

Anticipation des Crises Financières: Nouveaux Outils pour les Investisseurs

Antoine Kornprobst

Université Paris I Panthéon-Sorbonne
Labex ReFi

May 23, 2017

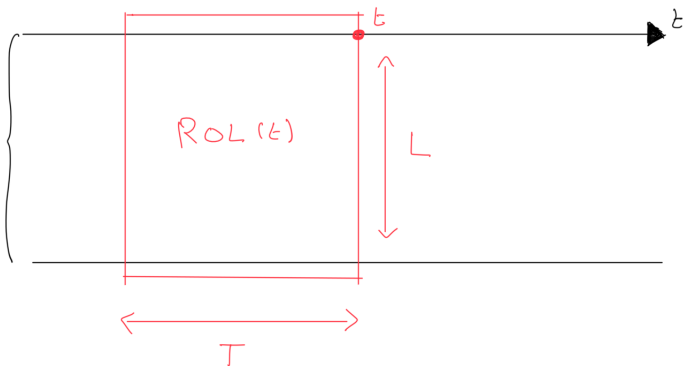
- Il est **impossible de prédire** les crises financières, mais il est possible de **mesurer si les conditions sont réunies** dans le marché pour qu'un événement adverse aléatoire déclenche une catastrophe.
- La **volatilité** et l'**excès de corrélation** sont les deux paramètres de marchés à la base de nos indicateurs de crises financières.
- L'objectif est de parvenir à anticiper les mouvements du marché d'une manière suffisamment fiable et statistiquement reproductible pour en retirer un profit basé non **pas sur la chance** mais sur les **compétences de la personne** qui définit les paramètres de la stratégie d'investissement.
- Les **performances** de plusieurs de nos stratégies seront étudiées et comparées entre elles ainsi qu'à une stratégie d'investissement passive.

Les indicateurs de crises financières que nous construisons sont de deux types :

- Ceux de la **série A** qui calculent la **distance de Hellinger** entre la distribution du spectre de la matrice de covariance, de corrélation ou de corrélation pondérée des actifs considérés et une distribution de référence qui représente un marché calme ou un marché agité. Ces indicateurs reposent sur un mélange de **volatilité**, de **corrélation** et du caractère **Gaussien ou non** de la distribution des rendements.
- Ceux de la **série B** qui calculent une **propriété spectrale** (rayon spectral, trace et norme de Frobenius) de la matrice de covariance, de la matrice de corrélation ou d'une version pondérée de la matrice de corrélation. Selon les cas, ces indicateurs reposent sur la **volatilité seule**, la **corrélation seule** ou un **mélange de volatilité et de corrélation**.

- Nous travaillons avec des **indices equity**: BE500, SP500, CAC40, NASDAQ et SHSZ300.
- Les indicateurs sont calculés avec les composantes d'un indice et le titre acheté ou vendu via nos stratégies est un **Exchange Traded Fund** (ETF) repliquant l'indice.
- Les données sont de **fréquence journalière**, mais notre cadre de travail peut être étendu à tout type de fréquence.
- Pour un indice avec L composantes, nous considérons à chaque date t une **fenêtre roulante** $ROL(t)$ constituée de l'historique des log-rendements de ces composantes. C'est une matrice aléatoire avec L lignes (actifs) et T colonnes (observations).

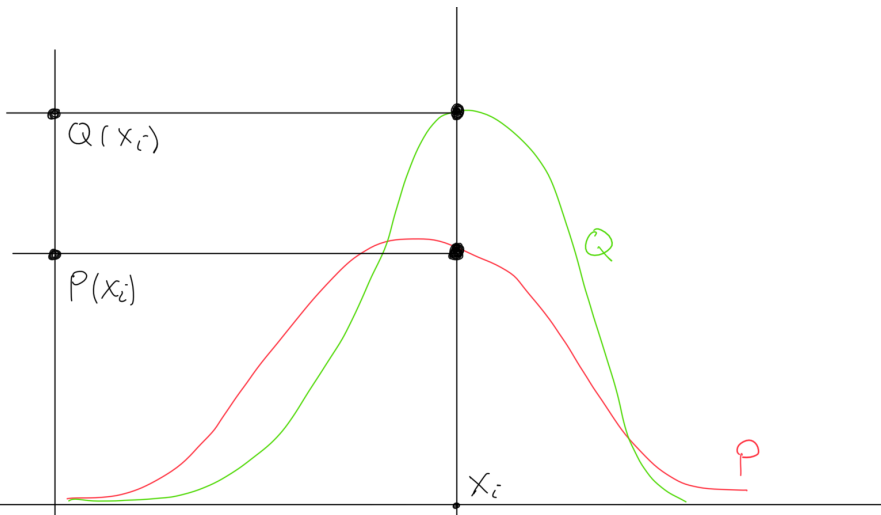
Composantes
de
l'indice
(L anelis)



- Dans la plupart des cas, nous fixons T comme la partie entière de $1.1 \times L$.
- T est **assez grand** ($T > L$) pour obtenir le spectre complet de la $L \times L$ matrice de covariance ou de corrélation.
- T n'est **pas trop grand** pour éviter de donner aux indicateurs une trop longue mémoire et ainsi préserver leur réactivité aux événements de marché.
- Le spectre est obtenu par la méthode de **décomposition en valeurs singulières** (SVD) pour limiter les erreurs d'arrondi et augmenter la vitesse de calcul.

- A la date t , nous calculons à partir de la fenêtre roulante $ROL(t)$ les matrices $ROL^*(t)$ (**réduite centrée**), $ROL^{**}(t)$ (**réduite, centrée et normalisée**) et $ROL_{weight}^{**}(t)$ (**réduite, centrée, normalisée et pondérée**).
- Ces fenêtres roulantes nous permettent d'obtenir cinq matrices: **covariance**, **correlation** et **correlations pondérées**.
- Les trois pondérations utilisées sont le **volume échangé**, la **capitalisation boursière** et le **leverage** (rapport de la dette à la capitalisation boursière)

- Ces indicateurs comparent à une date t le **spectre empirique complet** de l'une de nos cinq matrices à une **distribution de référence** représentant un marché calme ou un marché agité.
- La métrique utilisée est la version discrète de la **distance de Hellinger** \mathbb{D} , très similaire à la distance Euclidienne usuelle.
- Lorsque le spectre empirique se décale vers les grandes valeurs propres, cela indique une **instabilité dynamique dans le marché**: la corrélation entre les actifs et/ou la volatilité augmentent et **les conditions sont réunies pour le déclenchement d'une crise**.
- Les indicateurs de la série A évaluent si le marché s'éloigne d'une référence calme et se rapproche d'une référence agitée, au sens de la distance de Hellinger, pour évaluer le risque de déclenchement d'une crise.



$$D^2 = \sum_i (\sqrt{P(x_i)} - \sqrt{Q(x_i)})^2$$

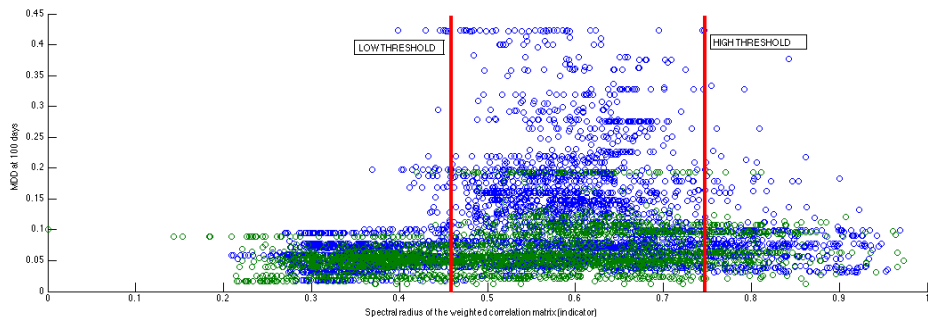
- **Reference A1:** Distribution de Marchenko-Pastur. C'est la distribution théorique limite du spectre de la matrice de covariance d'une matrice aléatoire de **coefficients Gaussien i.i.d.** Elle représente un **marché calme idéal.**
- **Reference A2:** Distribution du spectre de la matrice de covariance d'une fenêtre roulante aléatoire constituée de coefficients Gaussiens $N(0, 1)$ avec **corrélation simulée.** Représente un **marché calme plus réaliste.**
- **Reference A3:** Distribution du spectre de la matrice de covariance d'une fenêtre roulante aléatoire constituée de coefficients **Student (t=3) avec corrélation simulée.** Représente un **marché agité** avec une plus grande volatilité et une distribution des rendements à queue épaisse.

- Pour un certain indice equity, nous disposons donc de **15 indicateurs de la série A**.
- **3 références**: A1,A2,A3
- **5 matrices**: covariance, corrélation, corrélation pondérée par le volume, corrélation pondérée par la capitalisation et corrélation pondérée par le leverage.
- Chacun de ces indicateurs doit être vu à une date t comme un avis d'expert. Définir une stratégie d'investissement systématique va revenir à **chercher un consensus** entre les différents avis émis par les indicateurs de la série A, ainsi que ceux de la série B.

- Nous utilisons trois propriétés spectrales : la **trace** (somme des valeurs propres), le **rayon spectral** (plus grande valeur propre) et le **norme de Frobenius** (somme des valeurs propres au carré).
- Nous utilisons toujours nos **cinq matrices**, ce qui nous donne **14 indicateurs de la série B** (la trace de la matrice de corrélation est inutile car constante dans le temps et égale au nombre d'actifs L).

- Un **rayon spectral élevé** est indicatif d'**instabilité dynamique** dans le marché et donc que les conditions sont favorables au déclenchement d'une crise. Certains actifs deviennent corrélés à tous les autres et (si la matrice contient ce signal) la volatilité explose.
- Une **trace élevée** (et en particulier très supérieure au rayon spectral) indique que le spectre tout entier **glisse vers les grandes valeurs propres**. Cela indique aussi que la corrélation et/ou la volatilité augmente dans le système des actifs.
- Une **norme de Frobenius** élevée reflète le même phénomène, mais avec une **sensibilité accrue** puisque c'est la somme des carrées des valeurs propres que l'on considère.

- Nous disposons donc de 29 indicateurs en tout, pour lesquels nous définissons une période de calibration qui doit être au moins supérieure à T .
- A chaque date t de la période de calibration, nous calculons ex-ante le maximum drawn down (MDD) à un horizon 100 jours du prix de l'ETF.
- Sur la période de calibration, pour chaque indicateur, nous représentons le scatter plot "MDD" vs. "Indicateur".
- Tous les graphs obtenus ont la même structure "en cloche".
- La période de calibration est utilisée pour déterminer la barrière haute et la barrière basse qui définissent la **zone de danger** de l'indicateur.
- Quand la valeur de l'indicateur est basse, le risque de crise est bas et quand la valeur de l'indicateur est très élevée, c'est la période de rétablissement post-crise que l'on observe à l'horizon 100 jours.



Exemple: rayon spectral de la matrice de corrélation pondérée par le volume pour le SP500.

Calibration (vert): 1990 à 2000 ; Forecast (bleu): 2000 à 2015.

- L'étendue de la zone de danger est choisie égale à 10 dans un scatter plot normalisé à une échelle 100×100
- L'auteur des stratégies d'investissement prend maintenant une première décision cruciale: le choix d'un seuil de MDD (**MDD Threshold**), commun à tous les indicateurs.
- Une fois ce choix fait, notre système oublie tous les points du scatter plot en dessous de ce seuil et choisit la zone de danger de façon à maximiser le nombre des points restant à l'intérieur.

Stratégies systématiques: deux approches

- La logique derrière le choix du MDD Threshold est la suivante: est-ce que l'on préfère parier sur l'anticipation d'un grand nombre de "petites" crises ou plutôt d'un petit nombre de "grosses" crises ? Il faut trouver le bon équilibre !
- Parier sur la détection d'un grand nombre de petites crises est moins risqué dans le sens que l'on peut se permettre d'en rater quelques unes (faux négatifs), mais nos indicateurs produiront aussi plus de faux positifs et seront moins efficaces.
- Parier sur la détection des rares événements systémiques majeurs est plus risqué car l'éventualité d'en rater un et d'être ruiné existe (même s'il est très peu probable), mais d'un autre côté nos indicateurs produisent moins de faux positifs pour les seuils de MDD élevés et les possibilités de profit sont plus grandes.

Une fois le **MDD Threshold** choisi, les indicateurs sont donc calibrés et il faut décider comment interpréter les signaux qu'ils produisent. Nos stratégies sont de deux types:

- Celles qui sont basées sur le choix d'un jeu de règles discrètes et qui vont nécessiter aussi le choix d'un second paramètre: la sensibilité (**Indicator Sensitivity**).
- Celles qui sont basées sur une **fonction de réponse**, elle aussi à choisir expérimentalement par l'opérateur.

Le choix du **MDD Threshold** d'abord, puis de l'**Indicator Sensitivity** ou de la **fonction de réponse** sont déterminants pour le succès d'une stratégie et se base sur l'expérience de l'opérateur ainsi que sur sa connaissance du marché.

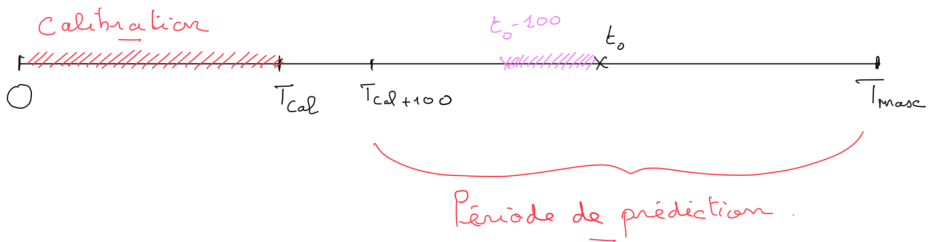
Stratégies systématiques: deux approches

Toutes les stratégies actives que nous présentons reposent sur une période de calibration de 500 jours. Nous considérons deux investisseurs :

- Un **investisseur passif** qui détient un portfolio constitué de 10.000 shares d'un ETF et de 10M de cash et qui les conserve pendant la durée de l'expérience.
- Un **investisseur actif** qui détient un portfolio constitué de 10.000 shares d'un ETF et de 10M de cash et qui va convertir son cash en titres et vice versa de manière systématique en utilisant notre méthode.

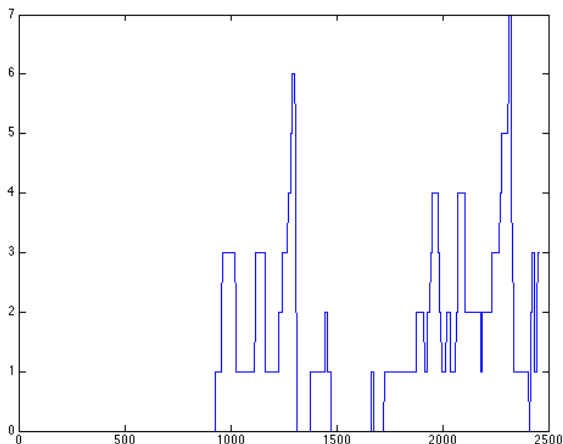
Jeu de règles discrètes

- A une date donnée t_0 , nous regardons 100 jours dans la passé et nous comptons le nombre de fois où chaque indicateur se trouve dans sa zone de danger. L'indicateur retourne un *red flag* à la date t_0 si le nombre de fois où il se trouve dans sa zone danger dans l'intervalle de temps $[t_0 - 100, t_0]$ est supérieur ou égal à l'Indicator Sensitivity.
- A chaque date, le nombre de red flags, noté Γ , est un entier entre 0 et 29.
- Nous définissons ensuite un jeu de règles qui codifient les actions à prendre ("vendre", "acheter" ou "ne rien faire") en fonction de la valeur de Γ .
- Le jeu de règles que nous adoptons pour toutes les stratégies de cette présentation est le suivant : $\Gamma \in [0, 1]$: acheter 10% de titres ETF en plus (jusqu'à épuisement du cash) ; $\Gamma = 2$: ne rien faire ; $\Gamma > 2$: vendre 10% des titres ETF détenus (jusqu'à épuisement des titres)



Le choix de l'indicateur Sensitivity détermine si la stratégie va plutôt avoir tendance à suivre l'indice en conservant les titres ou au contraire va être très reactive et échanger les titres en cash au premier signe de danger :

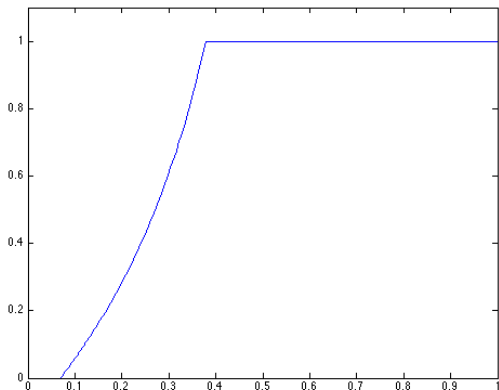
- Sensitivity élevée: les red flags sont difficiles à obtenir et la vente est rare. Le risque est de garder ses titres trop longtemps et de ne pas correctement anticiper les baisses de l'indice.
- Sensitivity faible: les red flags sont plus faciles à obtenir et la vente est beaucoup plus fréquente. Le risque est de "paniquer", de vendre trop tôt et de ne pas profiter des hausses de l'indice.



Example: Profile de Γ pour une base de données contenant 461 composantes du SP500 depuis 2009 en choisissant une Indicator Sensitivity élevée (70%).

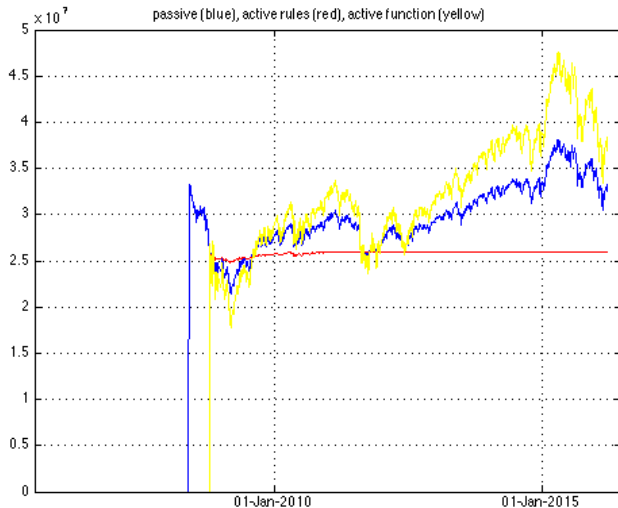
- Les stratégies basées sur une fonction de réponse reposent sur une fonction continue $f : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$
- f détermine la proportion de cash, de 0 à 100 %, à détenir en fonction du nombre de fois entre 0 et 2900 ou les indicateurs se trouvent dans leur zone de danger respectifs dans les 100 jours précédents une date donnée.
- La logique consiste à ne pas vendre trop tôt ses titres, mais à les vendre rapidement dès que le risque de crise augmente et à les racheter tout aussi rapidement dès que le risque diminue.

Fonction de réponse



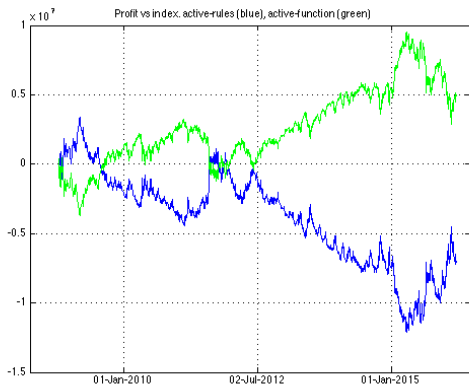
Example: $f(x) = \min\left(\max\left(0, \left(\frac{(x-0.07)}{(0.688-x)}\right)^{0.95}\right), 1\right)$

Active Trading Strategies



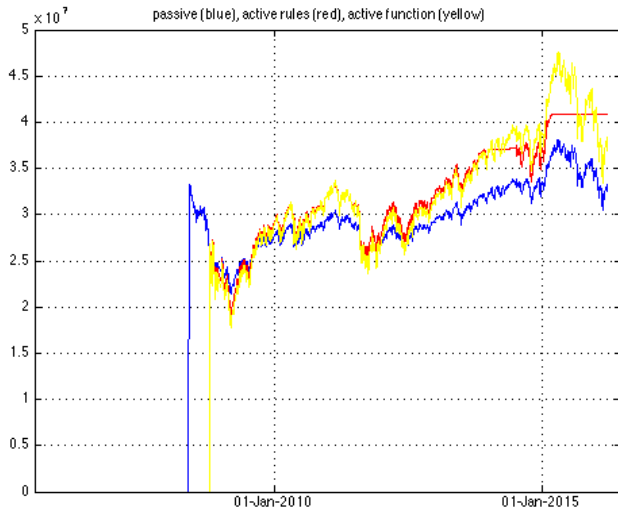
Indice BE500. Threshold = 10, Sensitivity = 70 ; f

Active Trading Strategies



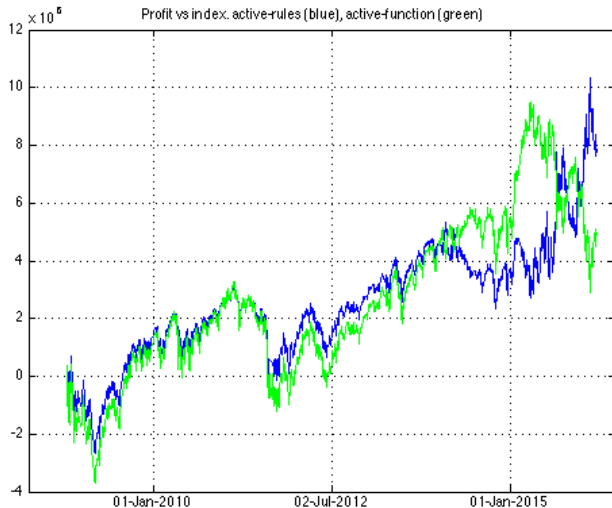
La stratégie avec fonction de réponse s'en sort bien, mais celle basée sur un jeu de règles discrètes échoue. La sensitivity est trop faible, la stratégie va convertir tous les titres en cash trop tôt et ne les rachète pas ensuite. Nous allons augmenter la sensitivity et aussi parier sur la prédiction de crises plus importantes en augmentant le MDD threshold.

Active Trading Strategies



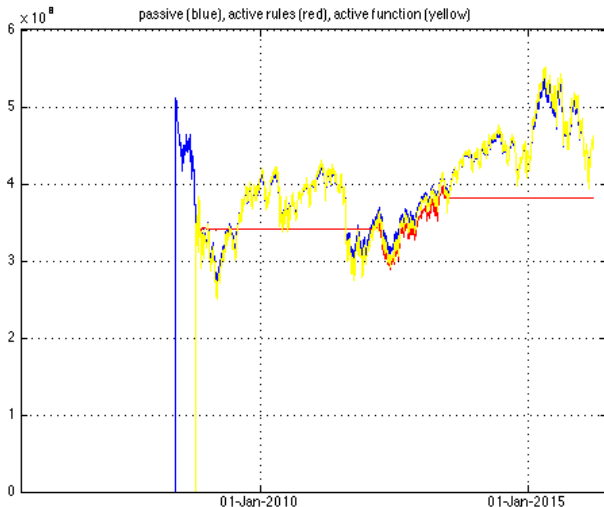
Indice BE500. Threshold = 15, Sensitivity = 90 ; f

Active Trading Strategies



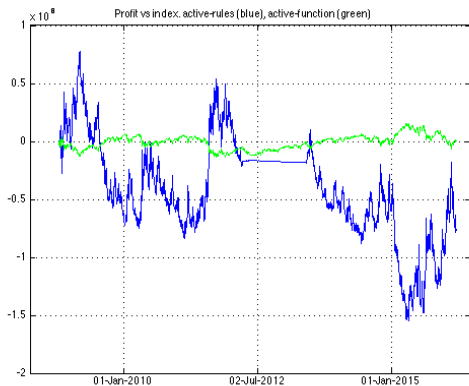
Succès des deux types de stratégies actives.

Active Trading Strategies



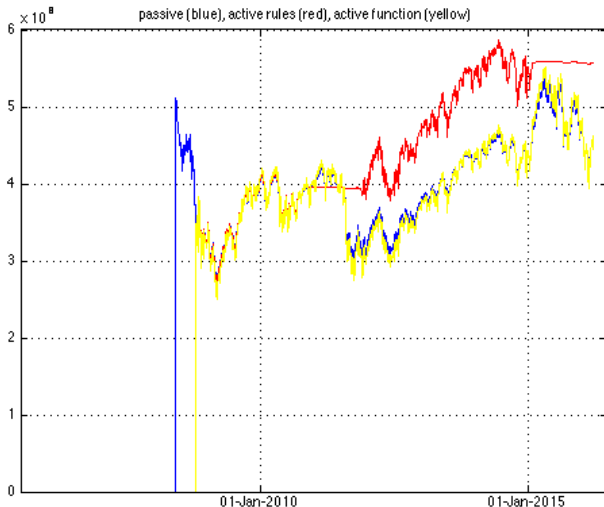
Indice CAC40. Threshold = 10, Sensitivity = 60 ; f

Active Trading Strategies



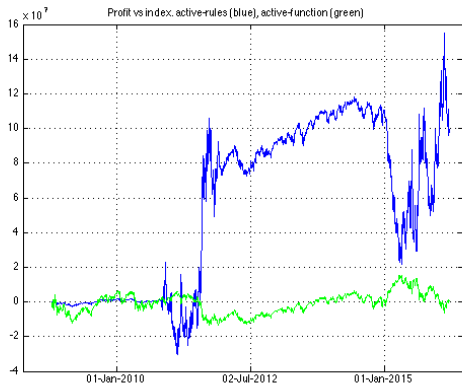
La stratégie avec fonction de réponse ne gagne rien, Il faudrait adapter f . Celle basée sur un jeu de règles discrètes échoue, la sensitivity est trop faible. La stratégie va convertir tous les titres en cash trop tôt et les rachète trop tard. Nous allons augmenter la sensitivity pour rendre la vente plus difficile.

Active Trading Strategies



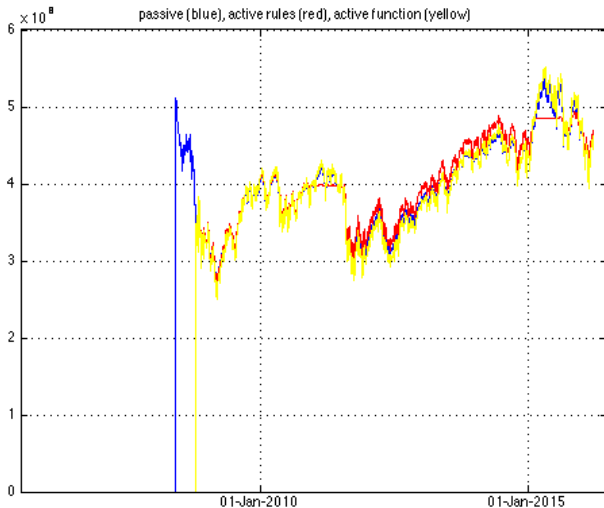
Indice CAC40. Threshold = 10, Sensitivity = 75) ; f

Active Trading Strategies



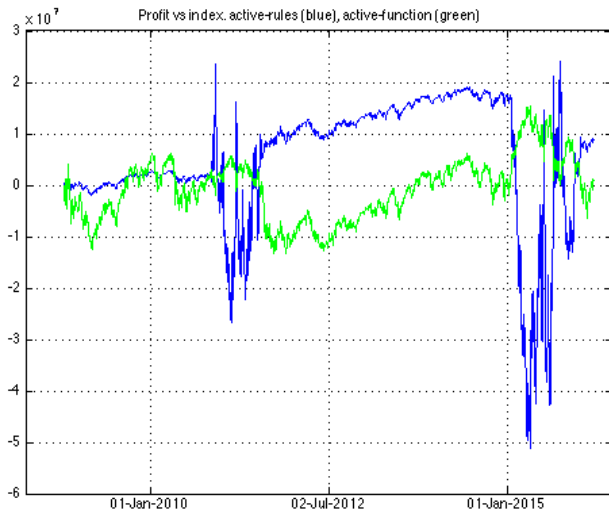
Succès très net de la stratégie basée sur un jeu de règles discrètes. Il serait tentant de continuer à augmenter la sensitivity pour essayer de profiter de la reprise de l'indice début 2015 et racheter des titres à ce moment là. Malheureusement, trop augmenter la sensitivity peut avoir un effet négatif et rendre la vente trop difficile lorsqu'elle est pourtant désirable !

Active Trading Strategies



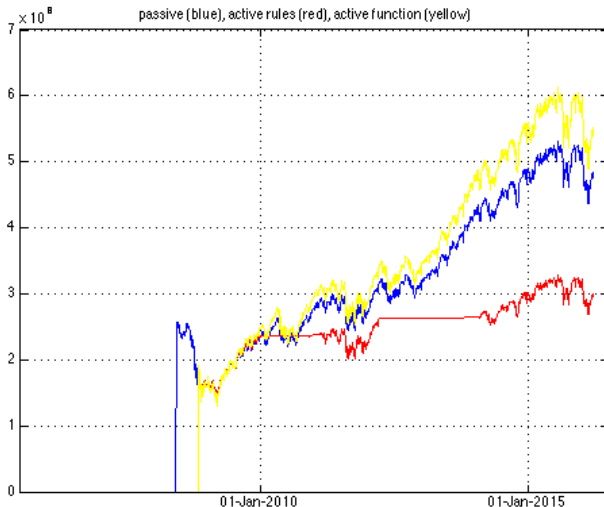
Indice CAC40. Threshold = 10, Sensitivity = 80) ; f

Active Trading Strategies



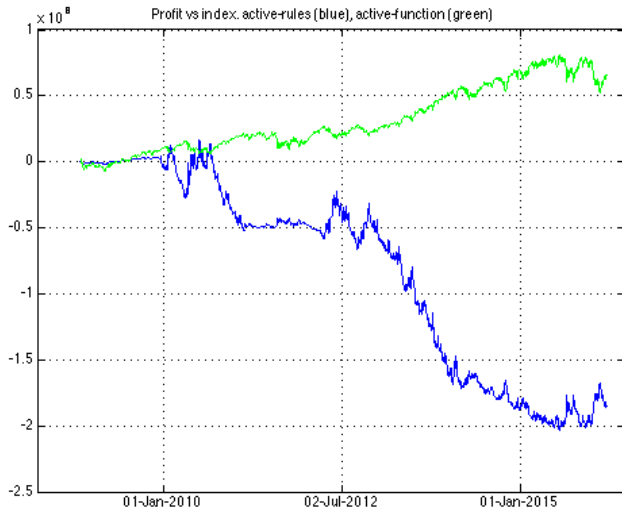
La valeur de sensitivity trop élevée a détruit le potentiel de la stratégie.

Active Trading Strategies



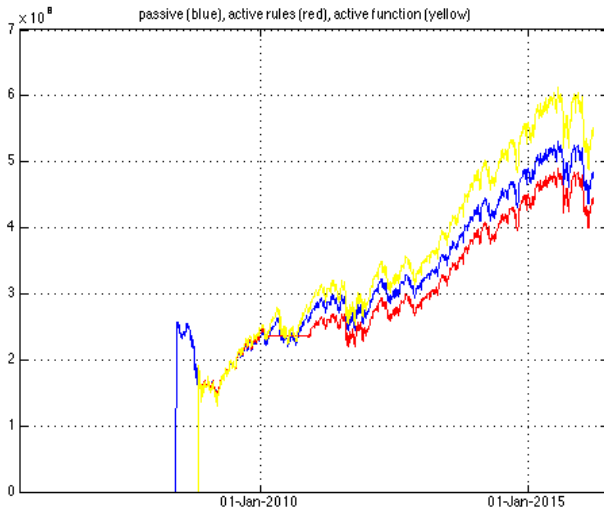
Indice NASDAQ. Threshold = 10, Sensitivity = 60) ; f

Active Trading Strategies



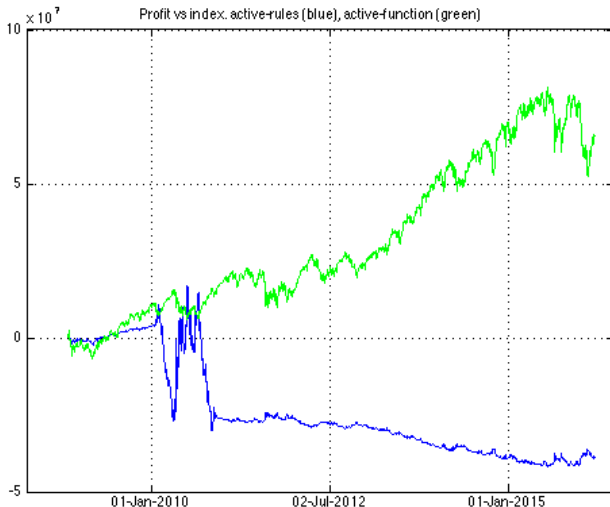
f est bien adaptée mais la sensitivity est trop faible.

Active Trading Strategies



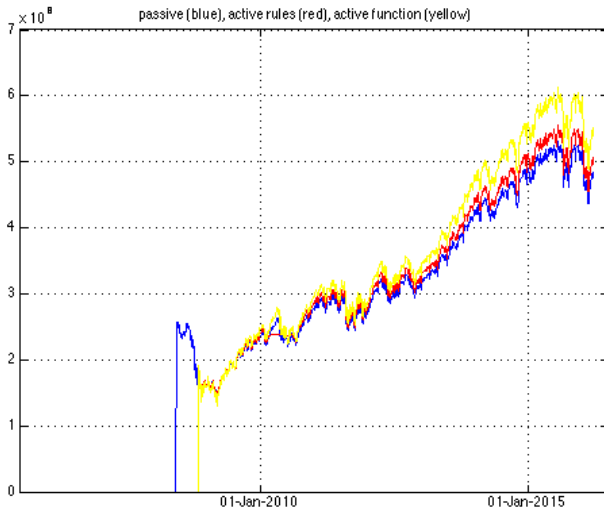
Indice NASDAQ. Threshold = 15, Sensitivity = 70) ; f

Active Trading Strategies



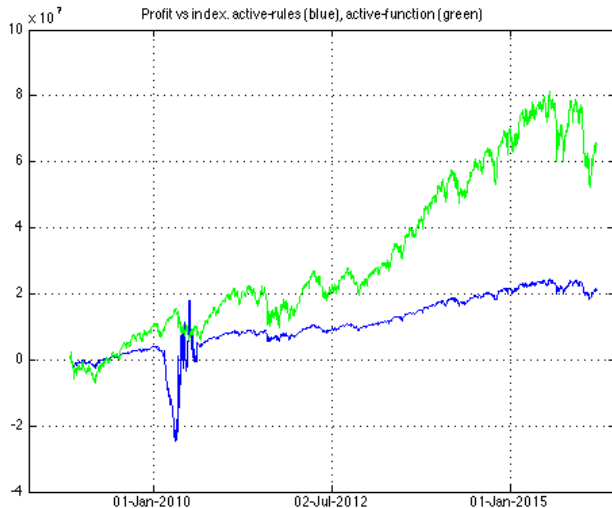
C'est un peu mieux, mais la sensitivity est toujours trop faible.

Active Trading Strategies



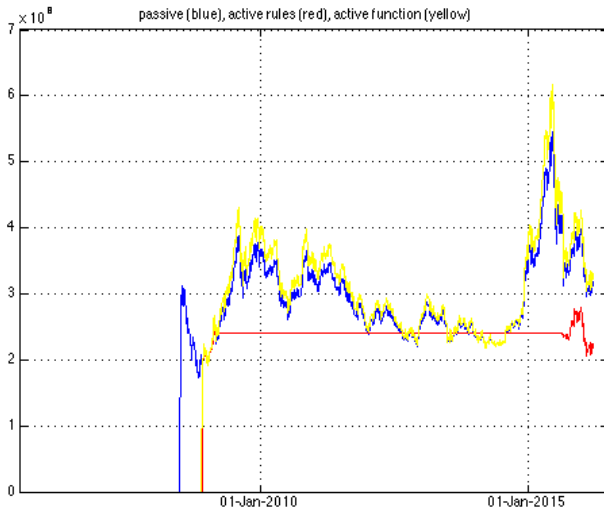
Indice NASDAQ. Threshold = 15, Sensitivity = 80) ; f

Active Trading Strategies



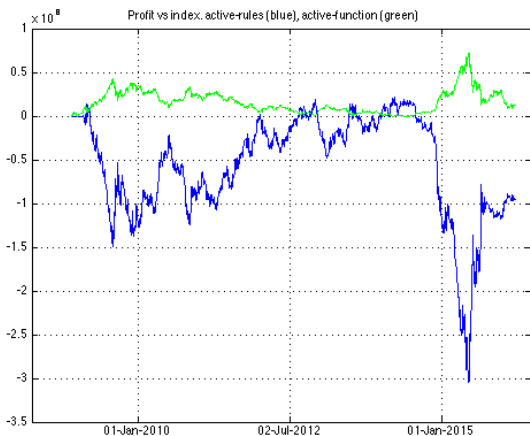
Succès des deux types, mais celle basée sur f est meilleure.

Active Trading Strategies



Indice SHSZ300. Threshold = 10, Sensitivity = 30) ; f

Active Trading Strategies



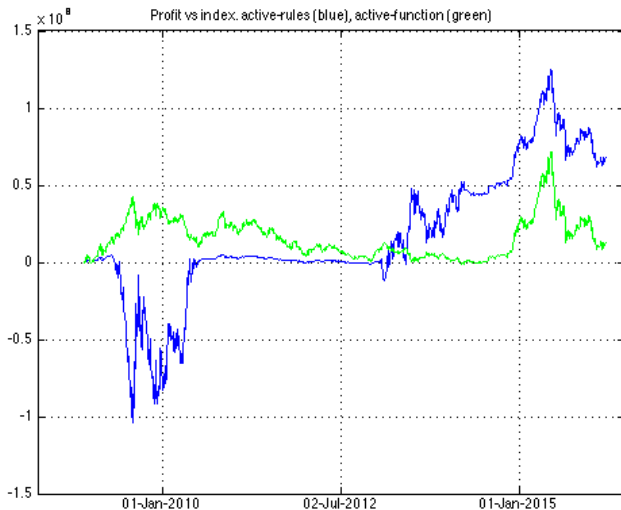
Succès marginal de la stratégie basée sur f . La sensitivity est beaucoup trop faible pour la stratégie basée sur un jeu de règles discrètes.

Active Trading Strategies



Indice SHSZ300. Threshold = 10, Sensitivity = 70) ; f

Active Trading Strategies



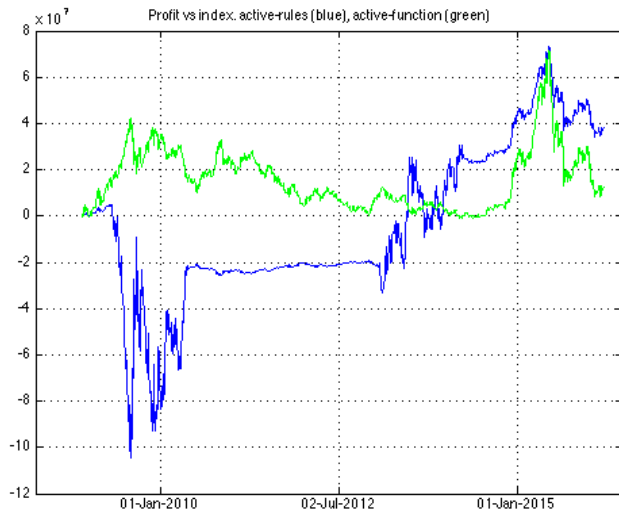
Meilleure performance de la stratégie basée sur le jeu de règles, mais début difficile.

Active Trading Strategies



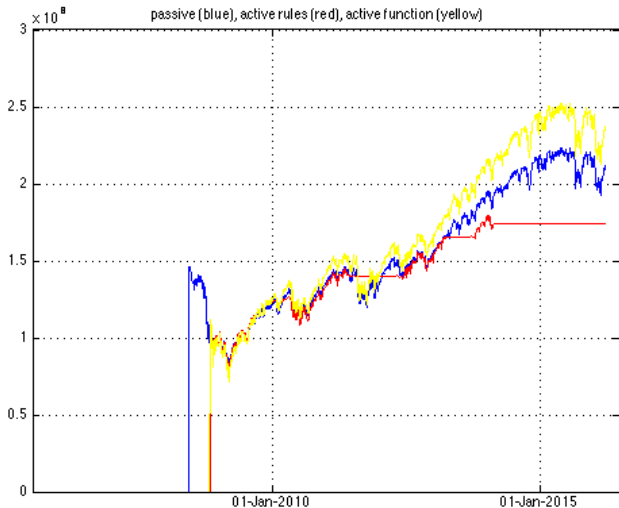
Indice SHSZ300. Threshold = 15, Sensitivity = 70) ; f

Active Trading Strategies



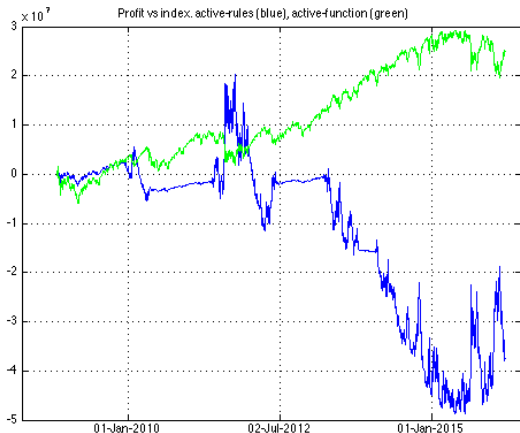
Parier sur des crises plus importantes (MDD Threshold =15)
n'améliore pas.

Active Trading Strategies



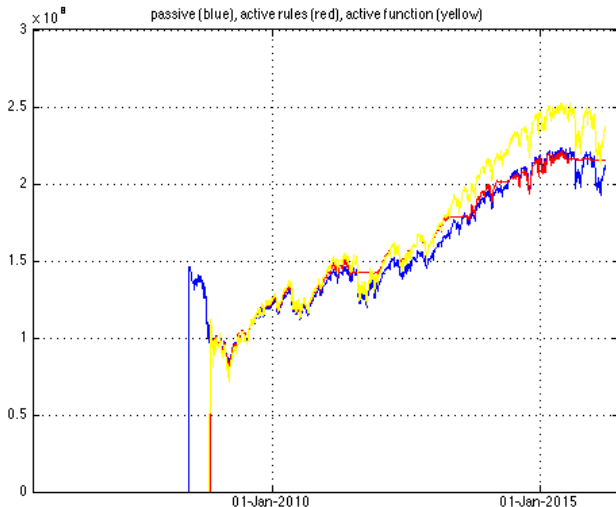
Index SP500. Threshold = 10, Sensitivity = 60) ; f

Active Trading Strategies



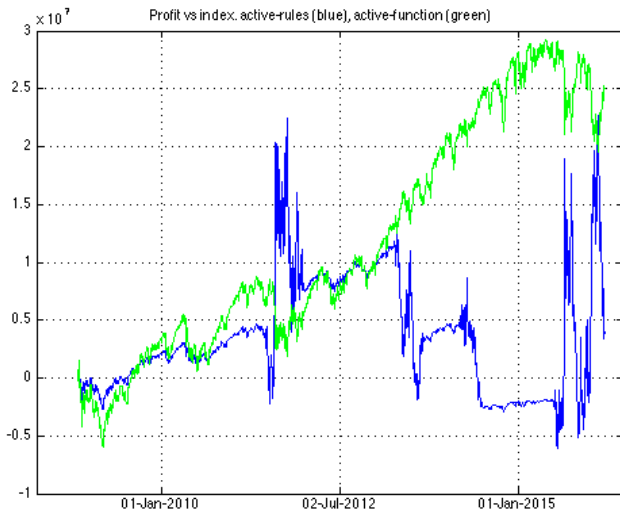
Succès de la stratégie basée sur f , echec de celle basées sur un jeu de règles. On augmente la sensitivity pour rendre la stratégie moins rapide à vendre les titres.

Active Trading Strategies



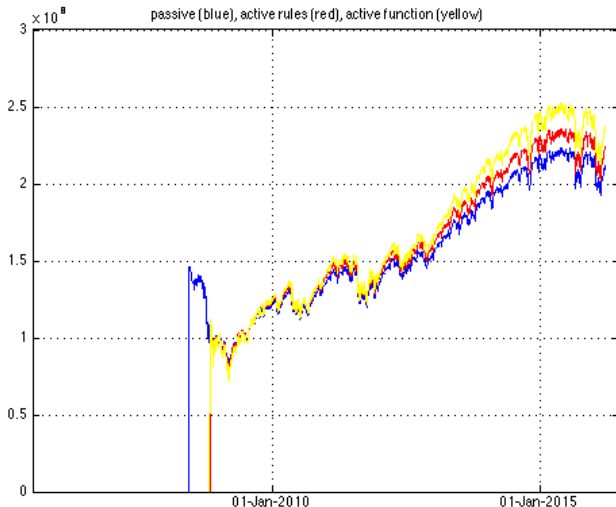
Index SP500. Threshold = 10, Sensitivity = 70) ; f

Active Trading Strategies



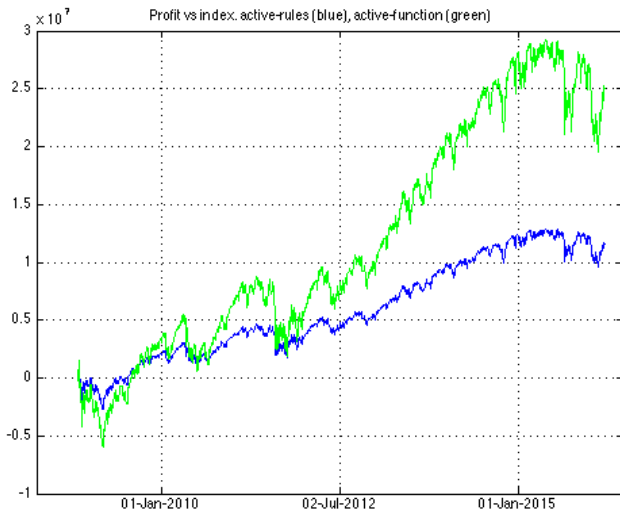
Mieux, mais la stratégie basées sur un jeu de règles retourne un profit marginal seulement.

Active Trading Strategies



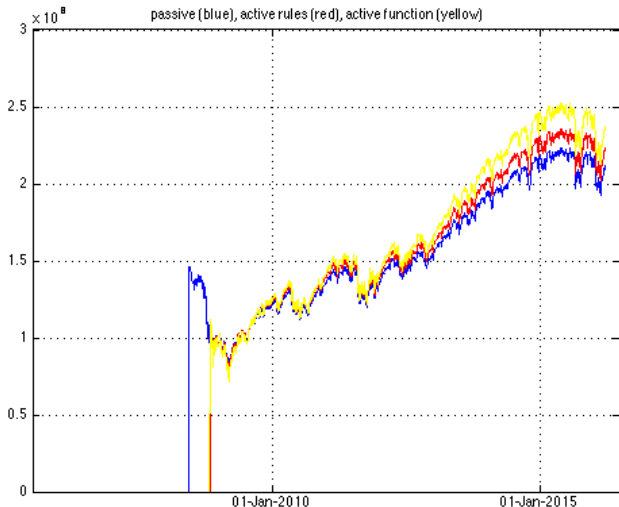
Index SP500. Threshold = 10, Sensitivity = 90) ; f

Active Trading Strategies



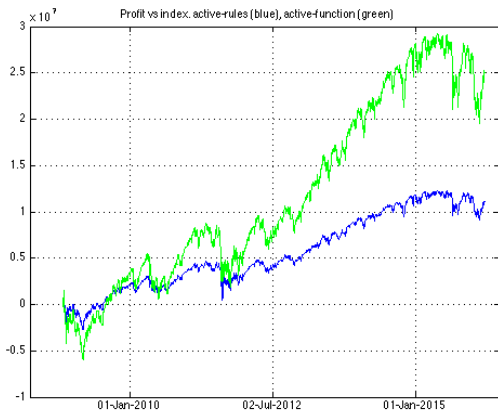
Succès des deux types de stratégies, mais celle basée sur f reste supérieure.

Active Trading Strategies



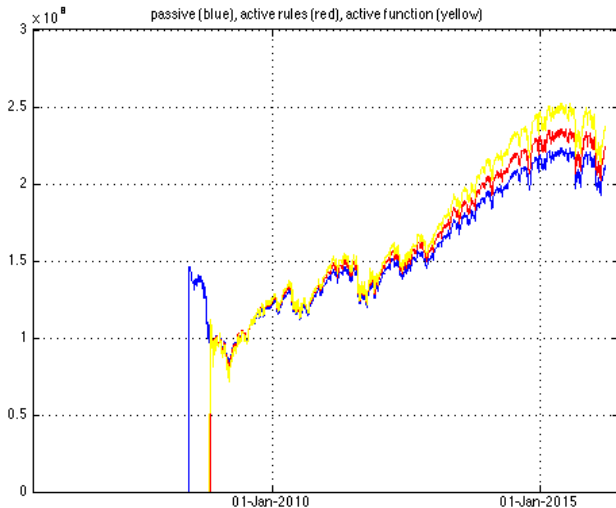
Index SP500. Threshold = 5, Sensitivity = 90) ; f

Active Trading Strategies



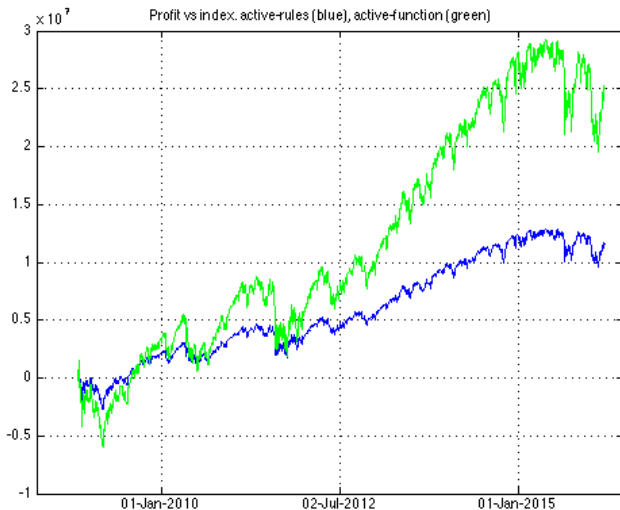
Légère dégradation de la performance de la stratégie basée sur un jeu de règles en pariant sur un plus grand nombre de crises plus petites lorsque l'on fait passer le MDD Threshold de 10 à 5. Dégradation probablement à cause d'un plus grand nombre de faux positifs.

Active Trading Strategies



Indice SP500. Threshold = 25, Sensitivity = 90) ; f

Active Trading Strategies



Pas d'amélioration notable en choisissant un MDD Threshold plus élevé.

- En utilisant le pouvoir prédictif de nos indicateurs, notre intention est, modestement, de démontrer que, avec les limitations de notre cadre de travail et de nos données, il est possible d'établir des stratégies systématiques d'investissement qui dépassent les performances d'un indice equity.
- Cette sur-performance par rapport à l'indice dépend de l'expérience et des compétences de la personne qui choisit les paramètres de la stratégie et n'est pas due à la chance.
- Nos pistes de recherche actuelles incluent l'intégration dans notre cadre de travail des frictions de marché (coûts de transaction, etc...) ainsi que l'élaboration de meilleures références plus réalistes pour les indicateurs de la série A.

- Remerciements au Professeur **Raphael Douady** (Stony Brook University, CNRS) et au Professeur **Michele Benzi** (Emory University).
- Working papers disponibles sur arxiv.org (arXiv:1601.00679)

Merci pour votre attention !

