours voulu me motiver, à toujours garder sa bonne humeur en toute circonstance et pour ses conseils pour mon avenir.

Et enfin je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont conseillé pour ce stage et surtout celle qui a aussi été ma relectrice lors de la rédaction de ce rapport de stage : Lucie J.

1. Description de la société Intuitae

1.1 Vue globale de l'entreprise et du rôle d'un multi-family office

Intuitae est l'un des principaux cabinets de family office européens. Depuis 2001, la société conseille des familles fortunées soucieuses de pérenniser leur patrimoine et de le transmettre aux générations futures.

Intuitae est membre de l'Association Française du Family Office (« AFFO »). A ce titre, elle adhère à la charte de l'AFFO et s'engage à en appliquer et promouvoir les principes, gage de fiabilité, de professionnalisme et d'éthique.

Ils considèrent leur métier comme une activité de conseil avant tout, qui intervient dans le respect des valeurs fondamentales suivantes :

- L'absence de conflit d'intérêt
- La non distribution de produits
- Une rémunération exclusivement basée sur des honoraires

Ce métier de conseil se décline en catégories de prestations indissociables les unes des autres :

- Le conseil stratégique
- Projet familial
- Allocation stratégique d'actifs
- Gestion globale des risques (liés à l'entreprise familiale ou la rentabilité des actifs financiers)
- Le conseil opérationnel
- Ingénierie juridique et fiscale
- Consolidation globale et détaillée des actifs
- Collecte, classement et traitement des documents administratifs et financiers
- Suivi budgétaire personnalisé
- Investissements immobiliers
- Le conseil familial
- Gouvernance familiale
- Formation et accompagnement des héritiers
- Fondation et philanthropie

Leur ambition est de devenir les hommes de confiance des familles et des institutionnels. Leur métier est de les aider à décider, à assurer la mise en œuvre opérationnelle de leurs décisions, puis à en assurer le suivi dans le temps et à constituer une véritable force de négociation.

Ils ont leurs propres convictions et les défendent. Intuitae est une société indépendante, détenue à 100% par ses associés. Ils ne dépendent d'aucun organisme financier, ce qui leur permet de délivrer leurs prestations avec la plus grande objectivité, et de proposer des choix de gestion en totale liberté et dans l'unique intérêt de nos clients.

Ils ne distribuent aucun produit financier et toutes les commissions que nous serions amenés à percevoir sont rétrocédées. Intuitae est rémunérée exclusivement par des honoraires versés par ses clients.

Ils travaillent selon leur propre conception du family office. Intuitae est le seul cabinet à formaliser les process de traitement de ses clients, à avoir créé des outils dédiés, rédigé des procédures, des règles éthiques et déontologiques.

Leur valeur ajoutée est le résultat d'un double engagement :

- Ils s'emploient à faire gagner de l'argent à leurs clients et à leur faire économiser des frais. Intuitae peut être qualifiée de "chasseurs de coûts".
- Ils se doivent de simplifier la vie des personnes et de leurs familles ; ils sont disponibles pour les entourer et les accompagner sur une ou plusieurs générations. La confiance réciproque et la qualité de la relation Intuitu Personae sont les conditions fondamentales de toute collaboration mutuellement fructueuse.

Les clients les jugent sur leur efficacité avant tout et sur leur capacité à pérenniser leur patrimoine. Leur rôle et leur succès dépendent aussi de leur capacité à protéger, sécuriser, et gérer les liens entre les familles et les générations.

1.2 Décomposition de la société

Intuitae possède 4 bureaux situés à Paris, au Luxembourg, à Genève et à Bruxelles. La société possède une expertise dans chacun des domaines suivants : l'investissement financier coté, l'investissement financier non coté (dit "private equity"), la fiscalité et la gouvernance.

Chaque expertise est déclinée en département dont les personnes en charge sont décrites telles que :

Direction de chaque département

| | |
|---|------------------------|
| Conseil en investissement financier coté | Bénédicte de Bouillane |
| Conseil en investissement non cotée (immobilier ou entreprise non cotée) | Luc Granger |
| Administration Financière | Mathieu Brivet |
| Fiscalité | Christophe Achard |
| Gouvernance | Christophe Achard |

Chaque famille se voit affecter un associé, au moins un family officer et un(e) assistant(e). L'associé supervisera les tâches, le (ou les) family officer seront en contact direct avec les familles et effectueront l'ensemble des tâches et l'assistant(e) centralisera l'ensemble des documents. Ils effectueront des comités d'allocation avec le client pour étudier la diversification du patrimoine financier du client, observer les différentes propositions reçues par la famille ou envoyées par cette dernière à l'équipe. Pour cela, l'équipe se dirigera vers les départements concernés pour mieux diriger leurs conseils vers la famille.

1.3 Description du Conseil en Investissement Financier « CIF »

J'ai effectué mon stage au sein du département « Conseil en Investissement Financier », dont la directrice est Bénédicte de Bouillane. Au sein de ce département, on retrouve aussi Charles Thomas, Nicolas Chambredonde ainsi que Luc Granger. Ce département organise une veille constante des marchés et des sociétés de gestion connues par Intuitae. Pour ce faire, plusieurs outils ont été mis en place :

- Le bulletin CIF mis à jour tous les lundis contenant les performances des fonds d'investissement suivis par Intuitae
- La trame mensuelle mise à jour hebdomadairement pour suivre les performances des différents marchés financiers
- La réunion d'information et de gestion (« RIG ») mensuelle, permettant aux différents intervenants d'Intuitae de suivre l'évolution des marchés financiers au travers d'études macro-économiques et du suivi des performances des fonds d'investissement fourni par le CIF.

Avant qu'une solution d'investissement financière côté soit conseillée ou déconseillée à la famille cliente, le CIF doit l'avoir approuvée.

2. Sélection de gérants

Comme il a été dit précédemment, Intuitae est une société de conseil et non une société de gestion : la famille cliente utilise les services d'Intuitae pour trouver les meilleurs gérants dans leur catégorie et, par conséquent, pour aider la famille cliente à choisir les meilleurs gérants pour leur patrimoine. Intuitae rencontre au travers du CIF l'ensemble des gérants présents sur la place de Paris ou à l'international pour mettre en relation le client avec le meilleur gérant selon le cahier des charges qui lui a été imposé.

2.1 Rencontre avec les gérants

Au cours de mon stage, hormis au mois d'août, je rencontrais au moins deux sociétés de gestion par semaine, par le biais de déjeuners ou de conférences pour parler de leur gestion au travers de fonds d'investissement déjà en place, par des mandats de gestion ou de la stratégie qui allait être mise en place pour leur prochain fonds.

La plupart des sociétés de gestion ont une ou plusieurs expertises ou un ou plusieurs secteurs d'investissement qui définissent leurs stratégies de gestion : actions européennes, obligation à courte durée, actions dans les sociétés technologiques, gestion quantitative au travers d'options européennes.

Après chaque rendez-vous un compte rendu à destination des collaborateurs d'Intuitae devait être établi. Chaque compte-rendu devait au moins mentionner :

- Une description globale de la société (actifs sous gestion, localisation, nombre d'employé)
- Description du CV du gérant si possible
- La stratégie du fonds
- L'historique de performance du fonds ou de la part avec le plus d'ancienneté
- La comparaison de performance avec une stratégie et un indice similaire
- Les forces et faiblesses du fonds

A cela pouvait s'ajouter une analyse macro-économique du gérant.

Il y avait plusieurs styles d'investissement qui se détachaient :

- L'investissement long/short qui consiste à prendre des positions dites « long » (achat d'actif) ou des positions dites « short » (vente d'actif)

- L'investissement classique par achat (« dit de titres vifs »), où le portefeuille ne contient qu'une partie d'achat
- L'investissement au travers d'option ou autres produits dérivés financiers. Ce style d'investissement est plus souvent utilisé dans les sociétés de gestion dites « quantitatives » ou alors dans d'autres sociétés de gestion pour une partie du portefeuille pour la couverture (dans l'optique de réduire les pertes).

J'ai rencontré en majorité des sociétés de gestion européennes qui, malgré le secteur ou la stratégie d'investissement, utilisaient un processus de décisions d'investissement propre à la finance d'entreprise : la stratégie bottom-up (appelée « stock-picking ») et la stratégie top-down.

- La gestion « bottom-up », également appelée « stock picking » ou encore « méthode ascendante », est un mode de gestion de portefeuille qui consiste à investir dans une société dont on estime le cours du titre sous-évalué par le marché malgré un fort potentiel de rendement. Elle privilégie avant tout les caractéristiques des titres avant celles du secteur de la société ou de la conjoncture économique.
- La gestion « top-down » est radicalement opposée à la gestion « bottom-up ». Cette approche consiste tout d'abord à faire une analyse macro-économique et géographique de l'ensemble des secteurs afin d'en extraire les secteurs qui présentent le plus fort potentiel de hausse. Une fois cette analyse faite, l'investisseur doit affiner son étude afin de sélectionner les titres possédant le plus fort rendement selon ses prévisions.

Les gérants rencontrés avaient aussi l'utilisation d'indicateurs numériques pour maîtriser le risque de perte ou de liquidité de leur portefeuille. Pour cela, la majorité d'entre eux regarde :

- Le « risk reward ratio » est un calcul qui reflète combien vous êtes disposée à risquer par rapport à combien vous prévoyez de gagner en terme de profit.
- La corrélation selon la période évaluée qui est un indicateur évaluant l'intensité de la liaison qui peut exister entre au moins 2 actifs.
- « Gross Exposure » correspond à la somme des positions longues et des positions courtes prises par les gérants. Elle renseigne sur le niveau de levier du fonds. (Pour 100 d'actifs sous gestion, si les positions longues sont de 70 et les courtes de 50, la gross exposure s'élève à $70 + 50 = 120$ et le levier est de 120%.)

- Le *beta* est un indicateur représentant en proportion la dépendance du titre ou du portefeuille au marché correspondant.

Les sociétés de gestion quantitative, quant à elles, peu nombreuses sur le sol européen, utilisaient des stratégies de gestion sur quelques indicateurs numériques :

- Le « ratio de sortino » qui permet d'évaluer la valeur de la gestion du portefeuille par rapport au placement d'un actif sans risque dans le cas où les marchés associés évoluent peu
Ratio de Sortino = $R_p - R_f / VB_p$ où :
 - R_p : la rentabilité effective du portefeuille. Il s'agit là de la performance en valeur absolue, réalisée par le gestionnaire;
 - R_f : la rentabilité attendue d'un placement sur un actif sans risque.
 - VB_p : Volatilité à la baisse du portefeuille ou *downside deviation*.
- Gestion algorithmique du beta cité plus haut pour rester lié les marchés actions tant qu'ils sont en forte hausse et s'en défaire lorsqu'ils sont à la baisse.
- Gestion algorithmique du momentum sur plusieurs périodes qui est représenté par la formule suivante : Momentum(t) = prix(t) – prix(t-Δt) où Δt est la période de temps et t l'instant auquel on observe le momentum.
- Gestion algorithmique du *Worst Drawdown* (« Perte Maximale ») qui est la perte maximale réalisée par la stratégie sur une période de temps donnée.

Certains fonds avaient une particularité selon le secteur ou l'investissement et en voici quelques exemples :

- Investissement dans le secteur de l'eau : BNP Aqua
- Investissement algorithmique sur les devises : P/E Capital
- Investissement sur les PME françaises : Pluvalca Initiatives PME
- Investissement algorithmique par des produits dérivés financier sur toutes classe d'actifs avec un système empêchant une perte maximale de 10% du capital investi : Quantam
- Solution d'investissement à performance zéro pour des soucis de trésorerie et de liquidité : Lyxor Cash Equivalent (ou Lyxor Euribor 6M)

2.2 Suivi des gérants

Au cours de mon stage, j'ai dû suivre 2 types de gestion : la gestion sous mandat, où Intuitae a un accès total des informations du portefeuille puisque seul le client possède le portefeuille étudié, et la gestion au travers de fonds d'investissement, où la société de gestion sans demande spéciale du client ou de Intuitae à son nom pouvait observer le portefeuille de fond en comble.

Le suivi de gestion sous mandat était mensuel, nous devions analyser le portefeuille en regardant si le gérant respectait le cahier des charges imposé par le client suite aux conseils de Intuitae :

- Allocations et contribution de la performance par devises
- Allocations et contribution de la performance par secteur
- Allocations et contribution de la performance par classe d'actifs
- Analyse macro-économique du gérant

Cela permettait d'avoir un processus de comparaison entre les gérants et de définir la qualité du service obtenue pour le client. Le client pouvait déjà être investi auprès du gérant avant d'avoir rencontré Intuitae et alors le but de cette analyse était double puisqu'elle permettait de savoir si la solution d'investissement proposée par le gérant était pertinente pour le client ou alors s'il fallait prévoir une réallocation de son patrimoine.

Pour la gestion des fonds d'investissement, les fonds observés par le CIF étaient suivis grâce aux reporting mensuels de leurs sociétés de gestions, parfois,

s'il en avait été le cas, d'un rendez-vous récent avec les gérants du fonds et d'une fiche publiée par le CIF dont j'avais la charge. Cette fiche est le produit d'un fichier Excel appelé MainGestion, qui récupère l'historique de tous les fonds observés par Intuitae dont les données étaient présentes sur Bloomberg. Le fichier était déjà bien implémenté avant mon arrivée et contient les informations suivantes si elles ont été renseigné par l'administrateur du fonds sur Bloomberg :

Le nom du gérant, la date de lancement du fonds, le style d'investissement, la devise dans laquelle le fonds traite, son code ISIN, son encours (selon la dernière date de mise à jour Bloomberg), ses frais de gestion, sa performance depuis création, sa volatilité sous plusieurs formes, son tracking error, son worst draw down, son Expected Shortfall (« CVar » ou « CoVaR »), le commentaire de gestion mensuel du gérant s'il a été envoyé, etc.

Cette vue objective sur tous les fonds suivis permet aux collaborateurs d'Intuitae d'avoir un résumé du fonds suivi, et quels sont, selon la demande du client, les meilleurs conseils à donner. Ces fiches de fonds permettaient aussi au CIF de définir les meilleurs fonds actuels pour la RIG (« Réunion d'information de gestion »).

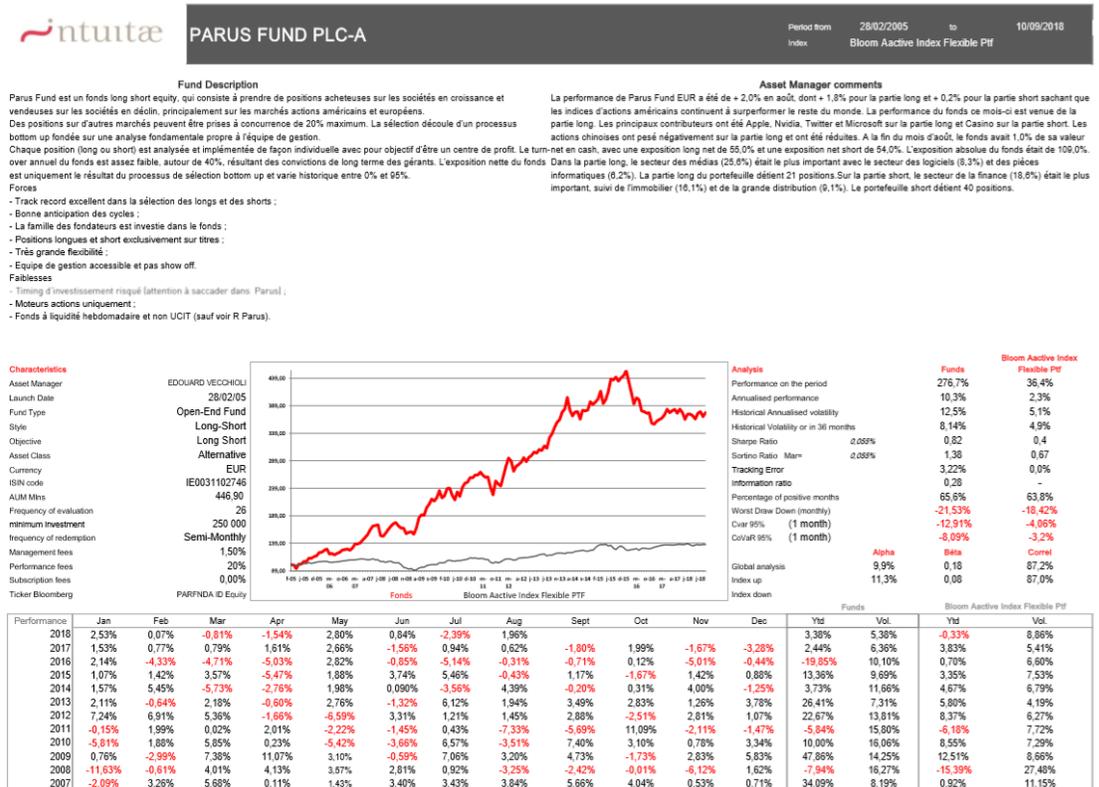


Figure 1: Fiche de Fonds (Version Intuitae)



PARUS FUND PLC-A

Fund Description

Parus Fund est un fonds long short equity, qui consiste à prendre de positions acheteuses sur les sociétés en croissance et vendeuses sur les sociétés en déclin, principalement sur les marchés actions américains et européens.

Des positions sur d'autres marchés peuvent être prises à concurrence de 20% maximum. La sélection découle d'un processus bottom up fondée sur une analyse fondamentale propre à l'équipe de gestion.

Chaque position (long ou short) est analysée et implémentée de façon individuelle avec pour objectif d'être un centre de profit. Le turnover annuel du fonds est assez faible, autour de 40%, résultant des convictions de long terme des gérants. L'exposition nette du fonds est uniquement le résultat du processus de sélection bottom up et varie historique entre 0% et 95%.

Forces

- Track record excellent dans la sélection des longs et des shorts ;
- Bonne anticipation des cycles ;
- La famille des fondateurs est investie dans le fonds ;
- Positions longues et short exclusivement sur titres ;
- Très grande flexibilité ;
- Equipe de gestion accessible et pas show off.

Faiblesses

- Timing d'investissement risqué (attention à saccader dans Parus) ;
- Moteurs actions uniquement ;
- Fonds à liquidité hebdomadaire et non UCIT (sauf voir R Parus).

Figure 2 Description du fonds

Characteristics

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Asset Manager | EDOUARD VECCHIOLI |
| Launch Date | 28/02/05 |
| Fund Type | Open-End Fund |
| Style | Long-Short |
| Objective | Long Short |
| Asset Class | Alternative |
| Currency | EUR |
| ISIN code | IE0031102746 |
| AUM Mlns | 446,90 |
| Frequency of evaluation | 26 |
| minimum investment | 250 000 |
| frequency of redemption | Semi-Monthly |
| Management fees | 1,50% |
| Performance fees | 20% |
| Subscription fees | 0,00% |
| Ticker Bloomberg | PARFNDA ID Equity |

Figure 3 Caractéristiques du fonds récupérées sous Bloomberg

| | | | |
|-------------|----------------------------------|----|------------|
| Period from | 28/02/2005 | to | 10/09/2018 |
| Index | Bloom Aactive Index Flexible Ptf | | |

Asset Manager comments

La performance de Parus Fund EUR a été de + 2,0% en août, dont + 1,8% pour la partie long et + 0,2% pour la partie short sachant que les indices d'actions américains continuent à surperformer le reste du monde. La performance du fonds ce mois-ci est venue de la partie long. Les principaux contributeurs ont été Apple, Nvidia, Twitter et Microsoft sur la partie long et Casino sur la partie short. Les actions chinoises ont pesé négativement sur la partie long et ont été réduites. A la fin du mois d'août, le fonds avait 1,0% de sa valeur net en cash, avec une exposition long net de 55,0% et une exposition net short de 54,0%. L'exposition absolue du fonds était de 109,0%. Dans la partie long, le secteur des médias (25,6%) était le plus important avec le secteur des logiciels (8,3%) et des pièces informatiques (6,2%). La partie long du portefeuille détient 21 positions. Sur la partie short, le secteur de la finance (18,8%) était le plus important, suivi de l'immobilier (16,1%) et de la grande distribution (9,1%). Le portefeuille short détient 40 positions.

Figure 4 Commentaire mensuel de gestion du gérant

| | | Funds | Bloom Aactive Index Flexible Ptf |
|---------------------------------------|--------------|-------------|-------------------------------------|
| Analysis | | | |
| Performance on the period | | 276,7% | 36,4% |
| Annualised performance | | 10,3% | 2,3% |
| Historical Annualised volatility | | 12,5% | 5,1% |
| Historical Volatility or in 36 months | | 8,14% | 4,9% |
| Sharpe Ratio | 0,055% | 0,82 | 0,4 |
| Sortino Ratio | Mar= 0,055% | 1,38 | 0,67 |
| Tracking Error | | 3,22% | 0,0% |
| Information ratio | | 0,28 | - |
| Percentage of positive months | | 65,6% | 63,8% |
| Worst Draw Down (monthly) | | -21,53% | -18,42% |
| Cvar 95% | (1 month) | -12,91% | -4,06% |
| CoVaR 95% | (1 month) | -8,09% | -3,2% |
| | Alpha | Béta | Correl |
| Global analysis | 9,9% | 0,18 | 87,2% |
| Index up | 11,3% | 0,08 | 87,0% |

Figure 5 Analyse de performance et de risques

| Performance | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sept | Oct | Nov | Dec |
|-------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2018 | 2,53% | 0,07% | -0,81% | -1,54% | 2,80% | 0,84% | -2,39% | 1,96% | | | | |
| 2017 | 1,53% | 0,77% | 0,79% | 1,61% | 2,66% | -1,56% | 0,94% | 0,62% | -1,80% | 1,99% | -1,67% | -3,28% |
| 2016 | 2,14% | -4,33% | -4,71% | -5,03% | 2,82% | -0,85% | -5,14% | -0,31% | -0,71% | 0,12% | -5,01% | -0,44% |
| 2015 | 1,07% | 1,42% | 3,57% | -5,47% | 1,88% | 3,74% | 5,46% | -0,43% | 1,17% | -1,67% | 1,42% | 0,88% |
| 2014 | 1,57% | 5,45% | -5,73% | -2,76% | 1,98% | 0,090% | -3,56% | 4,39% | -0,20% | 0,31% | 4,00% | -1,25% |
| 2013 | 2,11% | -0,64% | 2,18% | -0,60% | 2,76% | -1,32% | 6,12% | 1,94% | 3,49% | 2,83% | 1,26% | 3,78% |
| 2012 | 7,24% | 6,91% | 5,36% | -1,66% | -6,59% | 3,31% | 1,21% | 1,45% | 2,88% | -2,51% | 2,81% | 1,07% |
| 2011 | -0,15% | 1,99% | 0,02% | 2,01% | -2,22% | -1,45% | 0,43% | -7,33% | -5,69% | 11,09% | -2,11% | -1,47% |
| 2010 | -5,81% | 1,88% | 5,85% | 0,23% | -5,42% | -3,66% | 6,57% | -3,51% | 7,40% | 3,10% | 0,78% | 3,34% |
| 2009 | 0,76% | -2,99% | 7,38% | 11,07% | 3,10% | -0,59% | 7,06% | 3,20% | 4,73% | -1,73% | 2,83% | 5,83% |
| 2008 | -11,63% | -0,61% | 4,01% | 4,13% | 3,67% | 2,81% | 0,92% | -3,25% | -2,42% | -0,01% | -6,12% | 1,62% |
| 2007 | -2,09% | 3,26% | 5,68% | 0,11% | 1,43% | 3,40% | 3,43% | 3,84% | 5,66% | 4,04% | 0,53% | 0,71% |

Figure 6 "Track-record" (ou historique de performance) du fonds

| Funds | | Bloom Aactive Index Flexible Ptf | |
|---------|--------|----------------------------------|--------|
| Ytd | Vol. | Ytd | Vol. |
| 3,38% | 5,38% | -0,33% | 8,86% |
| 2,44% | 6,36% | 3,83% | 5,41% |
| -19,85% | 10,10% | 0,70% | 6,60% |
| 13,36% | 9,69% | 3,35% | 7,53% |
| 3,73% | 11,66% | 4,67% | 6,79% |
| 26,41% | 7,31% | 5,80% | 4,19% |
| 22,67% | 13,81% | 8,37% | 6,27% |
| -5,84% | 15,80% | -6,18% | 7,72% |
| 10,00% | 16,06% | 8,55% | 7,29% |
| 47,86% | 14,25% | 12,51% | 8,66% |
| -7,94% | 16,27% | -15,39% | 27,48% |
| 34,09% | 8,19% | 0,92% | 11,15% |

Figure 7 Performance des années précédentes et celle en cours du fonds

3. Analyse de portefeuille/gestion

3.1 Analyse de fonds

Durant mon stage, j'ai dû établir plusieurs ressources afin d'aider les family officers d'Intuitae à établir une liste de fonds à conseiller selon le secteur. Pour cela, selon le style d'investissement regardé, j'ai dû comparer les fonds observés selon plusieurs méthodes.

Commençant par la plus basique, comparant la performance des fonds :

Comparaison de Pictet Digital, Polar Capital Global Tech, Allianz Global Artificial Intelligence et First Trust NASDAQ Cybersecurity depuis le 31 mars 2017



Figure 8 Comparaison de performance pour des fonds investissant dans le secteur de la technologie depuis Bloomberg

Cette méthode est la plus simple et, dans le cas de l'exemple, il est intuitif de considérer que le fonds Polar Global Tech est le fonds le mieux géré vu que la performance du fonds est la meilleure. A présent, regardons un autre fonds le fonds H2O Multistratégies (cette fois, sous la vue de la plateforme Quantalys) :



Figure 9 Graphe de performance du fonds H2O Multistratégies et récapitulatif de performance

En ne regardant que les performances du fonds on observe par exemple que sur 8 ans le fonds a fait une performance de 187,39% ce qui voudrait dire qu'en moyenne sur une année le fonds fait 23,42%. Donc, en ne regardant que les performances depuis le début du fonds et malgré sa **performance** depuis le début de l'année, on se dit que le gérant a une gestion intéressante, vu que ses fonds rivaux font pire. Or, ce n'est pas le cas. Regardons le baromètre Quantalys :

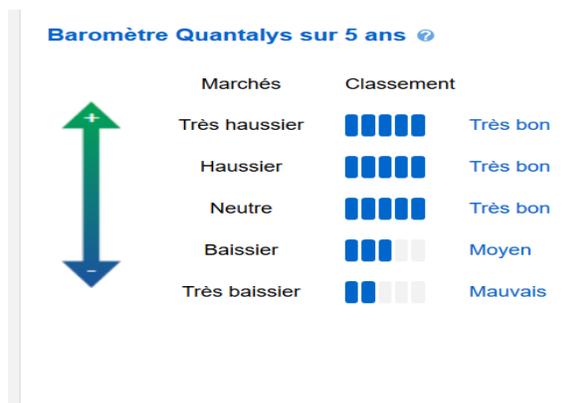


Figure 10 Comportement du fonds H2O Multistratégies selon les marchés d'après Quantalys

Le fonds a l'air plutôt bon dans la plupart des cas de marchés, regardons son classement par rapport à sa catégorie d'investissement :

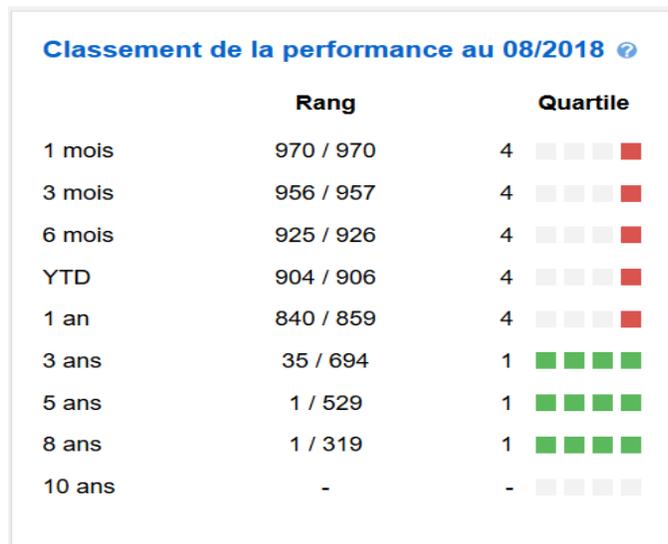


Figure 11 Classement du fonds selon sa catégorie sur la plateforme Quantalys

On remarque qu'il est très mauvais depuis 1 an. Regardons les autres indicateurs offerts par Quantalys :



Figure 12 Indicateurs de risques de la plateforme Quantalys pour le fonds H2O Multistratégies

L'indicateur « Perte maximale » est celui qui saute aux yeux pour cet exemple. On observe une perte maximale de quasiment 40%. Il faut savoir qu'il y a encore quelques mois ce fonds

était extrêmement bien noté sur Quantalys grâce à sa performance. Alors pourquoi le fonds a-t-il une perte maximale de 40% et est-il si mal noté selon la plateforme Quantalys ? Il faut savoir que pour la gestion de ce fonds, les gérants appliquent un énorme levier, c'est-à-dire qu'en plus de l'argent récolté par les investisseurs, le fonds va emprunter de l'argent pour réaliser de plus gros investissements qu'il n'aurait pu faire. Dans ce cas précis cela a conduit une performance depuis le début de l'année de -1,55% alors qu'à la fin du mois d'avril le fonds avait atteint une performance de 27% ! Le fonds en réalisant des paris monstrueux a perdu 24% de sa valeur en seulement 20 jours. Puis le fonds rebondit et reperd 23% de sa valeur.



Figure 13 Graphe de performance du fonds H2O Multistratégies sur 1 an

Cela pose un problème dans le cas où un investisseur arrive sur le fonds par exemple en avril 2018 ou en juillet 2018 en pensant que le fonds, au vu de ses performances, est une valeur sûre de bénéfices et de préservation du capital et aurait alors perdu 24% de son investissement le 20 mai 2018 s'il avait acheté des parts le 1^{er} mai 2018.

C'est pour cela qu'il est nécessaire de connaître la méthode de gestion du fonds avant d'y souscrire pour être conscient des risques pris par l'investissement.

3.2 Analyse détaillée d'un portefeuille

Nous venons de voir que le fonds précédant porter un risque non négligeable de par le processus d'investissement.

A présent, regardons d'autres techniques pour estimer le risque d'un portefeuille ainsi que sa performance pour mieux comprendre la gestion qui en est faite.

J'ai essentiellement été sur le terminal Bloomberg pour ses études de portefeuilles ou alors sur des fichiers Excel reliés à Bloomberg. Le terminal Bloomberg est un logiciel incontournable en finance, il permet une étude détaillée des portefeuilles et des actifs connus dans sa base de données. La banque dépositaire du portefeuille, c'est-à-dire la banque où le portefeuille a été placé peut donner après demande des contrepartie accès au portefeuille en détail sur Bloomberg. Mais on peut aussi créer nos propres portefeuilles depuis le terminal, ce qui permet de déduire la stabilité d'une allocation proposée à un client.

On peut par exemple regarder le portefeuille exemple Long/Short de Bloomberg sur les actions mondiales.

Pour ce rapport j'ai fait le choix de récupérer des captures d'écran d'un portefeuille exemple de Bloomberg provenant d'une présentation marketing du logiciel.

On peut regarder la valeur Long et Short de ce portefeuille depuis le début du mois de ce portefeuille par secteur :

| Name | % End Wgt | | | P&L 1D | | | P&L MTD | | |
|----------------------------|-----------|--------|-------|----------|----------|----------|-----------|------------|-----------|
| | Long | Short | Net | Long | Short | Net | Long | Short | Net |
| BBG_EQTY_LONG_SHORT | 102.15 | -76.21 | 25.94 | 377,356 | 103,699 | 481,055 | 5,698,253 | -3,547,352 | 2,150,901 |
| Consumer Discretionary | 10.52 | -5.93 | 4.58 | 91,827 | 46,319 | 138,145 | 485,501 | 23,328 | 508,829 |
| Consumer Staples | 12.05 | -8.99 | 3.05 | -39,287 | 46,563 | 7,276 | 617,758 | -208,338 | 409,419 |
| Energy | 4.95 | -7.18 | -2.23 | 6,635 | 49,008 | 55,644 | 581,927 | -383,911 | 198,016 |
| Financials | 28.85 | -27.83 | 1.02 | 535,549 | -403,846 | 131,703 | 2,457,234 | -1,989,190 | 468,044 |
| Health Care | 11.42 | -8.14 | 3.28 | -144,388 | 126,219 | -18,170 | -26,661 | -301,699 | -328,340 |
| Industrials | 2.55 | -4.57 | -2.03 | -16,013 | 216,634 | 200,621 | -203,806 | 49,853 | -153,953 |
| Information Technology | 14.38 | -11.19 | 3.19 | 4,679 | 11,784 | 16,463 | 494,113 | -532,942 | -38,829 |
| Materials | 6.05 | -2.37 | 3.68 | -140,678 | 11,018 | -129,660 | 738,181 | -204,453 | 533,728 |
| Telecommunication Services | 5.71 | | 5.71 | 103,274 | | 103,274 | 624,038 | | 624,038 |
| Utilities | 5.68 | | 5.68 | -24,241 | | -24,241 | -70,030 | | -70,030 |

Figure 14 Vue d'un portefeuille Long/Short par secteur d'activités

Puis regarder la contribution des différents secteur d'activité sur la performance du portefeuille depuis le début de l'année :

| Name | Avg % Wgt | | | CTR | | | Factor Rtn (Contr) | Selection Rtn (Contr) |
|----------------------------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-----------------------|
| | Long | Short | Net | Long | Short | Net | | |
| BBG_EQTY_LONG_SHORT | 99.41 | -74.55 | 24.86 | 12.23 | -9.00 | 3.23 | 5.34 | -2.10 |
| Consumer Discretionary | 10.52 | -5.54 | 4.98 | 0.78 | -0.95 | -0.17 | 0.23 | -0.40 |
| Consumer Staples | 11.14 | -7.14 | 4.00 | 2.79 | -3.15 | -0.37 | 1.18 | -1.55 |
| Energy | 6.15 | -9.16 | -3.01 | -2.03 | 1.00 | -1.03 | 0.75 | -1.78 |
| Financials | 23.70 | -27.79 | -4.10 | 4.76 | -1.94 | 2.82 | -0.71 | 3.53 |
| Health Care | 10.48 | -6.70 | 3.79 | 2.91 | -3.00 | -0.09 | 1.92 | -2.01 |
| Industrials | 5.20 | -4.32 | 0.88 | 0.73 | -0.51 | 0.22 | -0.55 | 0.77 |
| Information Technology | 14.04 | -10.52 | 3.53 | -0.48 | -1.41 | -1.90 | 0.32 | -2.21 |
| Materials | 7.70 | -2.95 | 4.75 | -1.19 | 1.07 | -0.12 | 0.42 | -0.54 |
| Telecommunication Services | 5.09 | -0.42 | 4.66 | 1.94 | -0.10 | 1.85 | 0.69 | 1.15 |
| Utilities | 5.38 | | 5.38 | 2.02 | | 2.02 | 1.08 | 0.93 |

Figure 15 Contribution de la performance du portefeuille exemple Long/Short de Bloomberg

Mais ce qui reste le plus intéressant et le plus important aujourd'hui, pour un gérant de portefeuille, est comment son portefeuille réagit en cas de stress des marchés.

Pour juger de la résistance du portefeuille en temps de crise ou autres facteurs macroéconomiques, on fera appel à des « stress-test » (test de stress).

Un stress test consiste à placer le portefeuille sous le contexte de stress des marchés et en observer l'évolution. On peut par exemple regarder l'évolution d'un portefeuille sous la crise des sub primes de 2008 où les marchés actions les plus connus ont plongé. Ou pour une montée du dollar contre l'euro de 10% pour un portefeuille investissant sur des actions sujettes au dollar américain et échangeant principalement en euro.

Lors de mon stage, j'ai aussi effectué des stress test sous la plate-forme Quantalys mais j'en ai réalisés majoritairement sur Bloomberg puisqu'à la différence de Quantalys, Bloomberg permet de définir ses propres stress test.

Sur Bloomberg, on peut définir 2 types de stress test différenciant le cas historique et le cas dit « facteur macroéconomique » :

- Le cas historique permet de simuler l'évolution du portefeuille suivant l'historique de ses actifs et des marchés associés. Cette étude nécessite beaucoup de temps de calcul par rapport à la seconde.
- Le cas par facteur économique permet de définir une baisse ou une montée d'actifs/marchés financiers. En utilisant la corrélation glissante (c'est à dire la corrélation évoluant de façon journalière ou hebdomadaire) des actifs, on peut établir l'évolution des actifs du portefeuille.



Figure 16 Stress-Test du portefeuille exemple de Bloomberg sur les actions mondiales

4. Intérêt de l'étude des marchés actions par la loi Stable

4.1 Utilisation de la loi normale dans les marchés actions

« Très tôt, des problèmes apparaissent lorsqu'il s'est agi de vérifier statistiquement ce modèle. Les tests d'efficience ont fait apparaître 2 types de phénomènes, qualifiés d'anomalies, sur les marchés boursiers, anomalies qui posent 2 questions distinctes, quoique reliées entre elles : une apparente prévisibilité des rentabilités, avec des mises en évidences de dépendances ou de corrélations diverses sur différents horizons de temps ; une leptokurticité (non normalité des distributions empiriques) qui semblent s'atténuer avec l'augmentation du pas de temps, forte en haute fréquence, plus faible en basse fréquence »

Jacques Lévy Véhel, Christian Walter, *Les Marchés fractals*, page 27, « l'efficience des marchés et leur structure fractale ».

Cette citation tirée du livre *Les marchés fractals* datant de 2002 qui a été inspiré par les travaux de Benoit Mandelbrot ([1962,1962]) prend position sur un débat que les gestionnaires de portefeuille ont : est-ce qu'une approximation par la loi normale des rentabilités prévisionnelles permet de créer des indicateurs de risques pertinents ayant pour but de réduire le risque pris par le gestionnaire dans son portefeuille ?

Observons les histogrammes suivant :

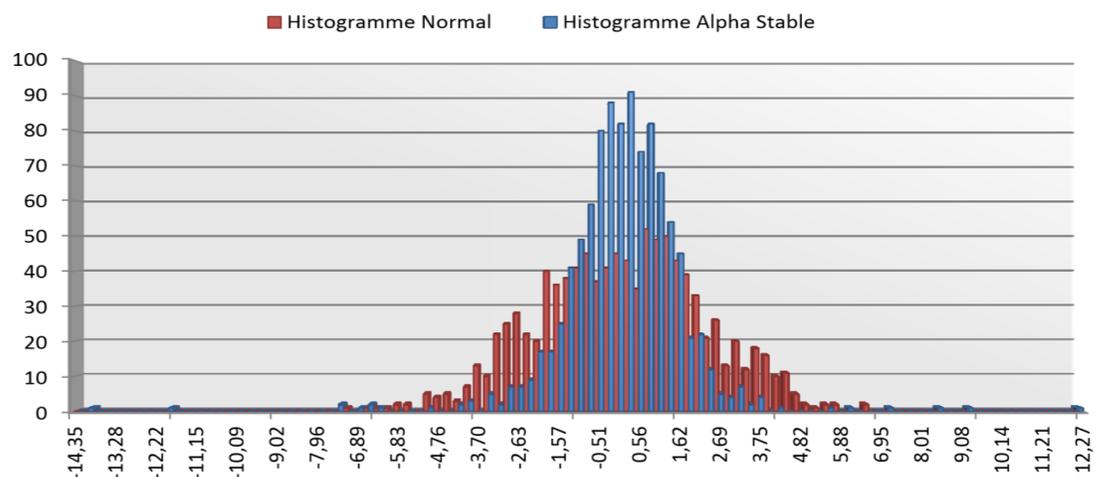


Figure 17.1.1 : Histogramme résultant d'une simulation de 1000 variables aléatoires normale et histogramme résultant d'une simulation de 1000 variables aléatoires stables à partir des paramètres estimés par les variations d'indices du CAC 40 (de cotation du marché) des 40 jours précédant le 11 juin 2018 ($\alpha = 1.71$; $\beta = -0.23$; $\mu = 0.62\%$; $\gamma = 0.8356$; $\sigma = 1.50$)

On voit que l'histogramme nommé alpha stable possède des queues de distributions plus longues que celles de l'histogramme normal. Cela veut dire que l'univers des événements possibles est plus élargi avec une loi stable qu'avec une loi normale. Ainsi, la loi stable paraît au premier abord paradoxalement plus rassurante comme estimation, dans la mesure où elle prend en compte une variation de prédiction de l'évolution du prix plus importante et ainsi prend en compte une perte plus importante du rendement sur l'actif traité. Donc la loi normale se retrouve à considérer moins de cas dangereux pour le gérant de portefeuille. Cette propriété est illustrée par la proposition 1 (Voir page « 24 »).

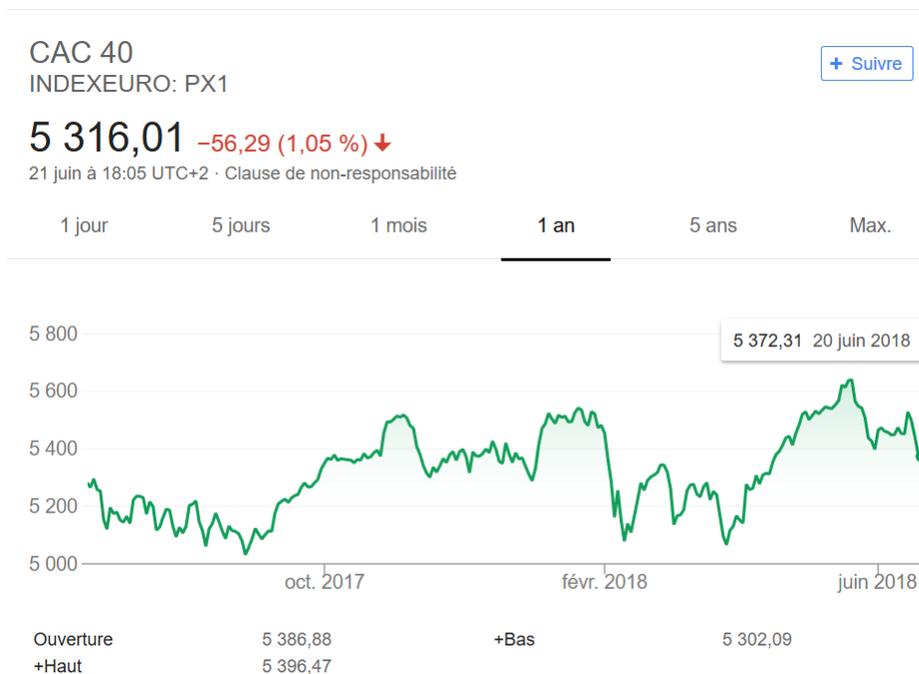
Ce constat avait été fait par Benoit Mandelbrot en 1962 dans un article que vous pourrez retrouver dans la catégorie bibliographie.

Benoit Mandelbrot a eu tout d'abord l'intuition qu'un marché financier ou qu'un actif financier ne pouvait suivre le modèle proposé par Black, Scholes et Merton car il considère que le modèle basé sur la loi normale ne conserve pas la discontinuité de la donnée du prix sur le marché. Plus précisément un actif peut être valorisé toutes les semaines, mois, minutes, secondes sur le marché mais il est impossible que le prix d'un actif peut être donné de façon continue au sens mathématique du terme. Or la loi normale ne conserve pas justement ce saut de discontinuité qui est pourtant intrinsèque au problème, étant donné que le but de l'étude par Monte-Carlo est de considérer les événements rares.

4.2 Description d'un échantillon étudié

Nous étudions le rendement journalier du CAC 40 depuis sa création. D'après Wikipédia, le CAC 40 (cotation assistée en continu) est le principal indice boursier de la Bourse de Paris. Son code ISIN est FR0003500008 et son code mnémonique est PX1.

Créé avec 1 000 points de base au 31 décembre 1987 par la Compagnie des agents de change, l'indice CAC 40 est déterminé à partir des cours de quarante actions cotées en continu sur le premier marché parmi les cent sociétés dont les échanges sont les plus abondants sur Euronext Paris, qui fait partie d'Euronext, la première bourse européenne. Ces sociétés, représentatives des différentes branches d'activités, reflètent en principe la tendance globale de l'économie des grandes entreprises françaises, et leur liste est revue régulièrement pour maintenir cette représentativité.



Pour retrouver la composition du CAC 40 actualisée, vous pouvez suivre le lien suivant :
<https://www.boursier.com/indices/composition/cac-40-FR0003500008,FR.html?tri=dcapi>

Le rendement journalier du CAC 40 se calcule tout simplement par cette formule :

$$\text{rendement}(t) = \frac{\text{Prix de clôture du CAC 40}(t)}{\text{Prix de clôture du CAC 40}(t-1)} - 1, \text{ où } t \text{ désigne le jour où le rendement est calculé}$$

et le prix de clôture est le dernier prix (plus précisément valeur de l'indice) donné par la bourse de Paris.

Donc, pour l'étude, j'ai dû stocker les 7786 valeurs du CAC 40 ainsi que la date associée. Pour cela, j'ai utilisé une simple formule Excel fournie dans un module Bloomberg pour Excel en entrant comme date d'entrée le 01/01/1900 et comme date de fin la date à laquelle je lance mon étude.

Le CAC 40 est un indicateur pertinent pour le besoin de l'entreprise. Etant un indicateur sur le marché français observant les plus grandes entreprises françaises, cela leur permet de pouvoir mieux appréhender la gestion des gérants de portefeuille investis en France. Evidemment, ce n'est pas le seul indicateur de marché regardé au vu de la multitude de thèmes et de secteurs de gestion.

4.3 Descriptions des outils mathématiques utilisés pour l'étude fractale

La plupart des définitions sont issues du livre *Les marchés fractals* écrit par Jacques Lévy Véhel et Christian Walter. Si elles ne le sont pas, je ferai mention de l'auteur ou de la référence de la définition. Pour respecter la dénomination utilisée dans le livre *Les marchés fractals*, nous parlerons à présent de loi α – stable et non plus simplement de loi stable.

Définition 1 :

Une distribution α – stable univariée est caractérisé par 4 paramètres :

- α appelée l'exposant de stabilité évaluant la discontinuité de la suite numérique étudié et permet d'évaluer la forme de la distribution. Ce paramètre évolue dans les estimations dans l'intervalle] 1 , 2] mais a pour domaine de définition] 0 , 2].
- β le paramètre d'asymétrie. Ce paramètre évolue dans l'intervalle [-1 , 1]. Si β est proche de -1 on dit que la distribution est asymétrique à gauche, si β est 0 la distribution est alors symétrique et si β est proche de 1 alors la distribution est
- μ le paramètre de localisation. Ce paramètre évolue dans les estimations dans l'intervalle $[-\infty, +\infty]$
- γ le paramètre d'échelle. Ce paramètre évolue dans les estimations dans l'intervalle $[0, +\infty]$. Si $\alpha = 2$, alors l'écart-type de la distribution se retrouve à être l'écart-type gaussien σ tel que $\gamma = \frac{\sigma}{\sqrt{2}}$

Cette dernière explication se retrouve dans la proposition suivante :

Proposition 1 :

Soit X une variable aléatoire (v.a.) α - stable de paramètres α , β , μ et γ tel qu'ils ont été décrit précédemment. Si $(\alpha, \beta) = (2,0)$, alors X suit une distribution gaussienne.

Définition 2 :

Une v.a. X est appelée v.a. α – stable si $\forall (a,b) \in \mathbb{R}_+^*$, il existe $c \in \mathbb{R}_+^*$ et $d \in \mathbb{R}$ tels que :

$aX_1 + bX_2 \stackrel{d}{\equiv} cX + d$ où X_1, X_2 sont 2 copies indépendantes de X et « $\stackrel{d}{\equiv}$ » symbolise l'égalité en distribution. X est dite strictement α – stable si l'égalité en distribution est vérifiée avec $d=0$. On peut montrer qu'il existe $c^\alpha = c_1^\alpha + c_2^\alpha$.

Définition 3 :

Une v.a. X est appelée v.a. α – stable si $\forall n \geq 2$, il existe $c_n > 0$ et $d_n \in R$ tels que :

$\sum_{i=1}^n X_i \stackrel{d}{\cong} c_n X + d_n$ où les X_i pour $i \in \llbracket 1, n \rrbracket$ sont des copies indépendantes de X et « $\stackrel{d}{\cong}$ » symbolise l'égalité en distribution. Le coefficient c_n est encore aussi calculable : $c_n = n^{\frac{1}{\alpha}}$.

Définition 4 :

Une v.a. X est appelée v.a. α – stable s'il existe des paramètres α, β, μ et γ tel qu'ils sont dans leur domaine de définition définies dans la définition 1, tels que sa fonction caractéristique s'écrive de la façon suivante :

$$\Psi_X(t) = E(e^{itX}) = \exp\{i\mu t - |\gamma t|^\alpha * (1 - i\beta * \text{sign}(t) * W(\alpha, t))\}$$

$$\text{Où } W(\alpha, t) = \tan\left(\frac{\pi\alpha}{2}\right) \text{ si } \alpha \neq 1 \text{ et } W(\alpha, t) = -\frac{2}{\pi} \log(|t|) \text{ si } \alpha = 1,$$

$$\text{et } \text{sign}(t) = 1 \text{ si } t > 0, \text{sign}(0) = 0 \text{ et } \text{sign}(t) = -1 \text{ si } t < 0$$

Note : La fonction caractéristique est la seule formule explicite caractérisant une loi α – stable. La loi stable n'admet pas de formule explicite pour sa distribution, ni sa fonction de répartition.

Proposition 2 :

Une v.a. X appelée v.a. α – stable a un comportement dit de queue lourde tel que :

$$\lim_{x \rightarrow \infty} P(X > x) = x^{-\alpha} f(x) \text{ où :}$$

$f(x)$ est une fonction à variation lente tel que : $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(bx)}{f(x)} = 1, \forall b \in R^+$ et α le paramètre de stabilité de la loi stable.

4.4 Méthodes d'estimations/calibrage de la loi α – stable

Il y a 4 méthodes spectrale d'estimation pour la loi α – stable décrites dans le livre *Les marchés fractals*. Je vais décrire rapidement la méthode qui a été utilisée précédemment dans le fichier Excel, celle que j'utilise sur Python actuellement et sur celle que j'espère pouvoir mettre en place avant la fin de mon stage. Toutes ces méthodes utilisent un pas de temps de variable pour l'échantillon à calibrer c'est-à-dire que lorsqu'on estime les paramètres de la loi α – stable le 15 décembre 2016 on récupèrera une période antérieure de temps de durée « n » pour estimer les paramètres à la suite du jour du 15 décembre 2016 par exemple.

- Méthode de Koutrouvelis : cette méthode spectrale était utilisée dans le fichier excel existant avant que je reprenne le projet

En réutilisant Ψ pour la fonction caractéristique de la loi α – stable, en notant S la variable aléatoire dont on cherche à estimer les paramètres et $(S_j)_{j=1,\dots,n}$ les n rendements journaliers étudiés, on pose : $\hat{\Psi}(t) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \exp(iS_j t)$ estimateur de $\Psi(t)$.

On remarque que $\log(|\Psi(t)|^2) = -2|\gamma t|^\alpha$ et que donc :

$$\log(-\log(|\Psi(t)|^2)) = \log(2\gamma^\alpha) + \alpha \log(t)$$

On cherche des estimateurs de α , β , μ et γ que l'on nommera respectivement : $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$, $\hat{\mu}$ et $\hat{\gamma}$

$\hat{\alpha}$ et $\hat{\gamma}$ seront obtenus par régressant $\log(-\log(|\hat{\Psi}(t)|^2))$ sur $\log(|t|)$ pour t choisi convenablement.

D'autre part quand α est différent de 1 :

$$\text{Re}(\Psi(t)) = \exp(-|\gamma t|^\alpha) * \cos(\mu t - |\gamma t|^\alpha * \beta \text{sign}(t) * \tan(\frac{\pi\alpha}{2}))$$

$$\text{Im}(\Psi(t)) = \exp(-|\gamma t|^\alpha) * \sin(\mu t - |\gamma t|^\alpha * \beta \text{sign}(t) * \tan(\frac{\pi\alpha}{2}))$$

D'où :

$$\text{Arctan}\left(\frac{\text{Im}(\Psi(t))}{\text{Re}(\Psi(t))}\right) = \mu t - |\gamma t|^\alpha * \beta \text{sign}(t) * \tan\left(\frac{\pi\alpha}{2}\right) \text{ à } k\pi \text{ près avec } k \in \mathbb{Z}$$

$\hat{\beta}$ et $\hat{\mu}$ peuvent être obtenus en régressant $Arctan\left(\frac{Im(\Psi(t))}{Re(\Psi(t))}\right)$ sur t et $(-|\gamma t|^\alpha * \beta \text{sign}(t) * \tan\left(\frac{\pi\alpha}{2}\right))$.

Cette dernière régression est obtenue par ce schéma itératif :

$$\begin{pmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\mu} \end{pmatrix} = [(X'X)^{-1}X'Y']$$

Où X est la matrice contenant les vecteurs des n observations des 2 variables explicatives et Y le vecteur colonne des réalisations de la variable à expliquer.

Chaque étape se déroule de la manière suivante : au départ de la p-ième itération, on a estimé $\hat{\alpha}^{(p-1)}, \hat{\beta}^{(p-1)}, \hat{\mu}^{(p-1)}, \hat{\gamma}^{(p-1)}$ (la méthode fait la différences entre les paramètres $\hat{\alpha}^{(p-1)}$ et $\hat{\alpha}_{(p-1)}$ de même pour les autres) paramètres de la série de départ $S^{(0)}$ et on a standardisé $S^{(0)}$ (p-1) fois pour obtenir la nouvelle série $S^{(p-1)}$.

On estime $\hat{\alpha}_{(p-1)}$ et $\hat{\gamma}_{(p-1)}$ par la méthode exposée plus haut puis on remplace $S^{(p-1)}$ par $\frac{S^{(p-1)}}{\hat{\gamma}_{(p-1)}}$.

On estime $\hat{\beta}_{(p-1)}$ et $\hat{\mu}_{(p-1)}$ sur cette nouvelle série et on obtient $S^{(p)}$ par :

$$S^{(p)} = \frac{S^{(p-1)}}{\hat{\gamma}_{(p-1)}} - \hat{\mu}_{(p-1)}$$

Les nouveaux estimateurs sont alors :

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{\alpha}^{(p)} = \hat{\alpha}_{(p-1)} \\ \hat{\beta}^{(p)} = \hat{\beta}_{(p-1)} \\ \hat{\mu}^{(p)} = \hat{\mu}^{(p-1)} + \hat{\gamma}^{(p)} * \hat{\mu}_{(p-1)} \\ \hat{\gamma}^{(p)} = \hat{\gamma}_{(p-1)} * \hat{\gamma}^{(p-1)} \end{array} \right.$$

Les estimateurs de Koutrouvelis sont $\left\{ \lim_{p \rightarrow \infty} \hat{\alpha}^{(p)}, \lim_{p \rightarrow \infty} \hat{\beta}^{(p)}, \lim_{p \rightarrow \infty} \hat{\gamma}^{(p)}, \lim_{p \rightarrow \infty} \hat{\mu}^{(p)} \right\}$

Cette méthode ne suppose depuis le départ d'hypothèse restrictive et reste malgré son apparence assez simple d'utilisation d'après les auteurs du livre *Les marchés fractals*.

Le seul regret de cette méthode est l'estimation de β , μ qui est dépendante de l'estimation des 2 autres paramètres à chaque itération.

- La méthode de Maximum de Vraisemblance : cette méthode est implémenté en Python à travers le paquet importé Pylevy qui est récupérable sur <http://www.logarithmic.net/pfh/pylevy> créé par le **Dr. Paul Harrison** pour ses travaux sur l'autisme et amélioré par **José María Miotto**.

La méthode de maximum de vraisemblance est utilisée pour estimer les paramètres d'une loi. L'estimateur du maximum de vraisemblance infère les paramètres de la loi de probabilité d'un échantillon donné.

Soit une famille paramétrique de distributions de probabilités D_θ dont les éléments sont associés soit à une densité de probabilité connue (distribution continue), notée $f(x|\theta)$. On tire de façon indépendante un échantillon de n valeurs x_1, x_2, \dots, x_n de la distribution, et l'on calcule la densité de probabilité associée aux données observées.

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n | \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i)$$

On cherche à trouver le maximum de cette vraisemblance pour que les probabilités des réalisations observées soient aussi maximum.

- ✓ Méthode d'optimisation par la densité négative logarithmique proposé par **José María Miotto** :

José María Miotto a amélioré comme il a été précédemment dit l'estimation des paramètres de la loi α – stable en utilisant différentes fonctions présentes dans les paquets de base de Python tout en restant sur la méthode du maximum de vraisemblance.

Il commence par définir ce qu'il appelle la « neglog_levy density » qui est une approximation de la densité de la loi α – stable multiplié par (-1) à laquelle on a appliqué la fonction logarithmique.

En nommant f la densité approximée, on peut la calculer de la façon suivante à l'aide de la transformée de Fourier :

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \Psi(t) * \exp(-itx) dt$$

$$\text{Negative Log Density } (x) = \log(-f(x))$$

Et ensuite il applique le principe d'optimisation sur cette densité approximé (utilisation de la méthode de maximum de vraisemblance). A l'aide de paquet intégré à Python il peut optimiser le problème et ainsi obtenir les 4 paramètres de la loi $\alpha - \text{stable}$.

- ✓ Méthode de PHL (Paulson-Holcomb-Leitch) : Cette méthode est celle que j'aurais aimé pouvoir mettre en place.

On reprend les notations précédemment utilisées et on cherche à minimiser le problème suivant :

$$\min_{(\alpha, \beta, \mu, \gamma) \in D_{stable}} \|\Psi - \hat{\Psi}\|$$

Paulson-Holcomb-Leitch préconise d'utiliser la norme suivante tel que :

$$\|\Psi - \hat{\Psi}\| = \int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(t) - \widehat{\Psi}(t)|^2 e^{-t^2} dt$$

$$\|\Psi - \hat{\Psi}\| = F(\alpha, \beta, \mu, \gamma)$$

Le problème de cette méthode réside dans le calcul de l'intégrale et dans le fait que l'on a affaire à un problème d'optimisation non linéaire.

Pour l'intégrale on peut l'approcher par une quadrature de l'Hermite, en effet une approximation de l'intégrale $\int_{-\infty}^{\infty} \rho e^{-t^2}$ est donnée par :

$$\sum \omega_k^{(n)} \rho(t_k^{(n)})$$

Où les $t_k^{(n)}$ sont les zéros du polynômes de Hermite de degré n et les $\omega_k^{(n)}$ sont des poids indépendants de ρ .

Pour résoudre ce problème d'optimisation, PHL préconise d'utiliser une méthode de gradient non linéaire à chaque itération et de réutiliser la méthode itérative utilisé dans la méthode de Koutrouvélis pour centrer et réduire l'échantillon S.

Chaque étape se déroule de la manière suivante : après avoir résolu le problème de minimisation, à la p-ième itération, on a estimé $\hat{\alpha}^{(p-1)}, \hat{\beta}^{(p-1)}, \hat{\mu}^{(p-1)}, \hat{\gamma}^{(p-1)}$ (la méthode fait la différences entre les paramètres $\hat{\alpha}^{(p-1)}$ et $\hat{\alpha}_{(p-1)}$ de même pour les autres)

paramètres de la série de départ $S^{(0)}$ et on a standardisé $S^{(0)}$ $(p-1)$ fois pour obtenir la nouvelle série $S^{(p-1)}$.

On estime $\hat{\alpha}_{(p-1)}$, $\hat{\gamma}_{(p-1)}$, $\hat{\beta}_{(p-1)}$ et $\hat{\mu}_{(p-1)}$ sur cette nouvelle série et on obtient $S^{(p)}$ par :

$$S^{(p)} = \frac{S^{(p-1)}}{\hat{\gamma}_{(p-1)}} - \hat{\mu}_{(p-1)}$$

Les nouveaux estimateurs sont alors :

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{\alpha}^{(p)} = \hat{\alpha}_{(p-1)} \\ \hat{\beta}^{(p)} = \hat{\beta}_{(p-1)} \\ \hat{\mu}^{(p)} = \hat{\mu}_{(p-1)} + \hat{\gamma}^{(p)} * \hat{\mu}_{(p-1)} \\ \hat{\gamma}^{(p)} = \hat{\gamma}_{(p-1)} * \hat{\gamma}^{(p-1)} \end{array} \right.$$

Les estimateurs sont encore $\left\{ \lim_{p \rightarrow \infty} \hat{\alpha}^{(p)}, \lim_{p \rightarrow \infty} \hat{\beta}^{(p)}, \lim_{p \rightarrow \infty} \hat{\gamma}^{(p)}, \lim_{p \rightarrow \infty} \hat{\mu}^{(p)} \right\}$

L'algorithme itératif a pour condition d'arrêt : $\|u_n - u_{n-1}\| < \varepsilon$ où $\varepsilon > 0$

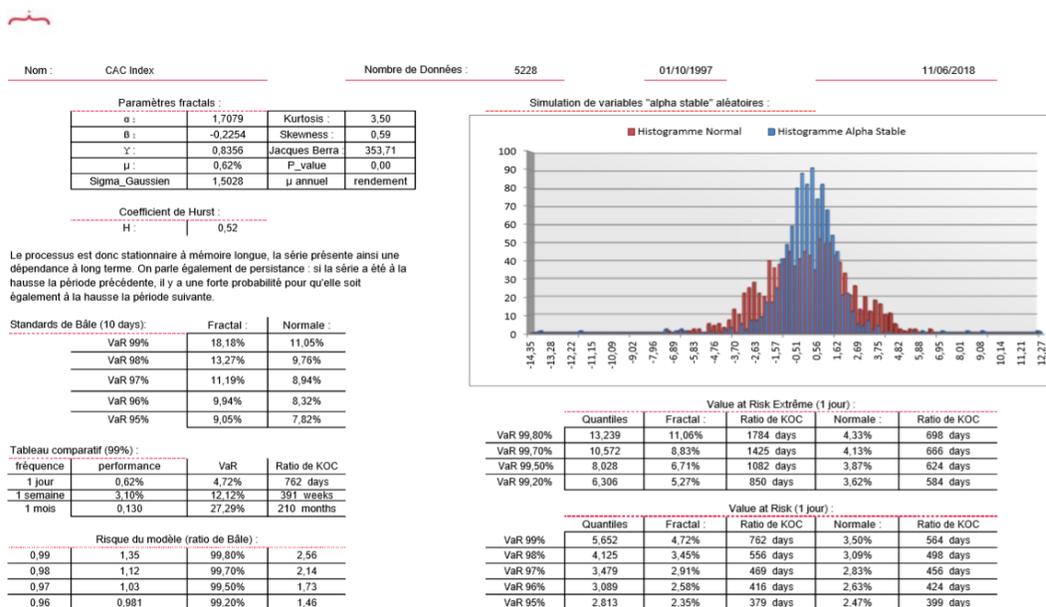
Je n'ai pas pu implémenter cette méthode par souci de temps, j'aurais aimé la mettre en place.

Cette méthode est théoriquement meilleure que la méthode de Koutrouvelis.

5 Mise en œuvre de l'étude fractale

5.1 Réalisation et structure du projet

Intuitae possédait il y a encore 2 ans un fichier Excel simulant, pour le CAC 40, le EUR/USD, l'Eurostoxx 50 et d'autres indices utiles pour un investisseur français, les métriques de risque usuelles de ces indices se résumant sous cette forme :



Cette feuille avait pour but d'informer le client d'éventuels risques pris par un gérant sur le marché actions à travers les indicateurs de risques usuels et le ratio de KOC (indicateur permettant d'évaluer le temps qu'il faudrait à un investisseur de pouvoir récupérer la perte subie si l'actif subit la perte désignant par la Value at Risk correspondant). Il faut savoir que l'entreprise ne gère aucune somme d'argent, elle n'a pour unique but que de conseiller ces clients sur la gestion de leurs patrimoines, ainsi l'entreprise peut conseiller ou recommander un gérant de portefeuille. Ce fichier avait aussi pour but de conseiller au client s'il lui fallait prévoir une couverture indicelle selon son actif, c'est-à-dire prendre une position vendeuse sur le marché correspondant par exemple à travers un produit dérivé.

Or la dernière utilisation de ce logiciel précédant mon entrée en stage date de 2016 faute de quelques problèmes de programmation (codes VBA en cascade, non explication du code pour un éventuelle débogage, confusion sur les constantes de simulation de lois normales,

problèmes d'affichage des 2 histogrammes, etc.), certainement dus à des tentatives de réparation du code mal optimisé.

Néanmoins, j'ai su remettre en route le fichier Excel mais l'amas de données et de macro réduisaient énormément la simulation et la facilité d'utilisation du fichier et les codes étaient difficilement vérifiables à cause de leur programmation.

Aussi ai-je décidé de migrer le projet sous Python pour avoir une meilleure utilisation et un espace de travail neuf.

5.2 Procédure de création des fiches de conseil d'investissement et des tableaux de risques

A la date du 07/09/2018 j'ai pu estimer les paramètres de la loi alpha stable pour chaque valeur journalière du CAC 40, de l'Euro Stoxx 50, du Nasdaq, du S&P 500, du DAX et de fonds d'investissement depuis 30 ans ou moins si leur historique ne le permet pas.

Cela m'a permis de tester différentes stratégies pour essayer de trouver la stratégie répondant au mieux au besoin de l'entreprise qui est la couverture sur les marchés indiciels.

La suite du projet consiste après avoir défini la bonne stratégie de couverture sur l'actif considéré, d'implémenter un tableau résumant les risques pris sur le marché actions ou l'actif. Cela permet ainsi d'évaluer pour un investissement sur différents secteurs ou différents pays ou sur différents thèmes d'investissement quels sont les risques pris par le gérant ou l'investisseur.

Pour arriver à créer un système autonome de calibration de paramètres fractales codé en Python en prenant des données mises à jour j'ai eu recours à un schéma particulier : Tout d'abord je lance le script Python que j'ai appelé création actif, qui va ouvrir 4 fichiers Excel préparé pour préparer le champ de travail :

Supposons qu'on souhaite rajouter l'actif « SACL INDEX »

- « EXEMPLE_vna.xlsm » qui deviendra « SACL IINDEX_NAV.xlsm » qui sauvegardera les derniers prix ou valeur de l'actif

- « Evolution_entiere_EXEMPLE.xlsx » qui deviendra « Evolution_entiere_SACL INDEX.xlsx » qui stockera les paramètres fractals de l'actif regardé selon ses dates de valorisation pour une calibration allant de 20 ans jusqu'à la dernière date

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | |
|------|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------------|---------|---------|
| 1 | ALL | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | Date | Alpha | Beta | Mu | Gamma | Hurst | Performance cumulée | Performance Nette | NAVs | |
| 4 | 20/09/1987 22:00 | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | |
| 5 | 21/09/1987 22:00 | xxxx | x | x | x | x | | 1 | 0,00% | |
| 6 | 22/09/1987 22:00 | 1,85651732 | | 1 | -0,01538517 | 0,51925897 | 0,433333367 | 0,997643788 | -0,24% | 1528,51 |
| 7846 | 30/08/2018 22:00 | 1,64036624 | -0,12585092 | 0,056456975 | 0,77629313 | 0,492702976 | 3,012337428 | -0,42% | 5478,06 | |
| 7847 | 31/08/2018 22:00 | 1,6407484 | -0,12561867 | 0,056050716 | 0,77647713 | 0,492548302 | 2,999338301 | -1,30% | 5406,85 | |
| 7848 | 03/09/2018 22:00 | 1,64053684 | -0,12562 | 0,056093307 | 0,7762793 | 0,493867388 | 3,000623708 | 0,13% | 5413,8 | |
| 7849 | 04/09/2018 22:00 | 1,64092401 | -0,1253969 | 0,055686271 | 0,77646809 | 0,496639008 | 2,987490603 | -1,31% | 5342,7 | |
| 7850 | 05/09/2018 22:00 | 1,64137903 | -0,12537621 | 0,055280699 | 0,77673606 | 0,493867388 | 2,972052716 | -1,54% | 5260,22 | |
| 7851 | 06/09/2018 22:00 | 1,64125267 | -0,12508699 | 0,055133823 | 0,77658129 | 0,493867388 | 2,968938778 | -0,31% | 5243,84 | |
| 7852 | 07/09/2018 22:00 | 1,64104219 | -0,12511283 | 0,055190354 | 0,77638478 | 0,493867388 | 2,970536843 | 0,16% | 5252,22 | |
| 7853 | 10/09/2018 22:00 | 1,64085139 | -0,12526703 | 0,055319919 | 0,77620201 | 0,493867388 | 2,973851632 | 0,33% | 5269,63 | |
| 7854 | 11/09/2018 22:00 | 1,64065013 | -0,1253741 | 0,055423079 | 0,77601229 | 0,492702976 | 2,976538728 | 0,27% | 5283,79 | |
| 7855 | 12/09/2018 22:00 | 1,64071088 | -0,12584152 | 0,055752098 | 0,77598502 | 0,498098011 | 2,985687464 | 0,91% | 5332,13 | |
| 7856 | 13/09/2018 22:00 | 1,64051821 | -0,12569645 | 0,055705635 | 0,77579526 | 0,498098011 | 2,984935419 | -0,08% | 5328,12 | |

Figure 18 Capture d'écran pour le fichier Evolution_entiere_CAC Index.xlsx

- « Evolution_entiere_strategies_EXEMPLE.xlsx » qui deviendra « Evolution_entiere_strategies_SACL INDEX.xlsx » qui stockera les paramètres fractals de l'actif regardé selon ses dates de valorisation pour une calibration allant de de la dernière date jusqu'à 40 jours précédent

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | |
|------|------------------|------------|------|------|-------------|------------|---------------------|-------------------|--------|---------|
| 1 | ALL | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | Date | Alpha | Beta | Mu | Gamma | Hurst | Performance cumulée | Performance Nette | NAVs | |
| 4 | 20/09/1987 22:00 | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | |
| 5 | 21/09/1987 22:00 | xxxx | x | x | x | x | | 1 | 0,00% | |
| 6 | 22/09/1987 22:00 | 1,85651732 | | 1 | -0,01538517 | 0,51925897 | 0,433333367 | 0,997643788 | -0,24% | 1528,51 |
| 7846 | 30/08/2018 22:00 | 1,65518127 | | -1 | 0,245123936 | 0,38252422 | 0,360588331 | 3,012337428 | -0,42% | 5478,06 |
| 7847 | 31/08/2018 22:00 | 1,63007057 | | -1 | 0,207405956 | 0,39610683 | 0,567295471 | 2,999338301 | -1,30% | 5406,85 |
| 7848 | 03/09/2018 22:00 | 1,63349908 | | -1 | 0,204781644 | 0,39674903 | 0,432929039 | 3,000623708 | 0,13% | 5413,8 |
| 7849 | 04/09/2018 22:00 | 1,62653167 | | -1 | 0,171399853 | 0,42046008 | 0,434667199 | 2,987490603 | -1,31% | 5342,7 |
| 7850 | 05/09/2018 22:00 | 1,61956602 | | -1 | 0,127610295 | 0,44221874 | 0,5899011 | 2,972052716 | -1,54% | 5260,22 |
| 7851 | 06/09/2018 22:00 | 1,66757101 | | -1 | 0,127011929 | 0,42694525 | 0,651217333 | 2,968938778 | -0,31% | 5243,84 |
| 7852 | 07/09/2018 22:00 | 1,65332787 | | -1 | 0,110241539 | 0,40938296 | 0,804018537 | 2,970536843 | 0,16% | 5252,22 |
| 7853 | 10/09/2018 22:00 | 1,65675266 | | -1 | 0,106065163 | 0,4087545 | 0,539943634 | 2,973851632 | 0,33% | 5269,63 |
| 7854 | 11/09/2018 22:00 | 1,62394895 | | -1 | 0,136275794 | 0,39875488 | 0,477233572 | 2,976538728 | 0,27% | 5283,79 |
| 7855 | 12/09/2018 22:00 | 1,63328436 | | -1 | 0,151583553 | 0,41346345 | 0,599357376 | 2,985687464 | 0,91% | 5332,13 |
| 7856 | 13/09/2018 22:00 | 1,66258241 | | -1 | 0,12482108 | 0,41727836 | 0,693703839 | 2,984935419 | -0,08% | 5328,12 |

Figure 19 Capture d'écran pour le fichier Evolution_entiere_strategies_CAC Index.xlsx

- « Risk_management_EXEMPLE.xlsx » qui deviendra « Risk_management_SACL INDEX.xlsx » qui utilisera les paramètres fractals obtenues par

« Evolution_entiere_SACL INDEX.xlsx » pour calculer et stocker les différentes métriques de risques.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | |
|------|------------------|----------|-----------|------------------|---------|----------|------------------|----------------------|-----------|------------------|---------|----------|
| 1 | ALL | Fractal | | | | | | Vert pour début Algo | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Date | VaR 95% | CVaR 95% | Ratio de KOC 95% | VaR 96% | CVaR 96% | Ratio de KOC 96% | VaR 97% | CVaR 97% | Ratio de KOC 97% | VaR 98% | |
| 7854 | 11/09/2018 20:00 | -2,11605 | -4,381676 | | -38 | -2,33413 | -4,922579 | -42 | -2,681762 | -5,731657 | -48 | -3,25932 |
| 7855 | 12/09/2018 20:00 | -2,13044 | -4,681848 | | -38 | -2,3658 | -5,291405 | -42 | -2,704989 | -6,212976 | -48 | -3,3028 |
| 7856 | 13/09/2018 20:00 | -2,11712 | -4,814118 | | -38 | -2,35344 | -5,4603 | -42 | -2,707041 | -6,440631 | -48 | -3,30474 |

Figure 20 Capture d'écran du fichier Risk_management_CAC Index.xlsx

Ensuite, on recopie un code VBA déjà présent dans un autre fichier déjà utilisé récupérant l'historique des prix d'un actif observé se lançant à l'ouverture pour permettre aux fichiers de s'actualiser à la base de données de Bloomberg, puis de se sauvegarder et enfin de se refermer.

Cela a son importance puisque c'est la seule solution que j'ai pu trouver pour lancer une procédure journalière pour automatiser entièrement sans l'intervention de l'utilisateur le calcul des paramètres fractals, et ainsi des tableaux de risques et des historiques de décisions d'achat ou de vente selon l'actif.

Pour cela, au travers d'une commande MS-DOS lançant Python, les scripts implémentés se lancent :

Maj_auto.py permettant de mettre à jour selon la dernière mise à jour du fichier « SACL IINDEX_NAV.xslm » les fichiers « Evolution_entiere_SACL INDEX.xlsx », « Evolution_entiere_strategies_SACL INDEX.xlsx » et « Risk_management_SACL INDEX.xlsx ». Ce script permet aussi après la création d'un actif de définir l'ensemble des paramètres fractales journalier depuis le début de son historique.

Ces 3 fichiers Excel sont après utilisés dans un script Python (sa création n'est pas automatisée) portant le nom de « recherche_SACL INDEX.py ». Ce fichier permet d'établir 2 fichiers qui sont la sortie du projet : un tableau de calcul de risques sur le SACL Index et un historique de décisions sur le SACL Index.

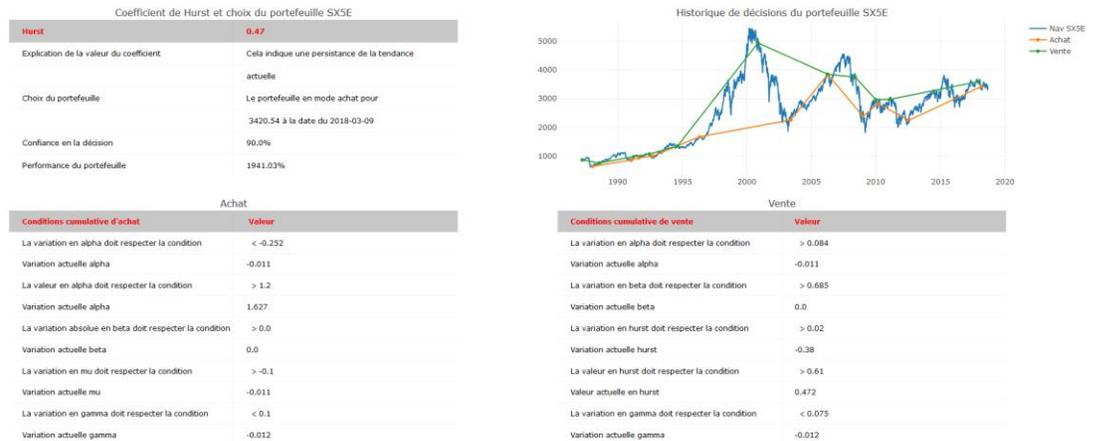


Figure 21 Historique de décisions sur l'EuroStoxx 50 d'après la stratégie fractale associée

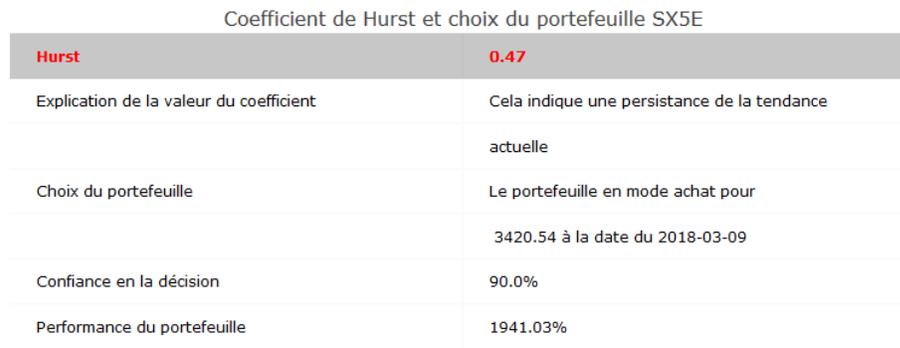


Figure 22 Coefficient de hurst et choix du portefeuille selon l'historique de décisions sur l'EuroStoxx 50



Figure 23 Graphe de l'historique de décisions sur l'EuroStoxx50

| Achat | |
|--|----------|
| Conditions cumulative d'achat | Valeur |
| La variation en alpha doit respecter la condition | < -0.252 |
| Variation actuelle alpha | -0.011 |
| La valeur en alpha doit respecter la condition | > 1.2 |
| Variation actuelle alpha | 1.627 |
| La variation absolue en beta doit respecter la condition | > 0.0 |
| Variation actuelle beta | 0.0 |
| La variation en mu doit respecter la condition | > -0.1 |
| Variation actuelle mu | -0.011 |
| La variation en gamma doit respecter la condition | < 0.1 |
| Variation actuelle gamma | -0.012 |

Figure 24 Conditions d'achat selon la stratégie implémentée sur l'EuroStoxx 50

| Vente | |
|---|---------|
| Conditions cumulative de vente | Valeur |
| La variation en alpha doit respecter la condition | > 0.084 |
| Variation actuelle alpha | -0.011 |
| La variation en beta doit respecter la condition | > 0.685 |
| Variation actuelle beta | 0.0 |
| La variation en hurst doit respecter la condition | > 0.02 |
| Variation actuelle hurst | -0.38 |
| La valeur en hurst doit respecter la condition | > 0.61 |
| Valeur actuelle en hurst | 0.472 |
| La variation en gamma doit respecter la condition | < 0.075 |
| Variation actuelle gamma | -0.012 |

Figure 25 Conditions de vente selon la stratégie implémentée sur l'EuroStoxx 50

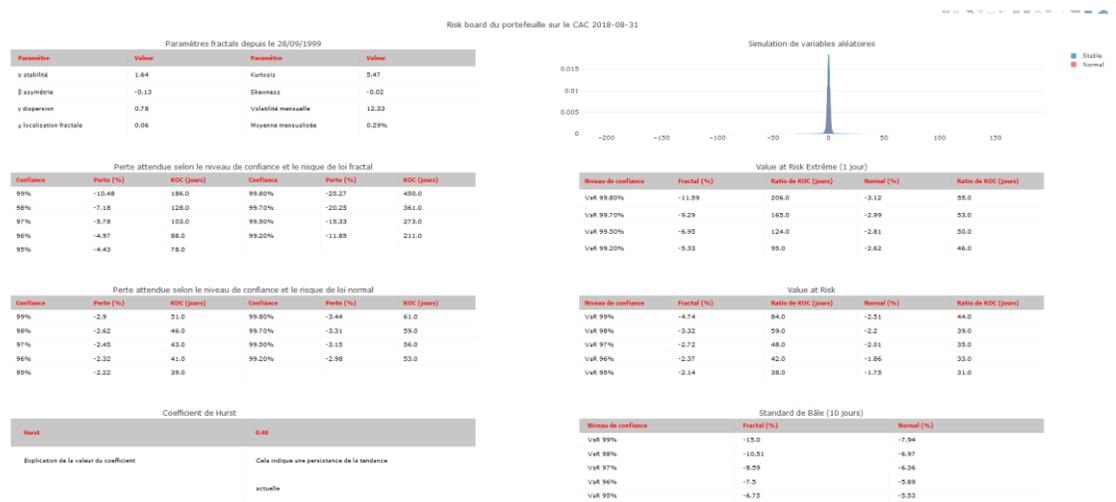


Figure 26 Tableau de risques sur le CAC 40

Paramètres fractals depuis le 28/09/1999

| Paramètre | Valeur | Paramètre | Valeur |
|-----------------------------|--------|----------------------|--------|
| α stabilité | 1.64 | Kurtosis | 5.47 |
| β asymétrie | -0.13 | Skewness | -0.02 |
| γ dispersion | 0.78 | Volatilité mensuelle | 12.33 |
| μ localisation fractale | 0.06 | Moyenne mensualisée | 0.29% |

Figure 27 Paramètres de l'estimation par la loi stable et moyenne et volatilité du CAC 40

Perte attendue selon le niveau de confiance et le risque de loi fractal

| Confiance | Perte (%) | KOC (jours) | Confiance | Perte (%) | KOC (jours) |
|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| 99% | -10.48 | 186.0 | 99.80% | -25.27 | 450.0 |
| 98% | -7.18 | 128.0 | 99.70% | -20.25 | 361.0 |
| 97% | -5.78 | 103.0 | 99.50% | -15.33 | 273.0 |
| 96% | -4.97 | 88.0 | 99.20% | -11.85 | 211.0 |
| 95% | -4.43 | 78.0 | | | |

Perte attendue selon le niveau de confiance et le risque de loi normal

| Confiance | Perte (%) | KOC (jours) | Confiance | Perte (%) | KOC (jours) |
|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| 99% | -2.9 | 51.0 | 99.80% | -3.44 | 61.0 |
| 98% | -2.62 | 46.0 | 99.70% | -3.31 | 59.0 |
| 97% | -2.45 | 43.0 | 99.50% | -3.15 | 56.0 |
| 96% | -2.32 | 41.0 | 99.20% | -2.98 | 53.0 |
| 95% | -2.22 | 39.0 | | | |

Figure 28 Tableau de perte attendue (CVaR ou Expected Shortfall) du CAC 40

| Coefficient de Hurst | |
|---|--|
| Hurst | 0.49 |
| Explication de la valeur du coefficient | Cela indique une persistance de la tendance actuelle |

Figure 29 Coefficient de Hurst et signification pour le CAC 40

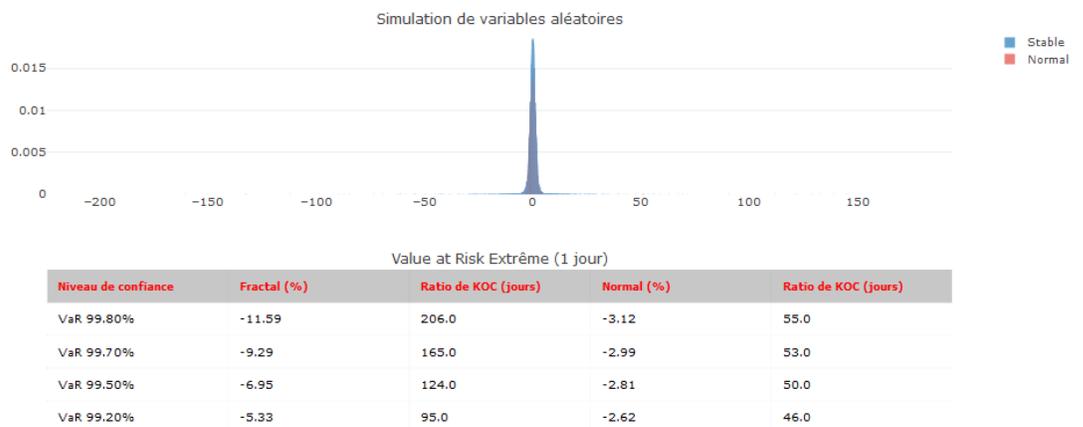


Figure 30 Simulation de variable aléatoires Stable et Normal et VaR (Value at Risk) Extrême sur 1 jour du CAC 40

| Value at Risk | | | | |
|---------------------|-------------|----------------------|------------|----------------------|
| Niveau de confiance | Fractal (%) | Ratio de KOC (jours) | Normal (%) | Ratio de KOC (jours) |
| VaR 99% | -4.74 | 84.0 | -2.51 | 44.0 |
| VaR 98% | -3.32 | 59.0 | -2.2 | 39.0 |
| VaR 97% | -2.72 | 48.0 | -2.01 | 35.0 |
| VaR 96% | -2.37 | 42.0 | -1.86 | 33.0 |
| VaR 95% | -2.14 | 38.0 | -1.75 | 31.0 |

| Standard de Bâle (10 jours) | | |
|-----------------------------|-------------|------------|
| Niveau de confiance | Fractal (%) | Normal (%) |
| VaR 99% | -15.0 | -7.94 |
| VaR 98% | -10.51 | -6.97 |
| VaR 97% | -8.59 | -6.36 |
| VaR 96% | -7.5 | -5.89 |
| VaR 95% | -6.75 | -5.53 |

Figure 31 Value at Risk sur 1 jour et Standard de Bâle (sur 10 jours) du CAC 40

Dans les codes Python actuels, le script permet de générer sans besoin de modifications le tableau de risques et l'historique de décisions. Mais l'historique de décisions ne sera pas optimisé, pour cela il nécessite encore d'effectuer une prise en main sur le fichier et de regarder quelles seraient les meilleures conditions de paramètres pour l'achat ou la vente.

J'explique dans la partie suivante la démarche que j'ai suivie pour obtenir ces décisions d'achat et de ventes.

6 Mise en œuvre des stratégies fractales

6.1 Ancienne version des méthodes d'estimations/calibrage de la loi α – stable

Commençons par l'ancien fichier de calibrage de loi α – stable, le fichier Excel « Kockpit » :

| CAC INDEX | 01/10/1997 | CACmaj | | | | | PAS=40 | | | | | Mise à jour | | | | | Graphiques Pas = 50 | | | | | Graphiques | | | | |
|------------|------------|-----------|-------------|-------------|-----------|--------------|-----------|------------|-------------|------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|---------------------|-------------|------------|------------|----------|------------|-------|----|-------|--|
| | | PX_LAST | ALPHA | BETA | GAMMA | MU | HURST | DATE | ALPHA | BETA | GAMMA | MU | HURST | DATE | ALPHA | BETA | GAMMA | MU | HURST | DATE | ALPHA | BETA | GAMMA | MU | HURST | |
| 09/05/2018 | 5534,63 | 0,22973% | 1,798428165 | 0,119327299 | 0,3490698 | 0,275739571 | 0,402604 | 23/03/2018 | 1,649201788 | - | -1 | 0,3755537524 | 0,120399469 | 0,57608522 | 09/03/2018 | 1,56206537 | - | -1 | 0,3794112 | 0,08009179 | 0,562520 | | | | | |
| 10/05/2018 | 5545,95 | 0,20432% | 1,768856708 | -0,13145041 | 0,326775 | 0,301537037 | 0,3965543 | 26/03/2018 | 1,636158336 | - | -1 | 0,379446569 | 0,124412835 | 0,57158437 | 12/03/2018 | 1,56043927 | -0,99932385 | 0,3703192 | 0,07408865 | 0,564064 | | | | | | |
| 11/05/2018 | 5541,94 | -0,07233% | 1,756961542 | -0,28125074 | 0,3166918 | 0,266741862 | 0,4058734 | 27/03/2018 | 1,605436047 | - | -1 | 0,352119758 | 0,138727051 | 0,5888654 | 13/03/2018 | 1,56706202 | -0,99452857 | 0,37202161 | 0,07276657 | 0,565162 | | | | | | |
| 14/05/2018 | 5540,68 | -0,02274% | 1,776436799 | -0,06243984 | 0,3241758 | 0,256419371 | 0,4253206 | 28/03/2018 | 1,587799331 | - | -1 | 0,346525324 | 0,142659294 | 0,55463456 | 14/03/2018 | 1,5362876 | -0,84868186 | 0,35677257 | 0,08110367 | 0,558866 | | | | | | |
| 15/05/2018 | 5553,16 | 0,22499% | 1,737278707 | -0,2584945 | 0,3075669 | 0,240056089 | 0,4613224 | 29/03/2018 | 1,572137203 | - | -1 | 0,338437662 | 0,13214208 | 0,5690885 | 15/03/2018 | 1,51977909 | -0,81794618 | 0,34539505 | 0,10749907 | 0,540136 | | | | | | |
| 16/05/2018 | 5567,54 | 0,25862% | 1,677480078 | -0,55522666 | 0,2871874 | 0,258483414 | 0,4284101 | 03/04/2018 | 1,572578676 | - | -1 | 0,338837082 | 0,131266273 | 0,57010274 | 16/03/2018 | 1,60819814 | -0,90468888 | 0,3279248 | 0,16113163 | 0,558749 | | | | | | |
| 17/05/2018 | 5621,92 | 0,97199% | 1,68998804 | -0,43162426 | 0,2944886 | 0,297566766 | 0,4804101 | 04/04/2018 | 1,63964406 | - | -1 | 0,923532142 | 0,341119857 | 0,184079818 | 0,50972318 | 19/03/2018 | 1,63723453 | -0,96327427 | 0,3429006 | 0,16867296 | 0,559603 | | | | | |
| 18/05/2018 | 5614,51 | -0,13189% | 2 | -0,81027718 | 0,2883783 | 0,206863671 | 0,4448011 | 05/04/2018 | 1,6488754 | - | -0,78787259 | 0,344234331 | 0,166658729 | 0,53403879 | 20/03/2018 | 1,65465078 | -0,92458378 | 0,34820157 | 0,16487429 | 0,557325 | | | | | | |
| 21/05/2018 | 5637,51 | 0,40882% | 1,995622167 | -0,66549408 | 0,2724946 | 0,232153696 | 0,4419969 | 06/04/2018 | 1,618205194 | - | -0,924539366 | 0,334071076 | 0,1829265 | 0,51273192 | 21/03/2018 | 1,65673094 | -0,93270563 | 0,34914795 | 0,16625396 | 0,557820 | | | | | | |
| 22/05/2018 | 5640,1 | 0,04593% | 2 | -0,66549408 | 0,2737295 | 0,230421633 | 0,438495 | 09/04/2018 | 1,709137188 | - | -0,609353415 | 0,323109605 | 0,218922262 | 0,4770484 | 22/03/2018 | 1,63971045 | -0,6379699 | 0,3494164 | 0,14178614 | 0,553225 | | | | | | |
| 23/05/2018 | 5665,85 | -1,32521% | 1,725416734 | -1 | 0,2574855 | 0,158391647 | 0,4895018 | 10/04/2018 | 1,719104649 | - | -0,93399906 | 0,324351907 | 0,22086717 | 0,475867 | 23/03/2018 | 1,60010784 | -0,57168528 | 0,34478251 | 0,10756957 | 0,587815 | | | | | | |
| 24/05/2018 | 5548,45 | -0,31311% | 1,756090251 | -1 | 0,2575806 | 0,166609131 | 0,4832911 | 11/04/2018 | 1,713213803 | - | -0,513281039 | 0,319390304 | 0,227279472 | 0,46740446 | 26/03/2018 | 1,63944126 | -0,69415005 | 0,35765024 | 0,10043162 | 0,596733 | | | | | | |
| 25/05/2018 | 5542,55 | -0,10639% | 1,746078081 | -0,90510549 | 0,2552985 | 0,14336584 | 0,5071182 | 12/04/2018 | 1,687559004 | - | -0,631509229 | 0,304142442 | 0,200331553 | 0,48314589 | 27/03/2018 | 1,60175543 | -0,57168528 | 0,33614078 | 0,11120177 | 0,584622 | | | | | | |
| 28/05/2018 | 5508,93 | -0,60843% | 1,793017287 | -1 | 0,279157 | 0,119445457 | 0,5540594 | 13/04/2018 | 1,729981171 | - | -0,530106035 | 0,32545883 | 0,177947466 | 0,50669309 | 28/03/2018 | 1,62807799 | -0,69415005 | 0,35371961 | 0,10263379 | 0,594227 | | | | | | |
| 29/05/2018 | 5438,06 | -1,29480% | 1,644712009 | -0,71746379 | 0,288995 | 0,077577536 | 0,5993613 | 16/04/2018 | 1,629727274 | - | -0,859951342 | 0,323351566 | 0,127680178 | 0,56445894 | 29/03/2018 | 1,59674486 | -0,68454216 | 0,36455992 | 0,06382415 | 0,63402 | | | | | | |
| 30/05/2018 | 5427,35 | -0,19714% | 1,640466418 | -0,73734735 | 0,2796461 | 0,045643203 | 0,6106213 | 17/04/2018 | 1,615708989 | - | -0,908507285 | 0,316353573 | 0,130106762 | 0,56092132 | 03/04/2018 | 1,63049115 | -0,66791997 | 0,37359864 | 0,05400838 | 0,644888 | | | | | | |
| 31/05/2018 | 5396,4 | -0,53484% | 1,701664946 | -0,47808645 | 0,2970322 | 0,011275471 | 0,6321341 | 18/04/2018 | 1,649378878 | - | -0,845319922 | 0,333063234 | 0,121748502 | 0,57220497 | 04/04/2018 | 1,66688263 | -0,66791997 | 0,36936587 | 0,0661226 | 0,637201 | | | | | | |
| 01/06/2018 | 5465,53 | 1,23585% | 1,74752655 | -0,33766271 | 0,3414436 | 0,04537164 | 0,623637 | 19/04/2018 | 1,834606838 | - | -0,535460965 | 0,341806938 | 0,087914702 | 0,60555863 | 05/04/2018 | 1,69189128 | -0,68368848 | 0,39093424 | 0,07954054 | 0,615339 | | | | | | |
| 04/06/2018 | 5472,91 | 0,13494% | 1,720725529 | -0,26646534 | 0,3334949 | 0,036794687 | 0,6216345 | 20/04/2018 | 1,778496324 | - | -0,54893419 | 0,334849586 | 0,100035244 | 0,61301992 | 06/04/2018 | 1,66543456 | -0,77575563 | 0,38265477 | 0,08707718 | 0,606497 | | | | | | |
| 05/06/2018 | 5460,95 | -0,21877% | 1,707709563 | -0,69590793 | 0,3288855 | 0,013700954 | 0,6134379 | 23/04/2018 | 1,815424666 | - | -0,588518022 | 0,335325234 | 0,092118654 | 0,6084869 | 09/04/2018 | 1,70436928 | -0,59177122 | 0,36344443 | 0,11057973 | 0,586584 | | | | | | |
| 06/06/2018 | 5457,56 | -0,06210% | 1,715295358 | -0,61723735 | 0,3321833 | 0,00819443 | 0,610945 | 24/04/2018 | 1,765094401 | - | -0,653031408 | 0,314804619 | 0,06967396 | 0,60331824 | 10/04/2018 | 1,74798258 | -0,20036283 | 0,35660138 | 0,13739792 | 0,558928 | | | | | | |
| 07/06/2018 | 5448,36 | -0,16872% | 1,564956813 | -0,40700995 | 0,2887696 | 0,021519192 | 0,6220119 | 25/04/2018 | 1,713409645 | - | -0,856939588 | 0,296963419 | 0,07944694 | 0,61391084 | 11/04/2018 | 1,71375639 | -0,25044144 | 0,34065844 | 0,14541565 | 0,557524 | | | | | | |
| 08/06/2018 | 5450,22 | 0,03413% | 1,411275647 | -0,00186862 | 0,2462318 | -0,00205433 | 0,6201578 | 26/04/2018 | 1,652531503 | - | -0,599850866 | 0,286063332 | 0,065527608 | 0,6112102 | 12/04/2018 | 1,66172902 | -0,39155922 | 0,31904208 | 0,12666783 | 0,55442 | | | | | | |
| 11/06/2018 | 5473,91 | 0,43372% | 1,367108015 | 0,02228504 | 0,2345639 | -0,005646264 | 0,6203214 | 27/04/2018 | 1,691586253 | - | -0,778445322 | 0,290409715 | 0,073640986 | 0,61310941 | 13/04/2018 | 1,67925138 | -0,3821833 | 0,32579568 | 0,12960349 | 0,555083 | | | | | | |
| 12/06/2018 | 5453,37 | -0,37594% | 1,35161596 | -0,08775825 | 0,219755 | -0,04078232 | 0,6098192 | 30/04/2018 | 1,742273095 | - | -0,879785533 | 0,304015209 | 0,065211619 | 0,60698707 | 16/04/2018 | 1,65968404 | -0,327069 | 0,31904243 | 0,10776692 | 0,573526 | | | | | | |
| 13/06/2018 | 5452,73 | -0,01174% | 1,402520462 | -0,10284434 | 0,2330696 | -0,04643452 | 0,6076983 | 02/05/2018 | 1,678034208 | - | -0,677023824 | 0,283308951 | 0,045895941 | 0,60461036 | 17/04/2018 | 1,63625867 | -0,37299831 | 0,31312774 | 0,11341624 | 0,566394 | | | | | | |
| 14/06/2018 | 5528,46 | 1,37929% | 1,361143088 | 0,192340547 | 0,2535555 | 0,016198103 | 0,6090958 | 03/05/2018 | 1,573513452 | - | -0,002295214 | 0,282761635 | 0,067973309 | 0,59539215 | 18/04/2018 | 1,61911151 | -0,04726663 | 0,32524612 | 0,14501217 | 0,56732 | | | | | | |
| 15/06/2018 | 5501,88 | -0,48194% | 1,400633844 | 0,215853171 | 0,2608146 | -0,008573908 | 0,5949519 | 04/05/2018 | 1,659035312 | - | 0,043331923 | 0,310558737 | 0,050600616 | 0,58448967 | 19/04/2018 | 1,79261891 | -0,08811304 | 0,33027919 | 0,08358927 | 0,572706 | | | | | | |
| 18/06/2018 | 5450,48 | -0,93862% | 1,450710343 | 0,037355833 | 0,2807967 | -0,049136285 | 0,5843354 | 07/05/2018 | 1,731841396 | - | -0,051447264 | 0,344758249 | 0,017329042 | 0,56164202 | 20/04/2018 | 1,81101083 | -0,45140047 | 0,34740028 | 0,07181462 | 0,560400 | | | | | | |
| 19/06/2018 | 5390,63 | -1,10414% | 1,343126599 | -0,202171 | 0,2959279 | -0,08021752 | 0,5338096 | 08/05/2018 | 1,76984797 | - | -0,159156812 | 0,369381215 | -0,02212555 | 0,55169867 | 23/04/2018 | 1,84691855 | -0,83188973 | 0,37384556 | 0,04777931 | 0,577587 | | | | | | |

Cette feuille Excel est nommé « Jour_CAC ». Elle regroupe toutes les valeurs de l'indice du CAC 40 depuis l'an 2000 ainsi que les dates correspondantes puis regroupe toutes les calibrations selon un pas de temps variant de 20 à 80 jours. La période de temps d'étude qui aurait donné les meilleurs résultats est la période de temps de 40 jours. La méthode utilisé est celle de Koutrouvelis.

Cette feuille sert d'appui pour la prochaine feuille qui est la feuille « Jour_ordre_CAC » utilisant une stratégie que je définirai ensuite, qui permet de décider si l'algorithme doit acheter ou vendre de l'indice CAC 40.

| Pas 30 | | | | | | | | | | Pas 40 | | | | | | | | | | Pas 50 | | | | | | | | | |
|--------------|---------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------------|-------------|------------------|---------|--------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------|--------------|-------|-----------|-------|-------|-------|----------|-------------|--|--|
| Total Achats | | 15949,5 | | Solde | | 2150,06 | | Lancement standard | | Lancement précis | | Total Achats | | 114985,43 | | Solde | | 486,83 | | Total Achats | | 119853,26 | | Solde | | 10258,46 | | | |
| Total Ventes | | 162647,56 | | | | 8540,69 | | | | | | Total Ventes | | 119853,26 | | | | 10258,46 | | Total Ventes | | 119853,26 | | | | | | | |
| Achat/Vente | Prix | Gains | ALPHA | BETA | GAMMA | MU | HURST | DATE | Achat/Vente | Prix | Gains | ALPHA | BETA | GAMMA | MU | HURST | DATE | Achat/Vente | Prix | Gains | ALPHA | BETA | GAMMA | MU | HURST | DATE | Achat/Vente | | |
| vente | 3700,79 | 200,7 | 2 | -1 | 0,68263875 | 0,09806348 | 0,56335909 | 03/05/2004 | vente | 3722,02 | 1,73 | 1,71274514 | 0,48087254 | 0,70214639 | 0,08091309 | 0,56668097 | 16/09/2010 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 3951,02 | | 1,62254649 | -0,68560791 | 0,37895074 | -0,12568554 | 0,54729585 | 20/04/2005 | achat | 3870 | | 1,61001442 | 1 | 0,55381339 | 0,23992215 | 0,50613994 | 22/10/2010 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 5148,52 | 1197,5 | 2 | -0,65331602 | 0,69875981 | 0,23904352 | 0,42557941 | 25/08/2006 | vente | 3857,35 | -12,65 | 1,81068002 | -0,24312186 | 0,70999699 | 0,0242617 | 0,5704133 | 09/12/2010 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 5375,35 | | 1,37181502 | 0,75388618 | 0,29818113 | 0,19496587 | 0,29077008 | 19/10/2006 | achat | 3810,22 | | 1,98799036 | 1 | 0,71924564 | -0,0970209 | 0,61353706 | 17/03/2011 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 5789,34 | 413,99 | 1,99078803 | 1 | 0,68437521 | 0,11395827 | 0,55801378 | 12/04/2007 | vente | 4024,44 | 214,22 | 1,88631474 | 0,27603583 | 0,6982264 | -0,02902623 | 0,63792871 | 29/03/2011 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 5862,83 | | 1,61661882 | -0,59788906 | 0,63870774 | 0,19435787 | 0,48481601 | 10/10/2007 | achat | 3970,39 | | 1,98409364 | 1 | 0,77551927 | -0,10865262 | 0,62551837 | 13/04/2011 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 5371,41 | -491,42 | 1,84113253 | -0,17535646 | 0,69816037 | -0,05181752 | 0,50799304 | 10/01/2008 | vente | 3989,82 | 19,43 | 1,89304761 | 0,91746554 | 0,70016974 | 0,18620356 | 0,51255127 | 13/05/2011 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 4744,45 | | 1,03642565 | -0,8665527 | 0,52981298 | -0,50425673 | 0,54688438 | 18/01/2008 | achat | 3125,19 | | 1,96385203 | 1 | 1,05400631 | -0,48010869 | 0,62150674 | 05/08/2011 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 5063,36 | 318,91 | 1,68839301 | 1 | 0,65071555 | 0,32182566 | 0,46802744 | 02/05/2008 | vente | 3453,99 | 328,8 | 1,97628095 | 0,20709014 | 0,69290604 | 0,16935291 | 0,4827019 | 27/02/2012 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 3122,79 | | 1,62802542 | 1 | 1,15911909 | -0,0293783 | 0,63081201 | 05/02/2009 | achat | 3594,83 | | 1,17465948 | 0,53621462 | 0,40991531 | 0,18742138 | 0,46686042 | 15/03/2012 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 4024,8 | 902,01 | 1,74823754 | -0,40185104 | 0,66563399 | 0,17423986 | 0,40981511 | 06/01/2010 | vente | 3601,65 | 6,82 | 1,89180009 | -0,01206192 | 0,69171611 | 0,16513561 | 0,58462684 | 05/12/2012 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 4015,77 | | 0,39780211 | 0,23208318 | 0,25391294 | 24,5314339 | 0,44758289 | 13/01/2010 | achat | 3648,63 | | 1,62368422 | -0,72149207 | 0,49951158 | 0,11313656 | 0,53648003 | 17/12/2012 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 3927,4 | -88,37 | 1,68252738 | -1 | 0,70752806 | 0,20219077 | 0,53588893 | 11/03/2010 | vente | 4051,11 | 402,48 | 1,80987264 | 0,68810997 | 0,66889033 | 0,17226895 | 0,53286182 | 21/05/2013 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 3720,29 | | 1,45830084 | -0,97531572 | 0,95948298 | -0,19311566 | 0,54260147 | 07/05/2010 | achat | 3960,46 | | 1,6189051 | -0,23704958 | 0,49138975 | 0,14668401 | 0,51586182 | 27/08/2013 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 3692,09 | -28,2 | 1,8586261 | 1 | 0,70408943 | 0,10630663 | 0,55170352 | 30/09/2010 | vente | 4440,9 | 480,44 | 2 | -0,23901468 | 0,68627354 | 0,04633431 | 0,55405992 | 10/09/2014 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 3807,17 | | 1,36731034 | 1 | 0,43166669 | 0,10544799 | 0,47408411 | 18/10/2010 | achat | 4323,89 | | 1,5931565 | 0,5998035 | 0,64322759 | 0,13071933 | 0,49277934 | 03/12/2014 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 3890,65 | 83,48 | 1,77758211 | -0,88711257 | 0,65642031 | 0,10806639 | 0,57967941 | 28/12/2010 | vente | 4419,48 | 95,59 | 1,67379744 | 0,35071827 | 0,7060387 | -0,10777373 | 0,51000163 | 04/12/2014 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 3804,78 | | 1,83842933 | -0,91737944 | 0,6682199 | -0,05313436 | 0,63789882 | 30/12/2010 | achat | 4083,5 | | 0,76283883 | -0,38741867 | 0,44122511 | 0,61138872 | 0,52195286 | 05/01/2015 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 3916,03 | 111,25 | 1,79375163 | -0,42795087 | 0,7031028 | 0,08102768 | 0,54489353 | 03/01/2011 | vente | 4833,28 | 749,78 | 1,71796452 | -0,8608188 | 0,70617734 | 0,30865367 | 0,54663024 | 18/02/2015 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 3904,45 | | 1,9759937 | 0,17713731 | 0,80250979 | -0,11584138 | 0,61999337 | 18/03/2011 | achat | 4910,62 | | 1,63211588 | -0,51396685 | 0,62092087 | 0,34932754 | 0,5418246 | 25/02/2015 | achat | | | | | | | | | | | |
| vente | 4108,77 | 204,32 | 1,67425331 | 0,28201117 | 0,62071799 | 0,34103567 | 0,59649158 | 29/04/2011 | vente | 5083,54 | 172,92 | 1,86764227 | -0,71380326 | 0,70503095 | 0,04743607 | 0,49886624 | 25/03/2015 | vente | | | | | | | | | | | |
| achat | 4096,84 | | 1,5654529 | 0,13266734 | 0,51492638 | 0,25435621 | 0,57862957 | 02/05/2011 | achat | 4630,99 | | 1,97558573 | -0,72774195 | 1,07013797 | -0,1314059 | 0,62295997 | 20/08/2015 | achat | | | | | | | | | | | |
| achat | 4043,13 | -53,71 | 1,73043022 | 0,06256199 | 0,61971489 | 0,19139424 | 0,53868665 | 03/05/2011 | vente | 4930,14 | 299,15 | 1,6810445 | 0,38141842 | 0,64032827 | 0,27741243 | 0,53857006 | 26/11/2015 | | | | | | | | | | | | |
| achat | 3320,35 | | 2 | 0,82730274 | 1,05460913 | -0,49528468 | 0,61526826 | 03/08/2011 | achat | 4714,79 | | 1,63330698 | 0,45131896 | 0,63368413 | 0,02886451 | 0,49741697 | 03/12/2015 | | | | | | | | | | | | |
| vente | 3393,25 | 72,9 | 1,88864074 | 0,43523221 | 0,69281411 | 0,15956033 | 0,48441775 | 15/02/2012 | vente | 4559,4 | -155,39 | 1,70966097 | 0,50145298 | 0,67452082 | 0,12356503 | 0,52096627 | 26/04/2016 | | | | | | | | | | | | |
| achat | 3490,06 | | 1,56053913 | 0,13842303 | 0,55860982 | 0,16234745 | 0,46183756 | 09/03/2012 | achat | 4428,96 | | 1,60824762 | 0,33507401 | 0,60947189 | 0,08396407 | 0,50255569 | 28/04/2016 | | | | | | | | | | | | |
| vente | 3506,05 | 15,99 | 1,67083558 | 0,53945474 | 0,70993593 | 0,21480226 | 0,44017982 | 07/09/2012 | vente | 4406,61 | -22,35 | 2 | -1 | 0,68493095 | 0,13915992 | 0,52011394 | 24/08/2016 | | | | | | | | | | | | |
| achat | 3543,79 | | 1,58517244 | 0,1437441 | 0,64733042 | 0,23807993 | 0,46496061 | 11/09/2012 | achat | 5059,2 | | 1,62465014 | -0,04813909 | 0,32429958 | 0,09490267 | 0,47627844 | 20/04/2017 | | | | | | | | | | | | |
| vente | 3553,69 | 9,9 | 1,94915406 | 1 | 0,704929 | 0,16719743 | 0,46255891 | 14/09/2012 | vente | 5141,8 | 82,6 | 1,89722167 | -1 | 0,68480946 | -0,10121092 | 0,50189154 | 03/04/2018 | | | | | | | | | | | | |
| achat | 3646,66 | | 1,61661053 | -0,47837764 | 0,49894344 | 0,17001598 | 0,55267481 | 11/12/2012 | achat | 5353,54 | | 1,63837731 | -0,6668824 | 0,45461897 | 0,04292269 | 0,50439978 | 16/04/2018 | | | | | | | | | | | | |
| vente | 3979,07 | 332,41 | 1,79907501 | 0,99509508 | 0,70670451 | 0,14398354 | 0,54771621 | 15/05/2013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| achat | 4036,18 | | 1,63868174 | 0,50724753 | 0,56646084 | 0,31252385 | 0,52242366 | 20/05/2013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| vente | 4049,97 | 13,79 | 1,97167139 | -0,07629292 | 0,7044774 | 0,33571582 | 0,36645841 | 02/08/2013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| achat | 4114,2 | | 1,58289208 | 0,55310261 | 0,43219472 | 0,29794496 | 0,34062211 | 13/08/2013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Le code derrière cette feuille est simple, on part d'un portefeuille contenant 100 000 unités (euros) et investit selon les règles de l'algorithme sur le marché du CAC 40.

Un autre coefficient a été ajouté au code, celui du Hurst. L'exposant de Hurst est une mesure de la persistance dans les tendances. Il est utilisé dans la prédiction de données de modifier série aléatoire. Cela peut permettre de définir un indicateur d'une tendance croissante et d'une décroissante. La norme veut que tant que le coefficient de Hurst est inférieur à 0.5, la série de donnée gardera cette tendance, et si elle dépasse 0.5 il y aura alors soit un changement de tendances soit la série de donnée prendra des valeurs de façon chaotique.

Pour le calculer il faut :

1. Calculer la moyenne de l'échantillon $m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$
2. Centrer la série étudié $Y_i = S_i - m, \forall i \in \llbracket 1, n \rrbracket$
3. Caculer la serie de la somme cumulée $Z_i = \sum_{s=1}^i Y_i, \forall i \in \llbracket 1, n \rrbracket$
4. Calculer l'intervalle min-max : $R(n) = \max(Z_1, Z_2, \dots, Z_n) - \min(Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$
5. Calculer l'écart-type de l'échantillon : $ET(n) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i^2}$
6. Calculer le ratio de l'intervalle entre $\frac{R(n)}{ET(n)}$

7. Puis approcher la loi de Puissance : $E\left(\frac{R(n)}{ET(n)}\right) = C * n^H$ en régressant $\log\left(\frac{R(n)}{ET(n)}\right)$ avec $\log(n)$ et ainsi obtenir l'approximation de H qui est le coefficient de Hurst

Conditions d'achat du code de l'ancien fichier Excel :

$(\alpha(t) < 1.635 \text{ and } \gamma(t) > 1.45 \text{ ou } (hurst(t) > 0.6 \text{ et } tendances(t) > 0)) \text{ et } position_{précédente} = vendeuse$

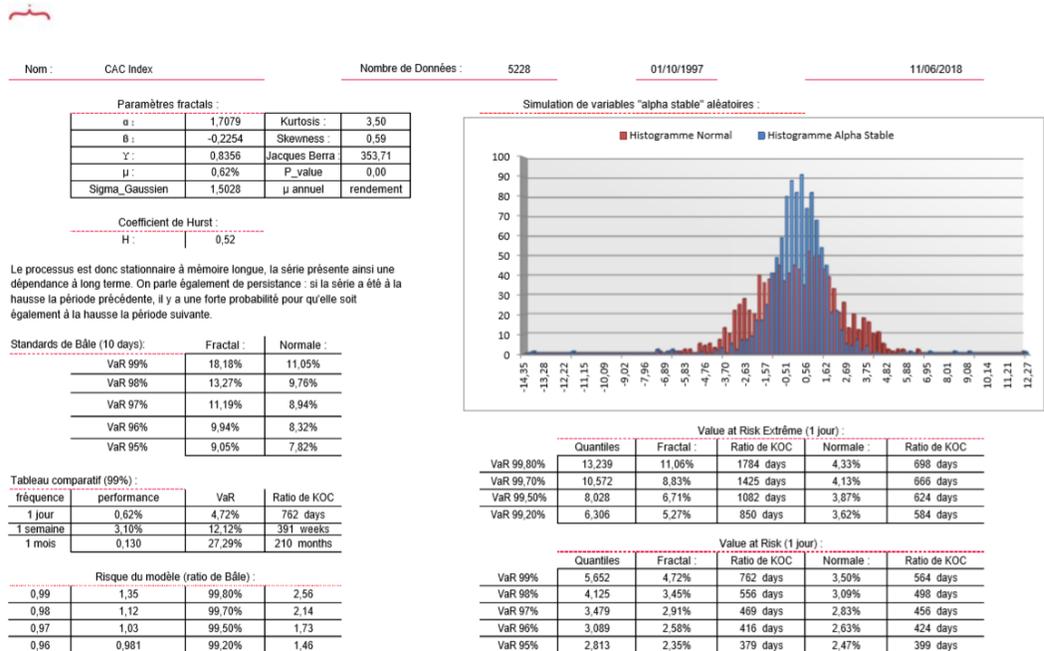
Conditions de vente du code de l'ancien fichier Excel:

$(\alpha(t) < 1.65 \text{ \&\& } \gamma(t) < 0.9 \text{ ou } (hurst(t) > 0.65 \text{ et } tendances(t) < 0)) \text{ et } position_{précédente} = acheteuse$

La stratégie investit au moins une fois par année sans dépasser 3 fois depuis sa création.

Selon la stratégie du code qui est censé être défensif, c'est-à-dire que le code a pour but de faire investir le portefeuille de façon prudente, le portefeuille a réalisé un gain de 4.8% depuis l'an 2000.

Ces données servent à l'utilisation de la feuille suivant que l'on appelle « Présentation » :



On y retrouve des mesures de risques usuelles comme la Value at Risk sur 1 ou 10 jours (Règlementation des Standard de Bâle) avec les simulations de la loi normale et les simulations de la loi α -stable. Mais cette page met beaucoup trop de temps à s'exécuter en plus de l'utilisation d'une implémentation difficilement vérifiable par l'écriture d'un code en cascade et étant difficilement débutable.

C'est pour cela que j'ai fait le choix d'effectuer un nouveau code sous Python pour être sur de délivrer les bonnes informations pour ce projet.

6.2 Nouvelle version des méthodes d'estimations/calibrage de la loi α – stable

Méthode par le maximum de vraisemblance selon M. Maria Motto.

J'ai tout d'abord obtenu ce que j'ai appelé stratégie « spéculative » puis j'en ai trouvé une seconde s'adaptant bien aux marchés européens (les valeurs numériques changent très peu) qui correspond à la stratégie souhaitée que j'ai appelé prétentieusement « anti-krach » pour bien faire la différence dans l'historique de mes recherches avec la stratégie « spéculative »

✓ Stratégie « spéculative » :

L'algorithme récupère les valeurs journalières de l'indice du CAC 40, les dates correspondantes ainsi que chaque paramètre estimé de la loi α – stable à la date correspondante. Les paramètres de la loi α – stable du jour « t » sont estimés sur les rendements journalier allant du jour « t-41 » au jour « t ». Le choix du nombre 41 vient du fait que Luc Granger supervisant le projet a remarqué que la stratégie de couverture basé sur la loi α – stable dans son ancien fichier fonctionnait mieux avec cette période de temps et que j'ai souhaité rajouté un jour en plus dans mon algorithme après avoir testé la l'algorithme sur des périodes de jour allant de 40 à 50.

L'algorithme part à la date du 4 octobre 1987 avec un portefeuille contenant 1 000 000 d'unités (euros) et regarde chaque paramètres α – stable journalier et décide s'il doit acheter ou vendre l'indice. Pour la stratégie spéculative je n'ai pas rajouté les frais de transactions, ils sont habituellement entre 0.05% de la valeur de l'indice à 0.2% de la valeur de l'indice selon l'intermédiaire pour chaque transaction dans l'algorithme. Dans mes essais pour la stratégie de couverture, je l'ai rajouté.

Par rapport à la stratégie qui était initialement présente dans le fichier Excel Kockpit, j'ai décidé que les conditions d'achat et de vente seraient de la forme suivante :

Achat si :

- $(\alpha(t) < \alpha_{achat} \&\gamma(t) > \gamma_{achat} \text{ ou } (hurst(t) > hurst_{achat} \text{ et } tendances(t) > 0)) \text{ et } position_{précédente} = vendeuse$

Vente si :

- $(\alpha(t) > \alpha_{vente} \&\gamma(t) < \gamma_{vente} \text{ ou } (hurst(t) > hurst_{vente} \text{ et } tendances(t) < 0) \text{ ou } hurst < 0.3) \text{ et } position_{précédente} = acheteuse$

Les valeurs α_{achat} , γ_{achat} , $hurst_{achat}$, α_{vente} , γ_{vente} , $hurst_{vente}$ sont variables en premier lieu pour la phase d'initialisation. Le but de cette stratégie étant spéculative on prendra comme critère optimal le rendement du portefeuille à la fin de la simulation. Après avoir récupéré chaque paramètre (la récupération des paramètres stockés dans la feuille Excel prévue à cet effet prend moins d'une seconde de temps de calcul pour 7786 lignes et 7 colonnes), je demande à l'algorithme de faire varier les conditions de la façon suivante :

- ✓ α_{achat} varie de 2 à 1.25 par pas de 0.05
- ✓ γ_{achat} varie de 0.4 à 1.5 par pas de 0.05
- ✓ $hurst_{achat}$ varie de 0.45 à 1 par pas de 0.05
- ✓ α_{vente} varie de 1.25 à 2 par pas de 0.05
- ✓ γ_{vente} varie de 0.4 à 1.5 par pas de 0.05
- ✓ $hurst_{vente}$ varie de 0.45 à 1 par pas de 0.05

Ces choix de valeurs possibles pour les conditions ont été sélectionnés après avoir observé leur évolution graphiquement sur les 30 ans.

Chaque itération en fonction des conditions du code retournera une valeur de rendement du portefeuille et pour cette stratégie nous choisirons d'observer les valeurs des conditions permettant les meilleurs rendements.

Pour voir une évolution des paramètres en fonction des différentes conditions, j'ai stocké sur chaque itération conditionnelle le rendement ainsi que les conditions associées pour pouvoir les afficher en 3D de la manière suivante :

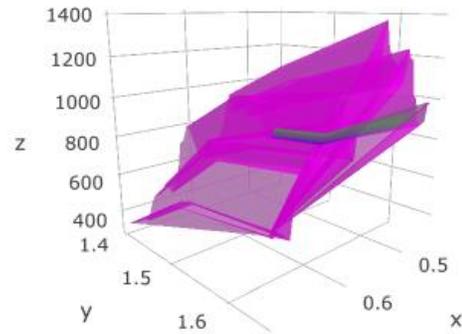


Figure 32 : Visualisation en 3D de la performance en fonction des paramètres α_{achat} et α_{vente} , performance maximale obtenue de 1382 %

Les résultats de la figure 2 ont été obtenus avec les paramètres suivants :

Hurst = 0.54

Alpha vente = 1.25

Alpha achat = 1.65

Gamma achat et vente = 0.9

J'ai aussi décidé de stocker le nombre de transactions en fonction des conditions de l'algorithme, je trouvais que cette variable était utile, compte tenu de l'introduction des frais de transactions dans la stratégie finale :

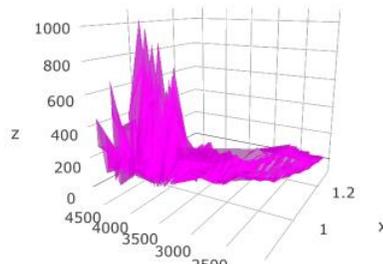


Figure 33 Performance du rendement en fonction du nombre de transactions et de gamma, performance maximale obtenue 1019%

La figure 3 et la figure 2 ne font pas partie de la même simulation, elles ont été récupérées au fur et à mesure de mes tests. C'est pour cela que leur performance maximale ne sont pas égales. Pour la figure 3 j'ai imposé une condition pour le Hurst à 0.61 (changement de tendances à partir de cette valeur et donc décision d'achat ou de vente selon la tendance)

Observons à présent sur 30 ans les achats / ventes sur le CAC 40 :



Figure 34 Evolution du CAC 40 sur 30 ans



Figure 35 Achat et Vente sur le CAC 40 pour les paramètres suivant : $hurst=0.61$, $\alpha_{achat} = 1.5$, $\alpha_{vente}=1.25$, $\gamma_{achat/vente} = 0.9$

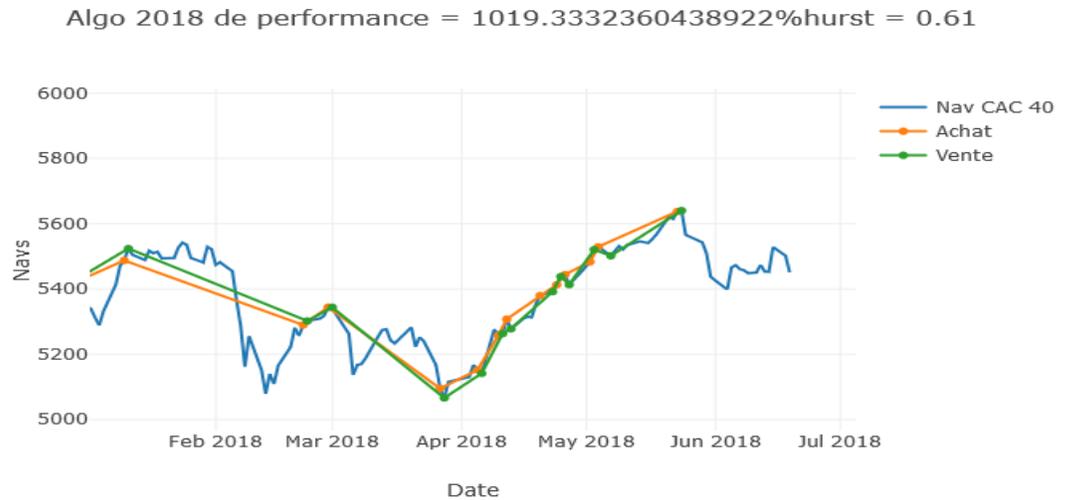


Figure 36 Zoom sur les positions acheteuses et vendeuses de l'algorithme

J'ai décidé d'effectuer un zoom sur la zone de 2018 pour montrer l'utilité pratique du fichier de sortie de l'arbitrage des positions acheteuses et vendeuses. J'aurais très bien pu faire démarrer l'algorithme en 2018 pour cette figure.

Cette stratégie était la première que j'ai trouvée, elle me paraissait imbatale en termes de performances au moment de sa réalisation mais rien qu'avec la seconde, qui est censée être une stratégie de défense, la performance de l'algorithme est bien supérieure (1605% de performance pour la stratégie de défense sur le CAC 40!)

✓ Stratégie de couverture (« anti-krach ») :

Pour introduire cette stratégie, je vais d'abord illustrer ma démarche en regardant l'évolution du paramètre β .

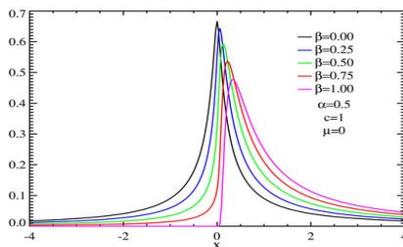


Figure 37: Influence du paramètre β sur la forme d'une distribution stable

La figure 7 représente la distribution d'une loi α – stable centré en 0, et on voit que plus β se rapproche de 1 plus la distribution des nombres positifs est plus importante que celle des nombres négatifs. De même si β se rapproche de -1 sur avec les mêmes autres paramètres, la distribution des nombre négatifs sera plus importante que celle des nombres positifs.

Ainsi, cela m'a amené à introduire pour la stratégie de couverture des conditions sur le paramètre β . Mais le paramètre β peut rester figé à une valeur de -1 ou de 1 pendant plusieurs jours voir semaines et de même pour le paramètre α .

De là m'est venue l'idée de non plus regarder les valeurs numériques par leurs valeurs journalières mais de par leur variations journalières. Ainsi en appelant x le paramètre regardé je regarde $\Delta x = x(t) - x(t - 1)$ où t représente l'instant regardé. En cherchant une combinaison de conditions sur ces variations de paramètres, j'ai pu ainsi obtenir une condition d'achat et de vente correspondant à la stratégie que je voulais implémenter.

J'ai ainsi défini en faisant une multitude de backtest sur le CAC 40 une stratégie d'achat et de vente qui en général achète l'actif au plus bas et le vend au plus haut. Cette stratégie a réalisé au 13 septembre 2018 une performance de 1605.25% en investissant 17 fois sur 30 ans sachant que le CAC sur cette même période a évolué de 280%.

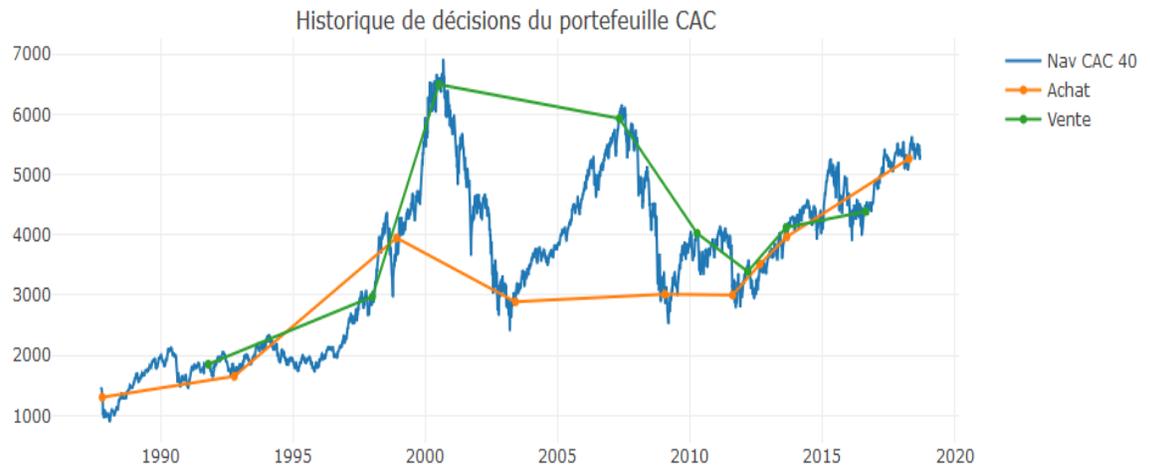


Figure 38 Graphe de décisions pour le CAC 40

| Achat | |
|--|----------|
| Conditions cumulative d'achat | Valeur |
| La variation en alpha doit respecter la condition suivante | < -0.242 |
| Variation actuelle alpha | 0.029 |
| La valeur en alpha doit respecter la condition suivante | > 1.2 |
| Variation actuelle alpha | 1.641 |
| La variation absolue en beta doit respecter la condition | > 0.1 |
| Variation actuelle beta | 0.0 |
| La variation en mu doit respecter la condition suivante | > 0.0 |
| Variation actuelle mu | -0.027 |
| La variation en gamma doit respecter la condition suivante | < 0.1 |
| Variation actuelle gamma | 0.004 |

Figure 39 Conditions d'achat pour le CAC 40

| Vente | |
|--|---------|
| Conditions cumulative de vente | Valeur |
| La variation en alpha doit respecter la condition suivante | > 0.15 |
| Variation actuelle alpha | 0.029 |
| La variation absolue en beta doit respecter la condition | > 0.5 |
| Variation actuelle beta | 0.0 |
| La variation en hurst doit respecter la condition suivante | > 0.01 |
| Variation actuelle hurst | 0.094 |
| La valeur en hurst doit respecter la condition suivante | > 0.54 |
| Valeur actuelle en hurst | 0.498 |
| La variation en gamma doit respecter la condition suivante | < 0.075 |
| Variation actuelle gamma | 0.004 |

Figure 40 Conditions de vente pour le CAC 40

Les conditions peuvent se traduire comme il suit :

Achat :

- La variation en alpha négative traduit un rapprochement de la distribution vers sa moyenne, mais on impose que la valeur en alpha soit supérieur à 1.2 pour prendre moins de risques avec les queues de distributions devenant plus épaisses lorsque alpha diminue

- La variation absolue en beta de 0.1 impose que l'asymétrie de la courbe de la loi stable ait changé, on veut pas rester dans un cas où la loi ait des des paramètres fixés tel que $\beta = 1$ ou -1 pendant un moment.
- La variation en mu doit être positive pour observer une remontée de la valeur moyenne de la distribution
- La variation en gamma indique que la dispersion de la distribution ne doit pas être trop prononcée

Vente :

- Une variation en alpha positive conduit à un écartement des valeurs possibles autour de la moyenne
- Une variation absolue en beta de 0.5 permet d'observer un grand changement d'asymétrie de la courbe de la loi stable
- Le hurst dépassant 0.54 indique le meilleur coefficient de changement de tendances associés à cette condition de vente, la variation n'est là que pour aider la condition à être vérifié si la valeur en hurst est passée d'une valeur inférieur à un valeur supérieur à 0.54
- La variation en gamma indique que la dispersion de la distribution ne doit pas être trop prononcée

Il arrive que selon les actifs que l'algorithme fasse une mauvaise décision comme pour le SX5E mais cela est arrivé rarement. J'ai choisi de garder les mêmes conditions d'achats et de ventes pour tous les autres actifs en changeant les valeurs numériques des conditions. Pour le SX5E par exemple :



Figure 41 Graphe de décisions pour le SX5E

| Achat | |
|--|----------|
| Conditions cumulative d'achat | Valeur |
| La variation en alpha doit respecter la condition | < -0.252 |
| Variation actuelle alpha | -0.011 |
| La valeur en alpha doit respecter la condition | > 1.2 |
| Variation actuelle alpha | 1.627 |
| La variation absolue en beta doit respecter la condition | > 0.0 |
| Variation actuelle beta | 0.0 |
| La variation en mu doit respecter la condition | > -0.1 |
| Variation actuelle mu | -0.011 |
| La variation en gamma doit respecter la condition | < 0.1 |
| Variation actuelle gamma | -0.012 |

Figure 42 Conditions d'achats pour le SX5E

| Vente | |
|---|---------|
| Conditions cumulative de vente | Valeur |
| La variation en alpha doit respecter la condition | > 0.084 |
| Variation actuelle alpha | -0.011 |
| La variation en beta doit respecter la condition | > 0.685 |
| Variation actuelle beta | 0.0 |
| La variation en hurst doit respecter la condition | > 0.02 |
| Variation actuelle hurst | -0.38 |
| La valeur en hurst doit respecter la condition | > 0.61 |
| Valeur actuelle en hurst | 0.472 |
| La variation en gamma doit respecter la condition | < 0.075 |
| Variation actuelle gamma | -0.012 |

Figure 43 Conditions de vente pour le SX5E

Et donc j'ai conseillé de garder cette forme de conditions d'achat et de vente, mais je suis conscient qu'il en existe d'autres. Celle que j'ai choisi correspond à ce que je souhaitais implémenter au final puisqu'elle a pu s'adapter sur tous les autres actifs observés en changeant les valeurs numériques (à l'aide d'une recherche d'optimisation de performance en faisant varier algorithmiquement les valeurs) et donc elle me permettait d'avoir une vision générale sur les stratégies de chaque actif.

6.3 Contrôle du risque par la loi α – stable

J'ai aussi pu tenter des stratégies basées sur les métriques de risques usuels de gestion, mais les résultats ne sont pas assez concluants. Malgré cela, les tableaux Excel contenant les métriques de risques que j'ai évaluées par Monte-Carlo avec une calibration normale et stable m'ont permis de définir les tableaux de risques stockant les indicateurs de risques sur les actifs

considérés. Ce fichier Excel s'appelle Risk_management et est généré par Maj_auto.py- et sauvegarde toutes les Value at Risk et Expected Shortfall simulés par Monte-Carlo pour un niveau contenu dans la liste suivante : 95,96,97,98,99,99.2,99.5,99.7,99.9

J'y ai aussi rajouté le coefficient journalier de KOC qui est un indicateur pour estimer le nombre de jours qu'il faudrait pour récupérer un rendement égale à la valeur de Value at Risk ou de la perte attendue (Expected Shortfall ou CVaR) si elle est atteinte. Ratio de KOC = $100 \left[\left| \frac{VaR_{\alpha}}{\mu} \right| \right]$

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|------|------------------|----------|-----------|------------------|----------|-----------|------------------|----------------------|-----------|------------------|----------|
| 1 | ALL | Fractal | | | | | | Vert pour début Algo | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | Date | VaR 95% | CVaR 95% | Ratio de KOC 95% | VaR 96% | CVaR 96% | Ratio de KOC 96% | VaR 97% | CVaR 97% | Ratio de KOC 97% | VaR 98% |
| 7854 | 11/09/2018 20:00 | -2,11605 | -4,381676 | -38 | -2,33413 | -4,922579 | -42 | -2,681762 | -5,731657 | -48 | -3,25932 |
| 7855 | 12/09/2018 20:00 | -2,13044 | -4,681848 | -38 | -2,3658 | -5,291405 | -42 | -2,704989 | -6,212976 | -48 | -3,3028 |
| 7856 | 13/09/2018 20:00 | -2,11712 | -4,814118 | -38 | -2,35344 | -5,4603 | -42 | -2,707041 | -6,440631 | -48 | -3,30474 |

Figure 44 Contrôle du risque par Monte-Carlo avec la loi α – stable sur le CAC 40

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|------|------------------|---------|-----------|------------------|---------|-----------|------------------|---------|-----------|------------------|---------|
| 1 | ALL | Normal | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | Date | VaR 95% | CVaR 95% | Ratio de KOC 95% | VaR 96% | CVaR 96% | Ratio de KOC 96% | VaR 97% | CVaR 97% | Ratio de KOC 97% | VaR 98% |
| 7854 | 11/09/2018 20:00 | -1,7473 | -2,206383 | -31 | -1,8698 | -2,306498 | -33 | -2,0067 | -2,429408 | -36 | -2,1875 |
| 7855 | 12/09/2018 20:00 | -1,7413 | -2,197575 | -31 | -1,8584 | -2,298855 | -33 | -2,0002 | -2,423102 | -35 | -2,194 |
| 7856 | 13/09/2018 20:00 | -1,7542 | -2,219792 | -31 | -1,8752 | -2,322044 | -33 | -2,0232 | -2,4468 | -36 | -2,2192 |

Figure 45 Contrôle du risque par Monte-Carlo avec la loi normale sur le CAC 40

On remarquera que comme il a été évoqué dans la partie 4. , le fait que les queues de distributions de loi α – stable sont plus lourdes se retrouvent dans l'estimation des Value at Risk, dans le calcul de l'Expected Shortfall (CvaR) et dans le ratio de KOC.

Bibliographie

MANDELBROT B., "The Variation of Certain Speculative Prices" in *The Journal of Business*, Vol. 36, No. 4 (Oct., 1963), pp. 394-419.

LEVY VEHEL J., WALTER C., *Les marchés fractals*, Presses Universitaires de France – Finance, 2002.

<http://controverses.sciences-po.fr/archive/modelisationfinance/entretienjpb.html>

https://fr.wikipedia.org/wiki/CAC_40

<https://www.boursier.com/indices/composition/cac-40-FR0003500008,FR.html?tri=dcapi>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_stable

<http://www.logarithmic.net/pfh/pylevy>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Maximum_de_vraisemblance

https://en.wikipedia.org/wiki/Hurst_exponent

<https://www.lesechos.fr/>

<https://investir.lesechos.fr>

<https://www.next-finance.net/>

<https://www.abcbourse.com/>

<https://www.intuitae.com/>

<https://www.boursedeparis.fr/centre-d-apprentissage/les-etfs>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Soci%C3%A9t%C3%A9_de_gestion

https://fr.wikipedia.org/wiki/Tracking_error

<http://financedemarche.fr/definition/action>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Family_office

Annexe

Lexique

ETF : Les Exchange Traded Funds (ETFs) sont des OPCVM indiciels cotés sur les marchés réglementés d'Euronext. En France, les ETFs sont notamment soumis aux règles de marché Euronext, au contrôle de l'Autorité des Marchés Financiers (AMF) et également aux directives européennes (UCITS).

Les ETFs ont pour objectif de répliquer les variations d'un indice, à la hausse comme à la baisse. Il s'agit donc d'une gestion passive permettant au produit d'avoir une variation similaire à celle de son sous jacent, sans aucune intervention stratégique pour tenter de surperformer l'indice. Le gestionnaire du fonds se limite ainsi aux activités administratives comme l'encaissement de dividendes ou la transposition de divisions de titres. Il intervient de façon très limitée sur l'ETF et par conséquent les frais de gestion sont moins élevés que les fonds gérés de manière active.

La gestion de portefeuille dédiée ou sous mandat : pour le compte d'un client consiste à gérer des portefeuilles individuels d'actifs financiers.

Fonds d'investissement ou gestion collective : La gestion collective (en particulier organisme de placements collectif en valeurs mobilières « OPCVM ») consiste à gérer des portefeuilles collectifs. Un placement collectif est la capitalisation des sommes mises en commun par des investisseurs et gérées pour eux par un gérant. Ce dernier utilise cette capitalisation pour acquérir des actifs financiers. Des parts ou des actions représentant un pourcentage de l'avoir de la capitalisation sont émises, en contrepartie des placements versées.

Value at Risk (« VaR ») :

$VaR_{\alpha}(X) = F_X^{-1}(\alpha)$ où F désigne la fonction de répartition associée

à X qui est la distribution des rendements de pertes et profits et

α le niveau de risque

Expected Shortfall (Conditional Value at Risk « CVaR » ou « CoVar ») :

$CVaR_{\alpha}(X) = \frac{1}{\alpha} \int_0^{\alpha} F_X^{-1}(t) dt$ où F désigne la fonction de répartition

associé à X qui est la distribution des rendements de pertes et profits

et α le niveau de risque

Le ratio de KOC : indicateur défini pour indiquer le nombre de jours nécessaires pour récupérer son capital investi si l'on touche la valeur à risque (VaR ou Cvar)

Tracking-error : indicateur représentant l'écart type de la série des différences entre les rendements du portefeuille et les rendements de l'indice de référence.

Liquidité d'un actif : proportion de l'actif à être échangeable

Action : titre de propriété négociable, représentant une partie du capital social d'une société de capitaux (société anonyme ou société en commandite).

Obligation : instrument financier représentant une part de l'endettement d'une entreprise ou d'un Etat. Sa fonction est de financer une activité ou des investissements.

Family officer : dénomination d'un conseiller de la famille cliente d'un family office

Family office : bureau de gestion de patrimoine ou gestionnaire de grande fortune, est une organisation privée destiné à contrôler le patrimoine d'une ou de quelques familles.