



Contribution à l'allocation stratégique de portefeuille basée sur le suivi de tendances



Erwan Marrec
Quentin Gai Gianetto



PLAN

- **Federal Finance**
- **Gestion d'actifs par le Momentum**
 - Constat de la gestion d'actifs traditionnelle
 - Quelles justifications ?
 - Facteurs de risque
 - Biais de conservatisme
 - Quel univers ?
- **Estimation non paramétrique de tendance**
 - Comment extraire une tendance ?
 - Existe-t-il une tendance ?
 - Quelles méthodes ?
- **Prédiction non linéaire de tendance**
 - La tendance est-elle prévisible ?
 - Comment la prédire ?
- **Indicateurs synthétiques**
- **Sélection des classes d'actifs**
- **Backtesting**
 - Evolution de 1999 à 2012
 - Asymétrie des gains et des pertes
 - Stratégie Momentum ou contrariante ?
 - Flexibilité de l'allocation

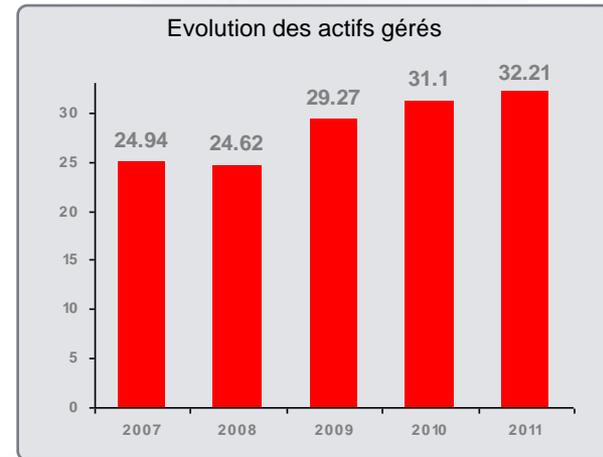


FEDERAL FINANCE SOCIETE DE GESTION DU CREDIT MUTUEL ARKEA



>Federal Finance

- 16^{ème} société française de gestion
- 35 milliards d'euros d'encours
- 125 salariés
- 99 OPCVM





NOTRE APPROCHE MOMENTUM

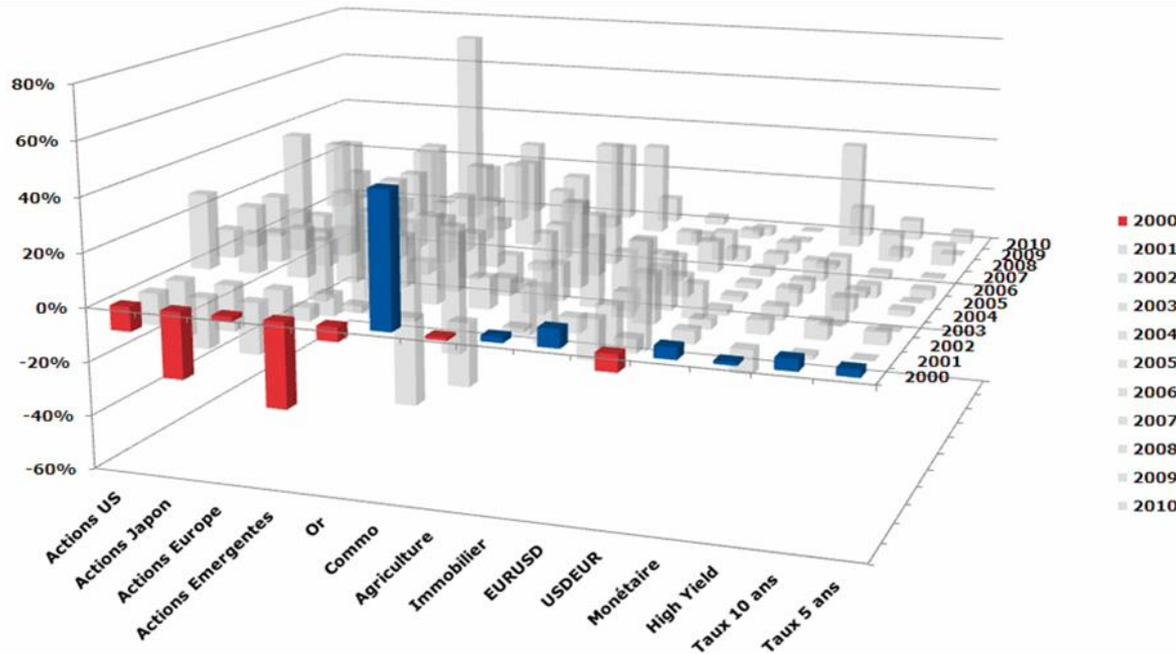


>Gestion d'actifs par le momentum

Un constat qui s'impose à tous...

- La nécessité de diversifier l'univers d'investissement...
 - Elargir l'univers d'investissement classique
 - Apporter de la diversification en investissant sur des marchés décorrélés
 - Apporter une flexibilité forte
 - Amortir la baisse dans les phases de chocs de marchés

Une performance plus régulière, limiter les phases de chocs de marchés



Quelle que soit l'année de référence, il existe toujours au moins une classe d'actif réalisant une performance positive



NOTRE APPROCHE MOMENTUM



>Gestion d'actifs par le momentum

■ Idée sous jacente :

- « Les actifs suivent des tendances de moyen terme : ceux ayant surperformé sur une période passée ont une probabilité forte de surperformer dans le futur »

■ Observations empiriques du Momentum : Existence de Momentum dans le marché

- Validations empiriques du momentum
 - Jegadeesh et Titman (1993)
- Explication par les facteurs de risque
 - [Fama et French](#) (1993)
- Explication par le biais de conservatisme et représentativité
 - [Barberis](#) (1998)

■ Justification des tendances de moyen terme sur le marché action

- Surperformance de la stratégie régulière est liée au trend sur l'ensemble des indices sous jacents ayant tous été sélectionnés sur les 10 ans passés au sein du portefeuille momentum

5

13



RENDEMENTS AJUSTÉS PAR LES RISQUES



>Gestion d'actifs par le momentum

Modèle de marché à 4 facteurs, Carhart

- Selon le modèle tri-factoriel de Fama & French, le rendement excédentaire d'un portefeuille de titres serait fonction de la sensibilité au risque du marché mais aussi au « book to market ratio » et à la taille
- Carhart propose une correction au modèle en intégrant l'effet momentum

$$R_{p,t} - R_{f,t} = \alpha_p + \beta_p RMRF_t + \phi_p SMB_t + \gamma_p HML_t + \mu_p PR1YR_t + \varepsilon_{p,t}$$

$R_{p,t}$ = rendement moyen mensuel du portefeuille P

α_p = rendement anormal mensuel moyen du portefeuille P

ϕ_p, γ_p, μ_p représentent respectivement les sensibilités aux différents facteurs de risque, soit le marché, taille (SMB), « book market ratio » (HML) et momentum (PR1YR)

$PR1YR_t$ = rendement moyen des titres du portefeuille gagnant - rendement moyen des titres du portefeuille perdant





RENDEMENTS AJUSTÉS PAR LES RISQUES



>Gestion d'actifs par le momentum

Validation empirique du modèle sur l'indice SBF 120

3 facteurs de risque

- Les résultats valident la relation entre le rendement excédentaire et l'effet taille, le Book market ratio
- L'effet risque de marché est neutre dans l'explication des rendements

	Capi	Rm	SMB	HML	PR
P1	10380,881	1.356065591 54.7947	-0.001237710 -0.13184	0.000451635 5.56696	-0.505435801 -19.52414
P2	13490,053	1.17474860 61.20624	-0.002034625 -0.51223	0.003066170 15.47400	0.03814053 2.40242
P3	18810,029	1.207445379 57.50286	-0.028218942 -7.55259	0.004764275 0.02472	0.091708713 5.08247
P4	7885,4347	0.897852933 38.19084	-0.100498751 -10.61875	0.006149156 0.35616	0.153781990 7.00300
P5	3730,8397	1.128914070 42.26939	-0.351409402 -14.07625	0.007893097 11.57327	0.275025871 13.62166

Facteur Momentum

- Validation de l'impact du momentum sur la performance des paniers
 - Positif sur le portefeuille le plus performant (P5)
 - Négatif sur le portefeuille le moins performant (P1)

L'étude valide la relation entre les 3 facteurs de risque de FAMA et le facteur Momentum dans l'explication du rendement excédentaire d'un portefeuille

Les 4 variables expliquent 95% de l'écart de performance du portefeuille contre l'indice



FINANCE COMPORTEMENTALE ET BIAIS D'ANCRAGE



>Gestion d'actifs par le momentum

- Les cours ne réagissent pas instantanément à l'information nouvelle mais avec retard
- Les analystes financiers sont victimes du biais d'ancrage dans leurs prévisions

% de surprises positives et négatives suite à une modification positive ou négative du bénéfice par action trimestriel de l'année précédente

Surprise	Positive	Variation Nulle	Négative	Total
Positive	86%	2%	12%	100%
Négative	42%	6%	52%	100%

Relation entre une annonce surprise et la variation de BPA

$$UE_t = \alpha_i + \beta_i (BPA_t - BPA_i)$$

$UE_t = BPA_{\text{réel}} - \text{moyenne des consensus}$

$BPA_t - BPA_i = \text{variation brute de BPA}$

Les variations de BPA sur une année sont majoritairement suivies par un effet de surprise (BPA réalisé - consensus $_{(m-1)}$) de même signe



FINANCE COMPORTEMENTALE ET BIAIS D'ANCRAGE



>Gestion d'actifs par le momentum

Les variables sont positivement liées, une variation du bénéfice est suivie d'une surprise de même sens indiquant une sous-réaction des analystes à l'information

Les résultats montrent un point d'ancrage majeur sur le **BPA du trimestre équivalent de l'année précédente** (BPA_{t-4})

Variable explicative	α	β	R^2	Effectif
$(BPA_t - BPA_{t-1})$	0.035 (-36.9)	0.398 (-158.2)	0.345	47431
$(BPA_t - BPA_{t-4})$	-0.039 (-44.1)	0.452 (-198.9)	0.459	46723

α	β_1	β_2	β_3	β_4	R^2	Effectif
-0.039 (-52.5)	0.168 (69.36)	0.102 (41.5)	0.104 (42.7)	0.269 (113.9)	0.62	46690

Les investisseurs ne corrigent pas le biais d'ancrage, nous observons une auto-corrélation des rendements en moyenne 60 jours après l'annonce des résultats



CONCLUSION



>Gestion d'actifs par le momentum

- **Une stratégie Momentum permet de créer une sur performance régulière sous contraintes :**
 - Indices larges et non étroits pour les actions
 - Corrélation faible entre les différents actifs de l'univers
 - Volatilité significative des actifs

- **La faible corrélation sur l'univers des commodities permet d'optimiser des stratégies long/short plus efficaces qu'une stratégie long only**

- **La stratégie momentum est particulièrement adaptée à un panier multi assets**

- **Impact du nombre de classes d'actifs :**
 - Le momentum continue de surperformer même avec un nombre d'actifs réduit
 - La surperformance s'accroît avec le nombre d'actifs :
3 classes + 2%, 4 classes +3,9%, 5 classes +5%



COMMENT EXTRAIRE LA TENDANCE D'UNE SÉRIE FINANCIÈRE ?



>Estimation non paramétrique de tendance

■ Questions fondamentales :

- Comment définir la tendance ?
- En existe-t-il une au sein de ces séries ?
- Comment extraire une tendance à partir de la série de données ?

■ De nombreux facteurs, **difficilement mesurables** en temps réel, ont un **impact évolutif** sur la dynamique (souvent **non-stationnaire au second ordre**) de ces séries

- **Structure du modèle** générant ces séries **ne peut être fixée a priori**

Méthodes de régression non-paramétrique



EXISTE-T-IL UNE TENDANCE ?



>Estimation non paramétrique de tendance

■ Théorème de Cramer (1961) :

Soit X_t processus aléatoire tel que $\mathbb{E}[X_t] = 0$ et $\mathbb{E}[X_t^2] < +\infty$, alors il existe une décomposition orthogonale unique :

$$X_t = f(t) + \epsilon_t$$

avec : ϵ_t imprévisible ($\epsilon_t = X_t - \mathbb{E}[X_t|\mathcal{F}_t]$)
 $f(t)$ prévisible ($\mathbb{E}[f(t)|\mathcal{F}_t] = f(t)$)

■ Méthodes de régression non-paramétrique :

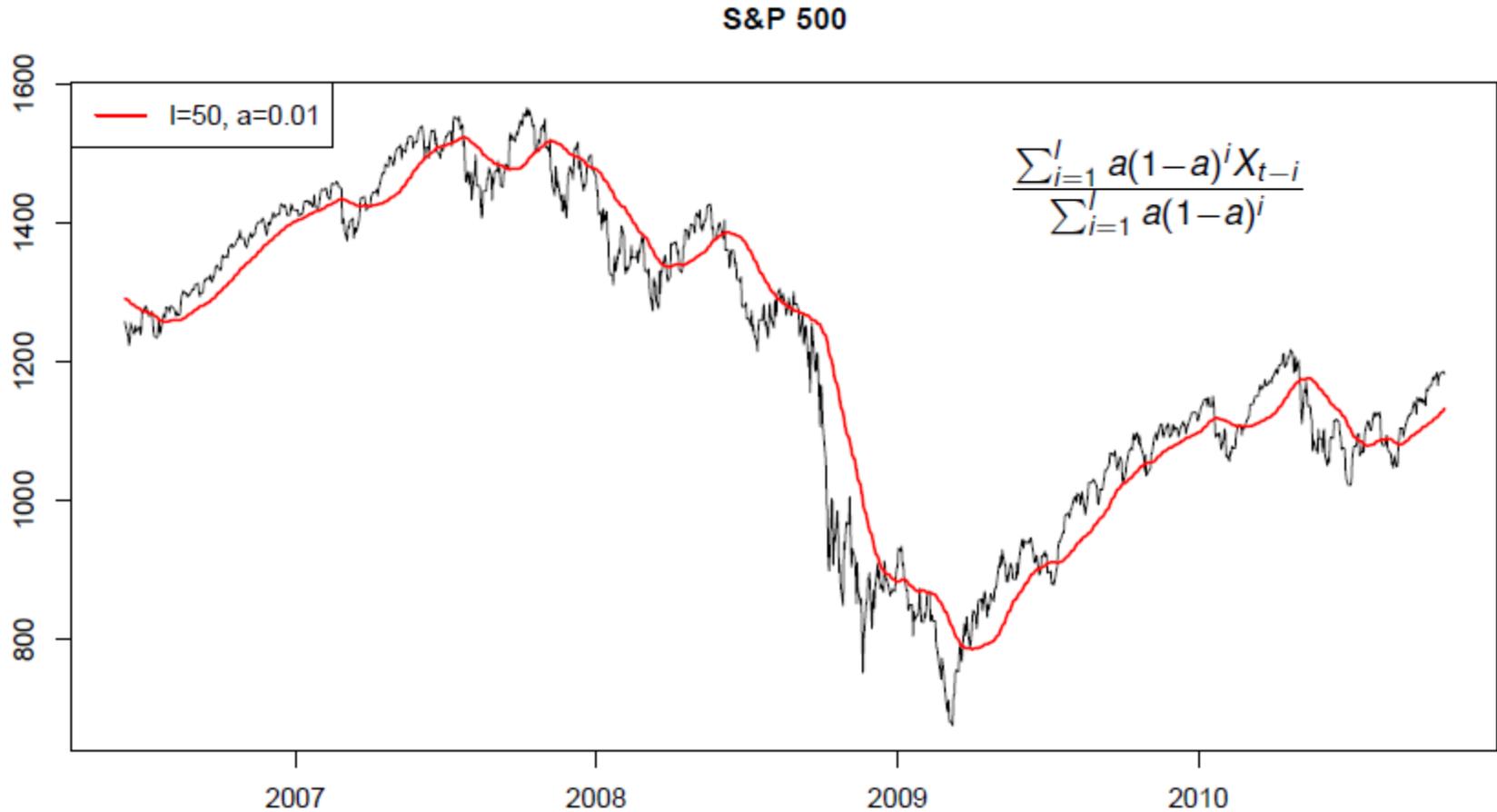
- **Hypothèse de régularité** sur f est liée au **lissage** de la tendance



EXEMPLE DES MOYENNES MOBILES EXPONENTIELLES



> Estimation non paramétrique de tendance

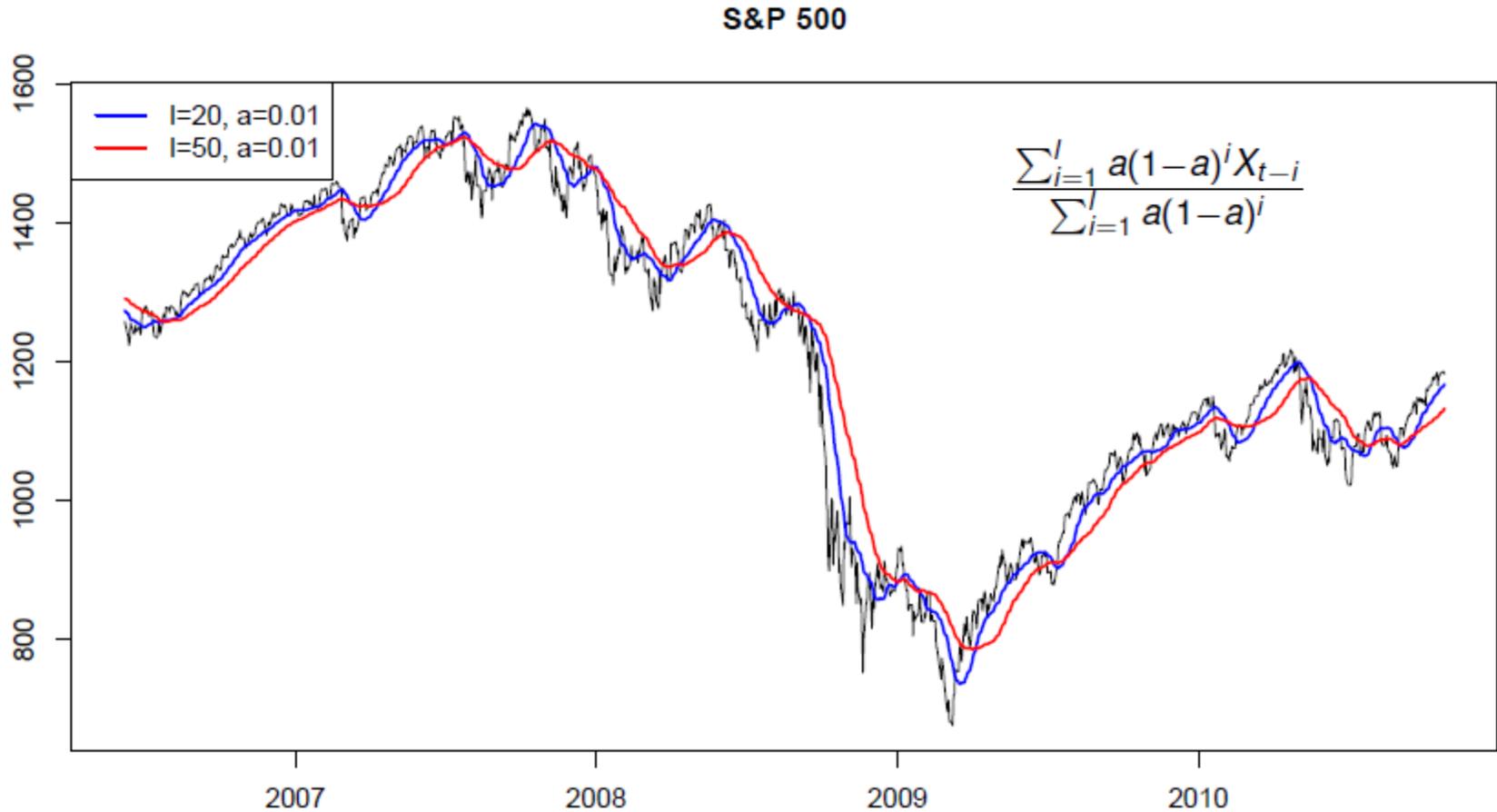




EXEMPLE DES MOYENNES MOBILES EXPONENTIELLES



> Estimation non paramétrique de tendance





QUELLES MÉTHODES POUR DES SÉRIES NON-STATIONNAIRES AU SECOND ORDRE ?



>Estimation non paramétrique de tendance

■ Polynômes locaux

- Approximation de f par la formule de Taylor

■ Splines de lissage

- Décomposition de f sur une base de fonctions splines

■ Ondelettes

- Décomposition de f sur une base de fonctions ondelettes

■ Décomposition modale empirique

- Décomposition empirique de la série se basant sur des interpolations successives d'extrema



RÉGRESSION PAR DÉCOMPOSITION MODALE EMPIRIQUE



>Estimation non paramétrique de tendance

■ Méthode récente (1998) issue du traitement du signal :

- Décomposition de f sur une base de fonctions sans présupposer une forme explicite de fonctions

■ g est une fonction modale intrinsèque (FMI) si et seulement si :

- 1- $g : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$
- 2- g a des max. locaux >0 et des min. locaux <0
- 3- Le nbre de max. et celui de min. diffèrent au plus de 1.
- 4- Moyenne entre une fct d'interpolation entre maxima locaux et fct d'interpolation entre minima locaux est nulle.



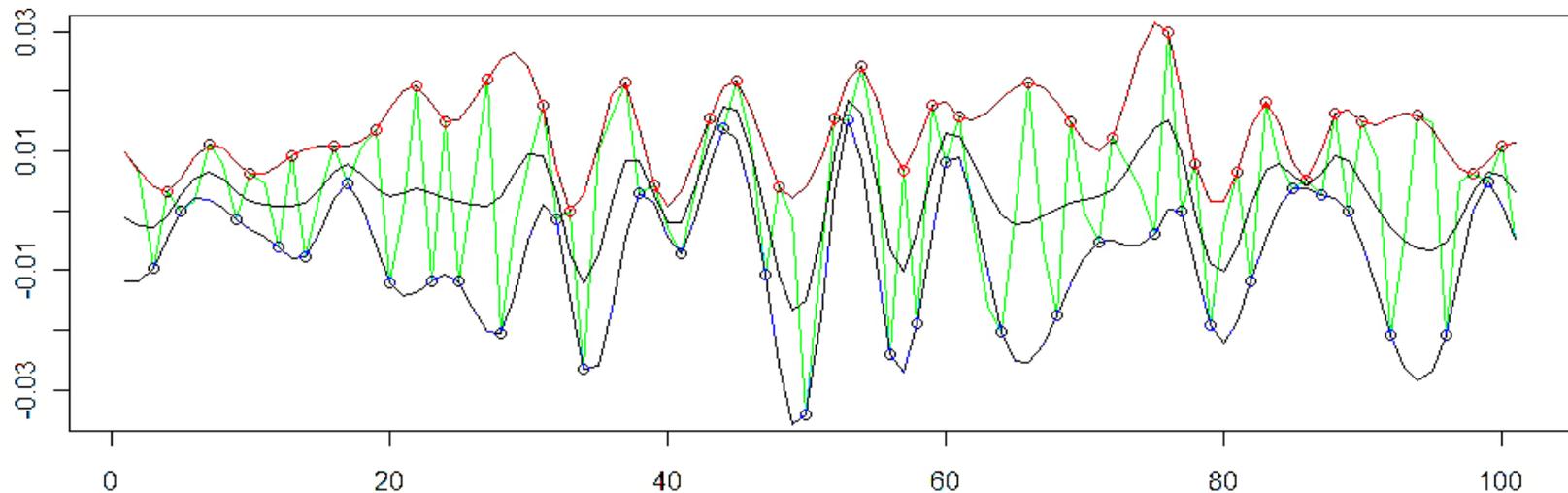
RÉGRESSION PAR DÉCOMPOSITION MODALE EMPIRIQUE



> Estimation non paramétrique de tendance

■ Algorithme de tamisage

- Interpolation des maxima et minima (splines cubiques)
- Moyenne des fonctions d'interpolations
- Soustraction de la moyenne aux données



■ Finalement :

$$\hat{f}(t) = X_t - \sum_{i=1}^{\lambda} FMI_i(t)$$



COMMENT ESTIMER LE PARAMÈTRE DE LISSAGE ?



> Estimation non paramétrique de tendance

Comment choisir le degré de lissage de la tendance ?

■ Validation croisée ordinaire :

- Estimation du modèle sur différents sous-échantillons issus de l'échantillon initial puis minimisation de la somme des erreurs d'estimation sur ces sous-échantillons :

$$OCV(\lambda) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \hat{f}_\lambda(t_i)}{1 - H_{ii}} \right)^2 \quad \text{avec } \hat{\mathbf{f}}_\lambda = \mathbf{H}\mathbf{X}$$

Autres critères :

■ Validation croisée généralisée :

$$GCV(\lambda) = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \hat{f}_\lambda(t_i))^2}{\left(1 - \frac{\text{tr}(\mathbf{H})}{n}\right)^2}$$

■ Méthodes plug-in :

- Minimisation de $\mathbb{E}[\int_{-\infty}^{\infty} (\mathbf{f}(t) - \hat{\mathbf{f}}_\lambda(t))^2 dt]$



COMMENT COMPARER LES MÉTHODES D'ESTIMATION ?



>Estimation non paramétrique de tendance

■ Modèles de simulation issus de la littérature :

■ *Déterministe (Suite chaotique)*

$$X_t = 3.57 X_{t-1} (1 - X_{t-1}) \quad \text{avec } X_0 = 0.7$$

■ *Tendances déterministes (Pics et creux)*

$$1) \quad X_t = 10 - \left(\frac{25}{4} (t - 0.5)\right)^2 + \cos(100t) + \varepsilon_2(t) \quad \text{avec } \varepsilon_2(t) \rightarrow N(0,1)$$

$$2) \quad X_t = 10 - 10t + (7t)^4 \mathbf{1}_{t \leq 0.25} + (7t - 3.5)^4 \mathbf{1}_{0.25 \leq t \leq 0.75} + (7t - 7)^4 \mathbf{1}_{t > 0.75} + \varepsilon_3(t)$$

avec $\varepsilon_3(t) \rightarrow N(0,1)$

■ *GARCH(1,1) (Rendements S&P 500)*

$$X_t = \sigma_t \varepsilon(t) \quad \text{avec } \sigma^2(t) = 4.10^{-6} + 0.08 X_{t-1}^2 + 0.9 \sigma_{t-1}^2$$

■ *Mémoire Longue (Rendements taux de change)*

$$(1 - L)^{0.15} X_t = \varepsilon(t) \quad \text{avec } \varepsilon(t) \rightarrow N(0,1)$$

■ *Prix*

$$X_t = (1 + r_t) X_{t-1} \quad \text{avec } r_t \text{ suivant modèle 4 et } X_0 = 100$$



COMMENT COMPARER LES MÉTHODES D'ESTIMATION ?



>Estimation non paramétrique de tendance

Variations des résidus

$$\sigma_{\hat{\epsilon}} = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (\hat{\epsilon}_t - \bar{\hat{\epsilon}})^2}$$

Adéquation aux données

$$SNR = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_{\hat{\epsilon}}^2}$$

Variation de la tendance

$$NT_1 = \sum_{t=2}^{T-1} \mathbf{1}_{\text{sign}(\Delta \hat{f}(t+1)) \neq \text{sign}(\Delta \hat{f}(t))}$$

Indépendance des résidus et résidus au carré

- Statistique et p. value du test de **Ljung-Box**

Paramètre de mémoire des résidus et résidus au carré

$$\hat{d} = -\frac{\sum_{k=1}^m (X_k - \bar{X}) \log(l_k)}{\sum_{k=1}^m (X_k - \bar{X})^2}$$

avec $X_k = \log(4 \sin^2(\frac{\pi k}{T}))$, $\bar{X} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m X_k$ et où $l_k = \frac{1}{2\pi T} |\sum_{t=0}^{T-1} \epsilon_t e^{2i\pi k \frac{t}{T}}|^2$



COMMENT COMPARER LES MÉTHODES D'ESTIMATION ?



> Estimation non paramétrique de tendance

- 1000 séries sont générées pour chaque modèle puis on observe les critères de comparaison.

Modèle	Meilleure Adéquation	Résidus ?	Remarques
Déterministe	EMD + OCV	Nuls	Seule à détecter le déterminisme
Tendance.Dét.1	EMD + OCV	Antipers.	Nombre élevé de retour. Méthodes OND : résidus à mémoire courte
Tendance.Dét.2	EMD + OCV	Antipers.	Nombre élevé de retour. Méthodes OND : résidus à mémoire courte
GARCH(1,1)	EMD + OCV	Mémoire longue	Nombre élevé de retour. Autres méthodes : résidus à mémoire courte
Mémoire longue	EMD + OCV	Antipers.	Nombre élevé de retour. Méthodes RNPL : résidus à mémoire courte
Prix	Splines cubiques + OCV	Non-Stationnaire	Méthode EMD + OCV bonne adéquation avec résidus antipers.

La méthode EMD + OCV montre des résultats intéressants sur l'ensemble des séries :

- *Tendance proche des données mais se retournant un grand nombre de fois*
- *Résidus stationnaires au second ordre mais pas indépendamment distribués*

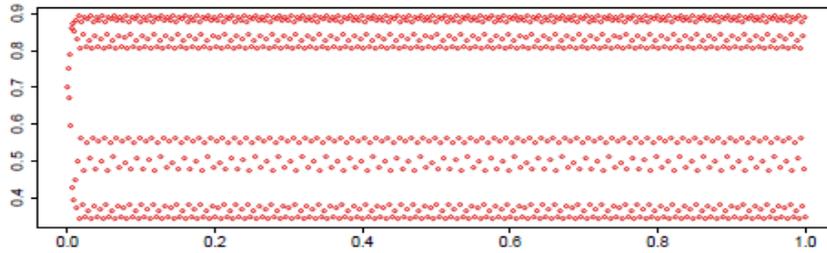


COMMENT COMPARER LES MÉTHODES D'ESTIMATION ?

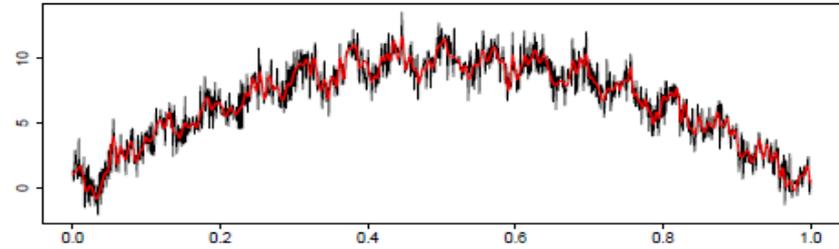


>Estimation non paramétrique de tendance

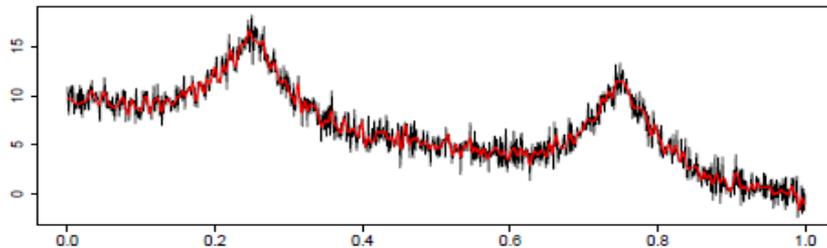
Exemple résultat **EMD + OCV**



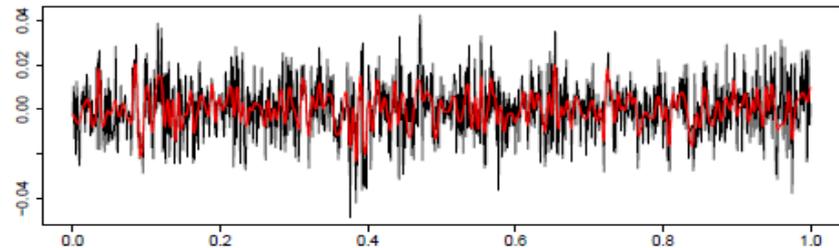
(a)Déterministe



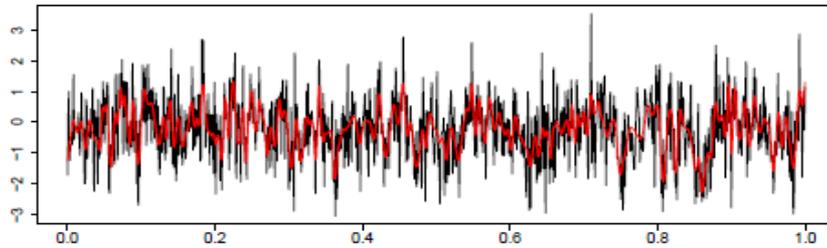
(b)Tendance déterministe 1



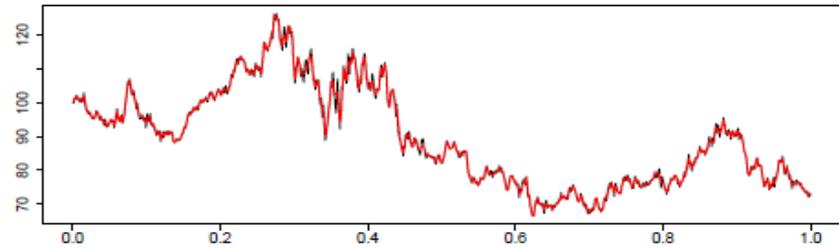
(c)Tendance déterministe 2



(d)GARCH(1,1)



(e)Mémoire Longue



(f)Prix



LA TENDANCE ESTIMÉE EST-ELLE PRÉVISIBLE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

- **Comment définir la prévisibilité (ou prédictibilité) d'une tendance ?**

- **Comment prédire une telle tendance ?**



LA TENDANCE ESTIMÉE EST-ELLE PRÉVISIBLE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

■ Supposons que :

ϕ génère une dynamique d'états : $y_{t+\tau} = \phi(y_t)$

f relie les observations à ces états : $f(y_t) = x_t, f(\phi(y_t)) = x_{t+\tau}$

■ Théorème de Takens (1981) :

*Conditions de régularité sur $\phi : M \rightarrow M$ et $f : M \rightarrow \mathbb{R}$.
 $\Rightarrow \forall d > 2\dim(M), \psi(y) = (f(y), f(\phi(y)), \dots, f(\phi^{d-1}(y)))$
est un morphisme injectif (plongement) allant de M à \mathbb{R}^d*

■ L'espace des vecteurs retard

$$X(t, d, \tau) = (x_t, x_{t-\tau}, \dots, x_{t-(d-1)\tau})^T$$

caractérise la dynamique des états du système.

Comment estimer τ et d ?



LA TENDANCE ESTIMÉE EST-ELLE PRÉVISIBLE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

■ Estimation du temps de retard

- Premier minimum local de l'information mutuelle définie par :

$$\bar{I}_{X_t, X_{t-\tau}} = \int_{\mathbb{R}} \int_{\mathbb{R}} f_{X_t, X_{t-\tau}}(x_t, x_{t-\tau}) \log \left(\frac{f_{X_t, X_{t-\tau}}(x_t, x_{t-\tau})}{\bar{f}_{X_t}(x_t) \bar{f}_{X_{t-\tau}}(x_{t-\tau})} \right) dx_t dx_{t-\tau}$$

- Estimation par histogrammes (Fraser Swinney (1986)) ou noyaux gaussiens (Moon et al. (1995))

■ Estimation de la dimension de plongement minimale

- Méthode des faux plus proches voisins (Fraser Swinney (1986)), ou méthode de Cao (1997) :

$$\frac{E(d+1)}{E(d)} \text{ tend vers } 1$$

$$\text{où } E(d) = \frac{1}{T-(d-1)\tau} \sum_{t=(d-1)\tau+1}^T \frac{\|X(t, \tau, d+1) - X(t_{nn(t)}, \tau, d+1)\|}{\|X(t, \tau, d) - X(t_{nn(t)}, \tau, d)\|}$$



LA TENDANCE ESTIMÉE EST-ELLE PRÉVISIBLE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

- Soit $t_{nn}(t_1) = \arg \min_{|t-t_1|>d} \|X(t_1, d, \tau) - X(t, d, \tau)\|_2$ l'instant du **plus proche voisin** de $X(t_1, d, \tau)$
 - Si la série est prévisible $X_{t_1+\Delta\tau} = X_{t_{nn}(t_1)+\Delta\tau}$
 - Si la série est imprévisible, on ne peut pas savoir si $X_{t_1+\Delta\tau}$ et $X_{t_{nn}(t_1)+\Delta\tau}$ sont proches

■ **Nouvel indice statistique :**

$$S_{d_m, T} = \frac{1}{d_m} \sum_{\Delta=1}^{d_m} \left| \frac{\sum_{t=d\tau}^{T-(\Delta+1)\tau} |X_{t+(\Delta+1)\tau} - X_{t_{nn}(t)+(\Delta+1)\tau}|}{\sum_{t=d\tau}^{T-(\Delta+1)\tau} |X_{t+\Delta\tau} - X_{t_{nn}(t)+\Delta\tau}|} - 1 \right|$$



LA TENDANCE ESTIMÉE EST-ELLE PRÉVISIBLE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

■ Dans le cas imprévisible :

$$(E_{\Delta,T})_{\Delta \in [1, d_m]} = \frac{\sum_{t=d\tau}^{T-(\Delta+1)\tau} |x_{t+(\Delta+1)\tau} - x_{t_{nn(t)}+(\Delta+1)\tau}|}{\sum_{t=d\tau}^{T-(\Delta+1)\tau} |x_{t+\Delta\tau} - x_{t_{nn(t)}+\Delta\tau}|}$$
 est une suite i.i.d. et on a alors (TCL)

$$S_{d_m, T} \xrightarrow[d_m \rightarrow \infty]{\mathcal{L}} \mathcal{N}(\mathbb{E}[|E_{d_m, \infty} - 1|], \frac{1}{d_m} \mathbb{V}[|E_{d_m, \infty} - 1|])$$

■ On peut effectuer un test statistique :

- H_0 : « La série est imprévisible »
- H_1 : « La série est prévisible »

Sous H_0 , la statistique tendra vers une valeur proche de 0

Sous H_1 , l'hypothèse i.i.d. n'est pas vérifiée et la statistique s'écarte de 0

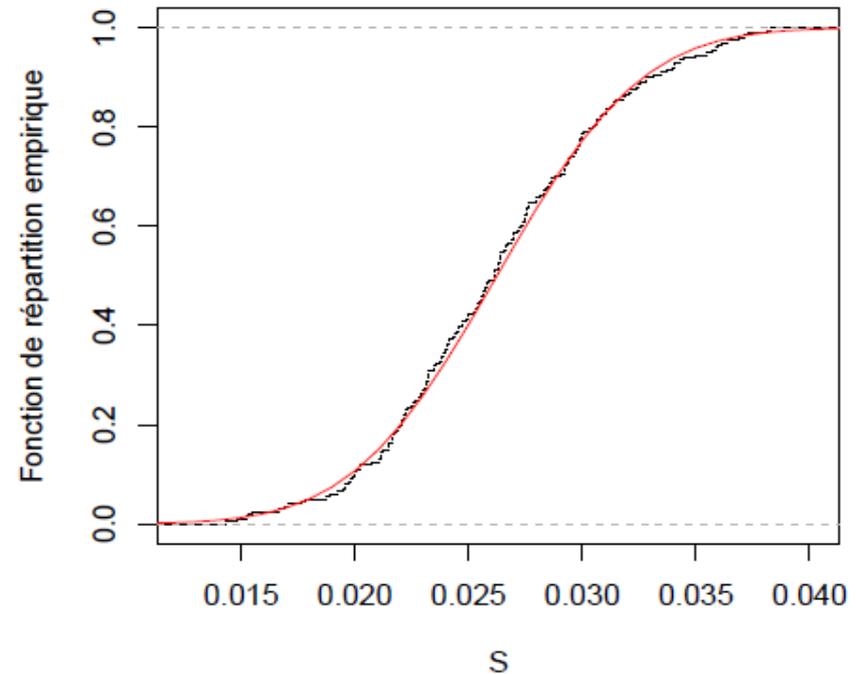
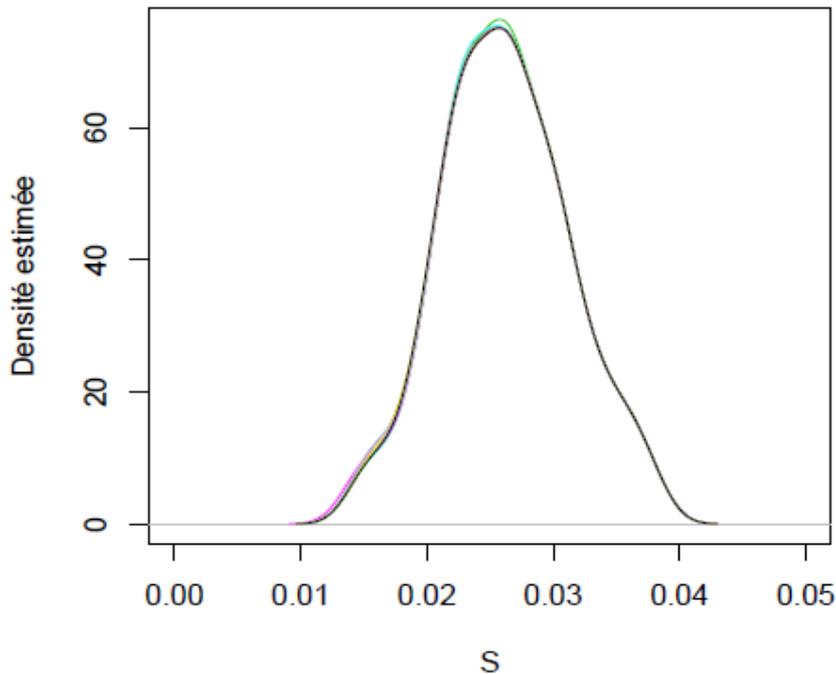


LA TENDANCE ESTIMÉE EST-ELLE PRÉVISIBLE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

- **Loi de la statistique estimée pour des bruits blancs de longueur 1000 (hypothèse H_0 vraie) :**



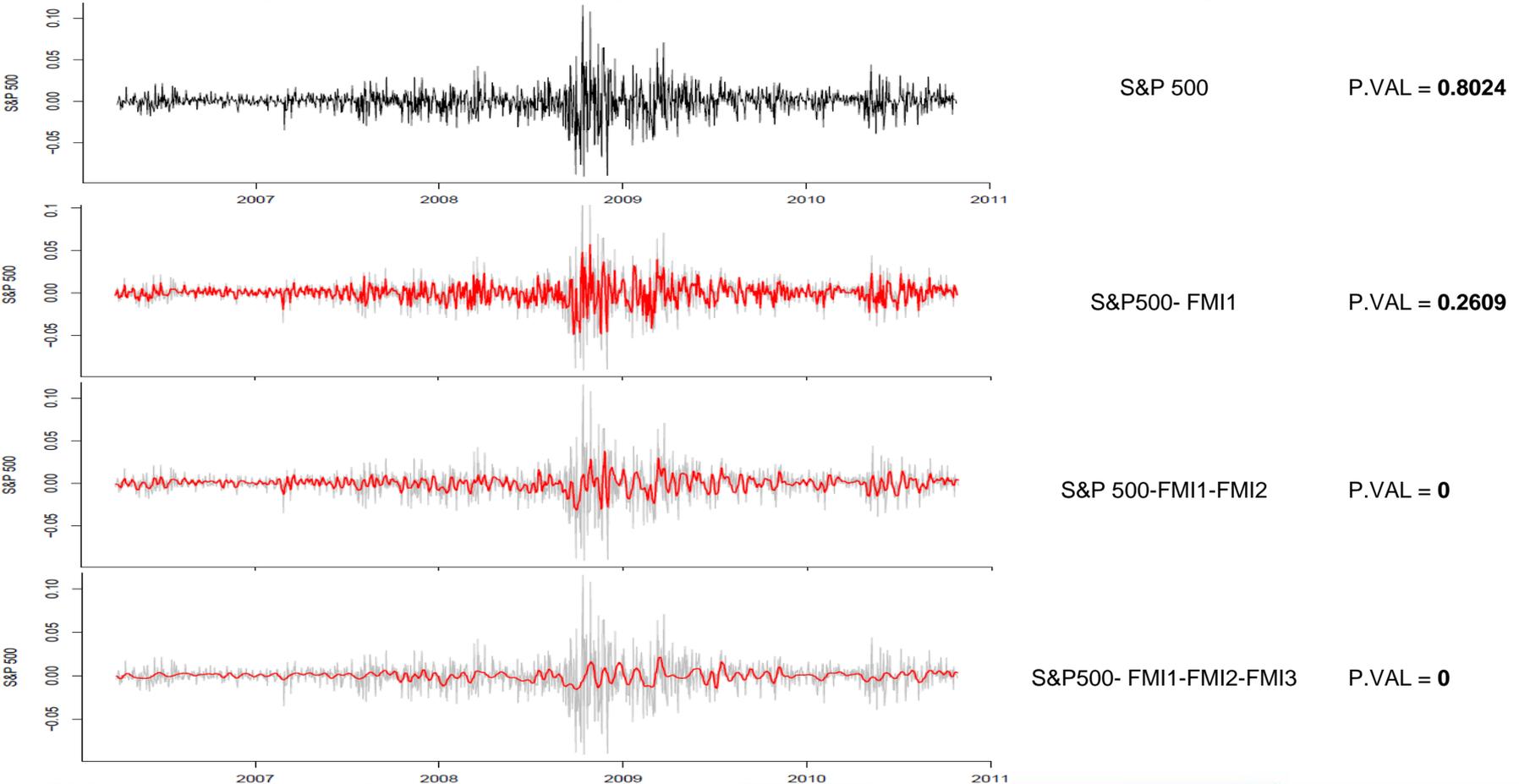


LA TENDANCE ESTIMÉE EST-ELLE PRÉVISIBLE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

■ Décomposition modale empirique avec test de prévisibilité (Rdts S&P 500) :





COMMENT PRÉDIRE UNE TENDANCE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

■ Prédiction à un horizon ω :

$$\hat{f}(t + \omega) = \mathbf{F}(M_t) + \eta_t$$

$$\mathbf{F} : \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}, \quad \mathbb{E}[\eta_t] = 0, \quad M_t = \left(\hat{f}(t) \quad \dots \quad \hat{f}(t - (d - 1)\tau) \right)^{Tr}$$

■ Prédiction non-linéaire polynomiale locale consiste à minimiser:

$$(\Delta(\omega) - \mathbf{D}_{M_t} \mathbf{B}_{M_t})^{Tr} K_{H, M_t} (\Delta(\omega) - \mathbf{D}_{M_t} \mathbf{B}_{M_t})$$

où $\mathbf{D}_{M_t} \mathbf{B}_{M_t} \approx (\mathbf{F}(M_{t_1}) \dots \mathbf{F}(M_{t_k}))^{Tr}$ avec M_{t_k} le $k^{\text{ème}}$ p.p.v. de M_t .

$$\Delta(\omega) = \left(\hat{f}(t_1 + \omega) \quad \dots \quad \hat{f}(t_k + \omega) \right)^{Tr}$$

$$K_{H, M_t} = (K_H(M_{t_1} - M_t) \quad K_H(M_{t_2} - M_t) \quad \dots \quad K_H(M_{t_k} - M_t)) \mathbf{I}_k$$



COMMENT PRÉDIRE UNE TENDANCE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

- **Reconstruction de l'espace des phases :**

$$M(t, \tau, d) = M_t = (\hat{f}(t), \hat{f}(t - \tau), \dots, \hat{f}(t - (d - 1)\tau))^T$$

- **Recherche des k plus proches voisins au sens de la distance euclidienne**

- **Estimation de la fonction de prévision :**

$$\hat{B}_{M_t} = (D_{M_t}^T K_{H, M_t} D_{M_t})^{-1} D_{M_t}^T K_{H, M_t} \Delta(\omega)$$

- **Quel choix pour la fonction noyau ?**

- Densité normale standard :

$$K(x) = \frac{1}{(2\pi)^{-d/2}} e^{-\|x\|^2/2}$$

- Fonction de *Epanechnikov* :

$$K(x) = \frac{d(d+2)\Gamma(d/2)}{4\pi^{d/2}} (1 - \|x\|^2) \mathbf{1}_{\|x\| \leq 1}$$

- La fonction du noyau est ensuite définie par

$$K_H(x - y) = \frac{1}{\det(H)} K(H^{-1}(x - y)) \text{ avec } H = hI_d$$

31



COMMENT PRÉDIRE UNE TENDANCE ?

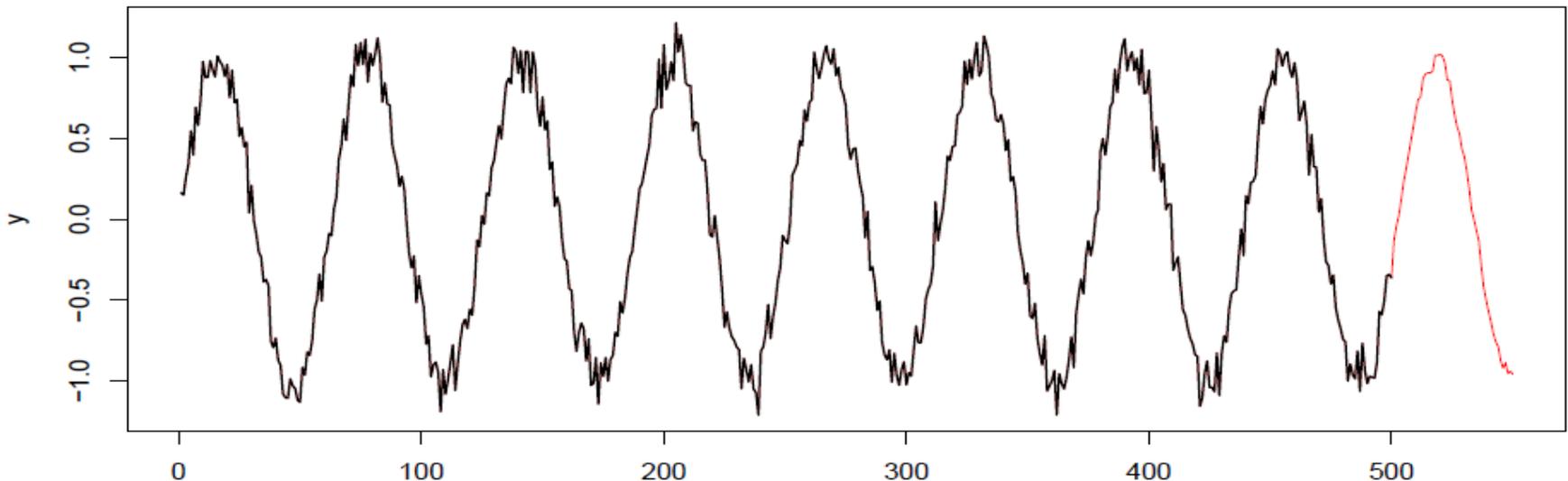


>Prédiction non linéaire de tendance

Détermination des hyper-paramètres :

- h et k sont déterminés en minimisant la somme des erreurs de prédictions sur différents sous-échantillons de l'échantillon initial (Validation Croisée Ordinaire) :

$$\sum_{t=a}^b (\Delta(\omega) - \mathbf{D}_{M_t} \widehat{\mathbf{B}}_{M_t})^T K_{H, M_t} (\Delta(\omega) - \mathbf{D}_{M_t} \widehat{\mathbf{B}}_{M_t})$$





COMMENT PRÉDIRE PLUSIEURS TENDANCES EN MÊME TEMPS ?



>Prédiction non linéaire de tendance

■ On cherche :

$$\begin{pmatrix} \hat{f}_1(T + \omega) & \hat{f}_2(T + \omega) & \dots \end{pmatrix} = \mathbf{F} \begin{pmatrix} \hat{f}_1(T) & \hat{f}_2(T) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \hat{f}_1(T - (d_1 - 1)\tau_1) & \hat{f}_2(T - (d_2 - 1)\tau_2) & \dots \end{pmatrix} + \eta_T$$

■ On peut se ramener au cas univarié en supposant :

$$\hat{f}_i(T + \omega) = \mathbf{F}_i \begin{pmatrix} M_T(1) \\ M_T(2) \\ \vdots \end{pmatrix} + \eta_{i,T}$$



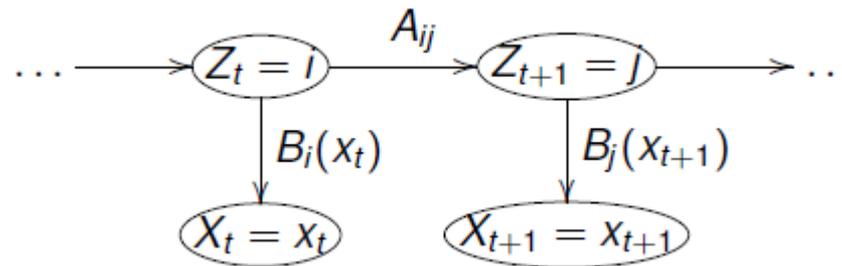
COMMENT FUSIONNER PLUSIEURS ESTIMATIONS DE TENDANCE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

■ Utilisation de **Modèles de Chaînes de Markov Cachées** :

- **A** matrice de transition de la Chaîne de Markov
- **B** matrice des lois d'attaches aux données
- **Pi** vecteur des probabilités initiales (stationnaires)



■ Estimation d'après les données : **Algorithme d'Espérance-Maximisation**



Quelles lois paramétriques pour les lois d'attaches aux données ?

34

13



COMMENT FUSIONNER PLUSIEURS ESTIMATIONS DE TENDANCE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

Problématique : Obtention d'un indicateur **synthétique** d'augmentation des tendances

■ 1^{ère} étape: codage des données

- Estimation de la tendance par une méthode non-paramétrique
- Calcul de ses quartiles
- On code les données par

$$X_t = \mathbf{1}_{\Delta \hat{f}(t) > q_{0.75}} + \mathbf{1}_{\Delta \hat{f}(t) > q_{0.5}} + \mathbf{1}_{\Delta \hat{f}(t) > q_{0.25}} + 1$$

Si la médiane de la tendance est centrée sur 0 :

- 4:= **Forte augmentation** de la tendance
- 3:= **Augmentation** de la tendance
- 2:= **Baisse** de la tendance
- 1:= **Forte baisse** de la tendance

Lois d'attaches aux données **discrètes** ➡ on choisit la **Loi Binomiale**

35

13



COMMENT FUSIONNER PLUSIEURS ESTIMATIONS DE TENDANCE ?



>Prédiction non linéaire de tendance

■ 2^{ème} étape : calcul de l'indicateur

- Quelle est la probabilité d'être dans un des états de la chaîne de Markov associé à une loi d'attache aux données **générant une probabilité >0.5 que la tendance augmente** ?

$$I_t^a = \mathbb{P}(Z_t = i \cup \dots \cup Z_t = j | X = x, S_i^a > 0.5, \dots, S_j^a > 0.5)$$
$$= \sum_{i=1}^N \gamma_t(i) \times \mathbf{1}_{S_i^a > 0.5}$$

Où S_i^a correspond à la probabilité que la tendance soit en augmentation ou forte augmentation

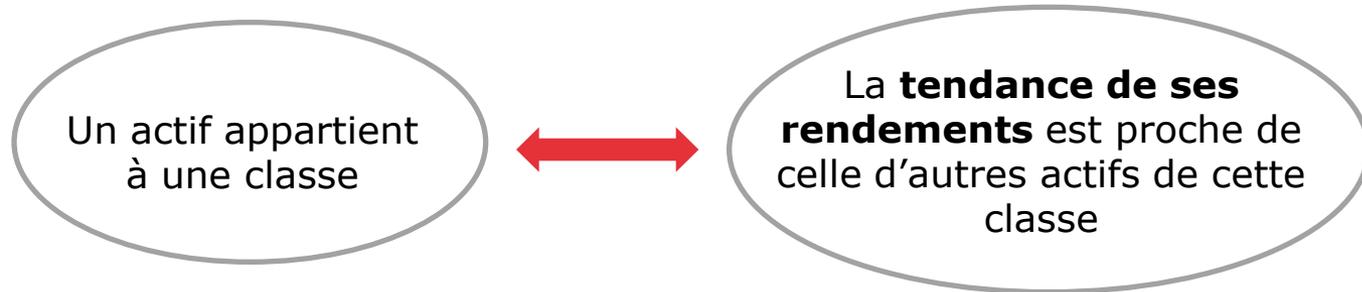
$\gamma_t(i)$ correspond à la probabilité marginale a posteriori d'être dans l'état i



COMMENT SÉLECTIONNER DES CLASSES D'ACTIFS ?



>Sélection des classes d'actifs



■ Méthode utilisée :

- Présélection d'indices de marchés représentant des classes d'actifs censées être différentes **d'un point de vue économique et financier**.
- Estimation des tendances de leurs rendements par des **méthodes de régression non-paramétrique**.
- **Classification Ascendante Hiérarchique** basée sur un indice de dissimilarité mesurant **l'indépendance entre l'évolution des tendances (coefficient de corrélation des rangs)**.
- Sélection de classes **diversifiant** suffisamment le portefeuille et **homogènes** vis-à-vis de cette diversification

37

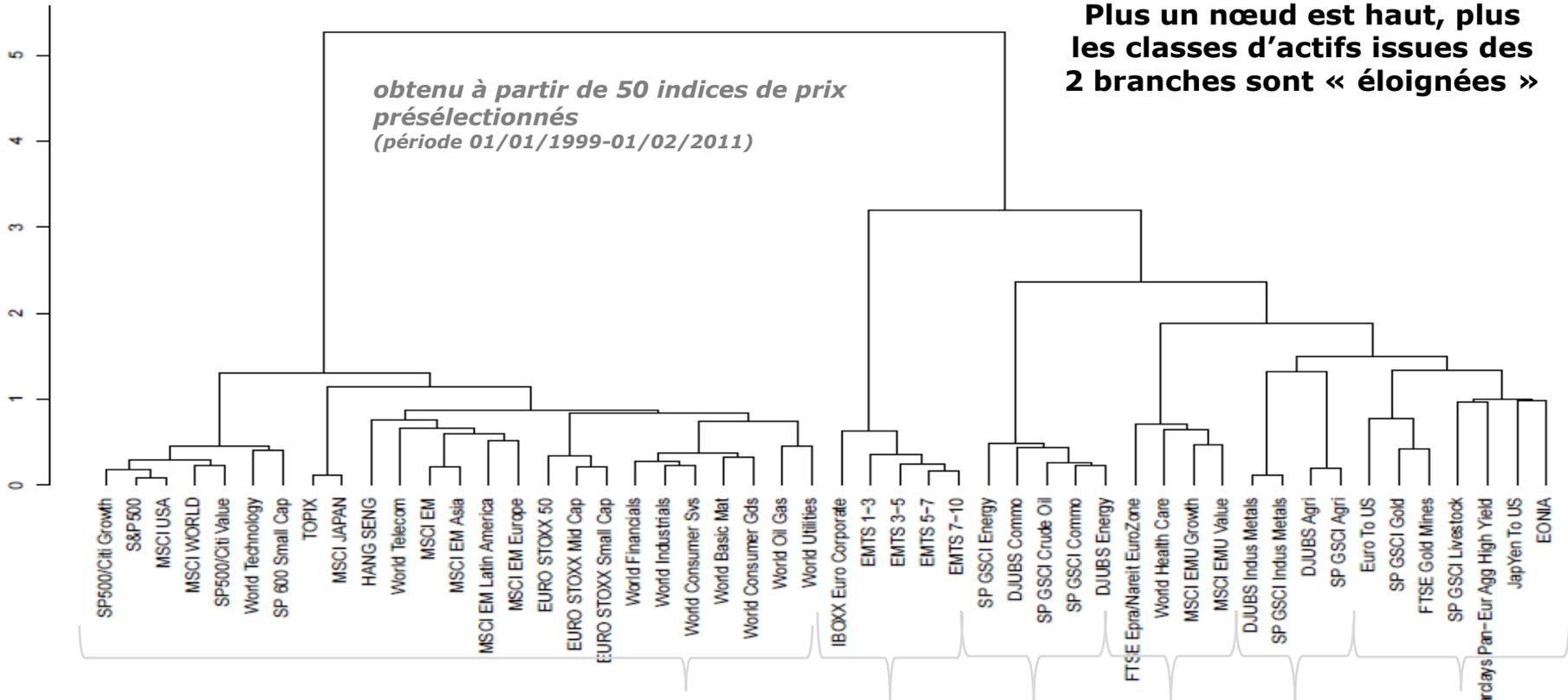
13



ARBRE DE CLASSIFICATION



>Sélection des classes d'actifs



Plus un nœud est haut, plus les classes d'actifs issues des 2 branches sont « éloignées »

obtenu à partir de 50 indices de prix présélectionnés (période 01/01/1999-01/02/2011)

L'arbre est coupé suivant une certaine hauteur par un compromis entre homogénéité et diversification des classes.

Actions

Obligations Bien notées

Commo énergies

Actions

Commo Ind. Metals, Agri

Taux de change, Or, Taux courts, Obl. Mal notées, Monétaire



ARBRE DE CLASSIFICATION: RESULTATS



>Sélection des classes d'actifs

Niveau de risque en fonction des classes d'actifs

<u>Actions internationales :</u> Américaines, Européennes, Japonaises, Émergents, Immobilières
<u>Matières Premières :</u> Agriculture, Or, Énergie
<u>Devises</u>
<u>Taux Haut Rendement</u>
<u>Taux Long Terme</u>
<u>Taux Court Terme</u>
<u>Monétaire</u>

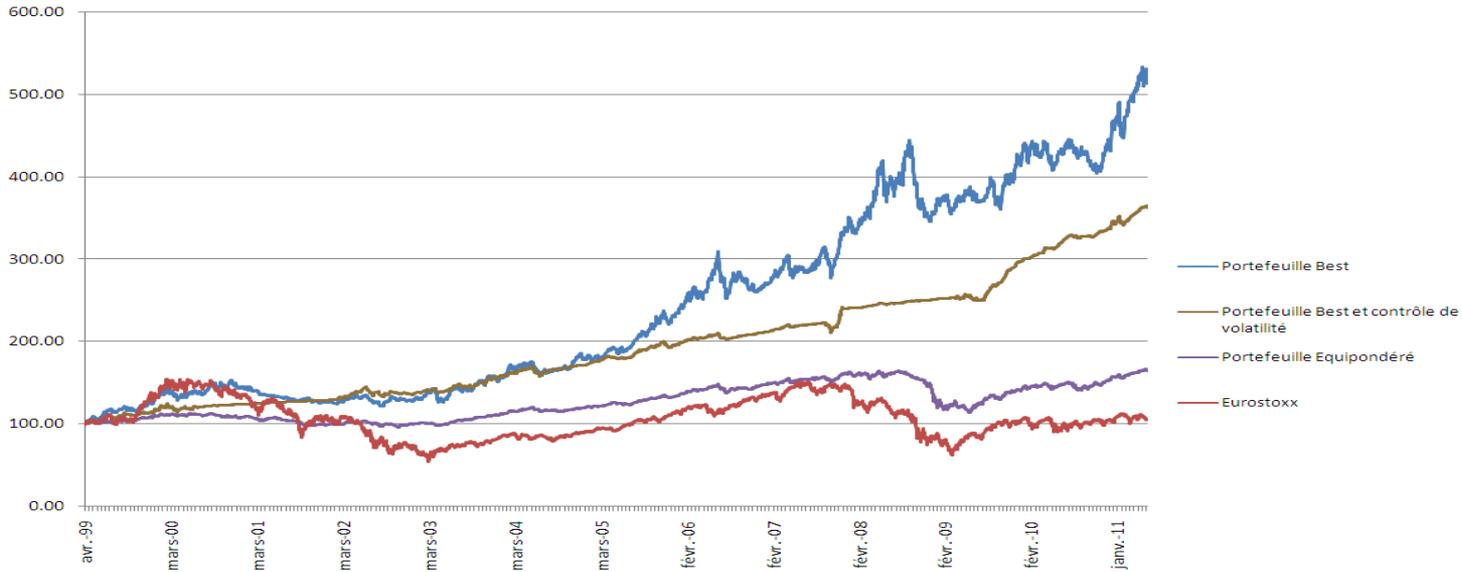


STRATEGIE MOMENTUM EVOLUTION DE 1999 À 2012



>Backtesting

Evolution selon la stratégie



	Portefeuille Best	Portefeuille Best + Contrôle de volatilité	Indice Equipondéré	Eurostoxx
Performance	412.54%	265.92%	67.34%	6.51%
Performance annualisée	14.382%	11.256%	4.324%	0.52%
Volatilité	13.498%	4.939%	7.011%	24.58%

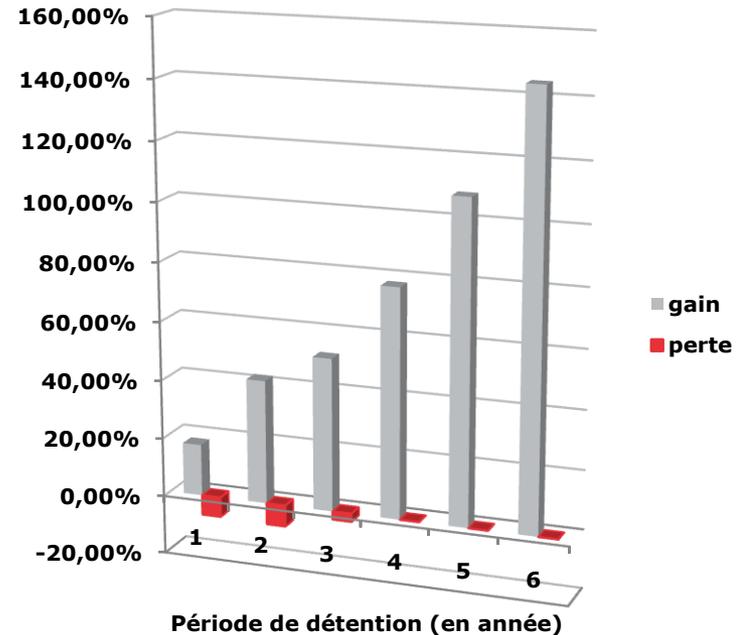
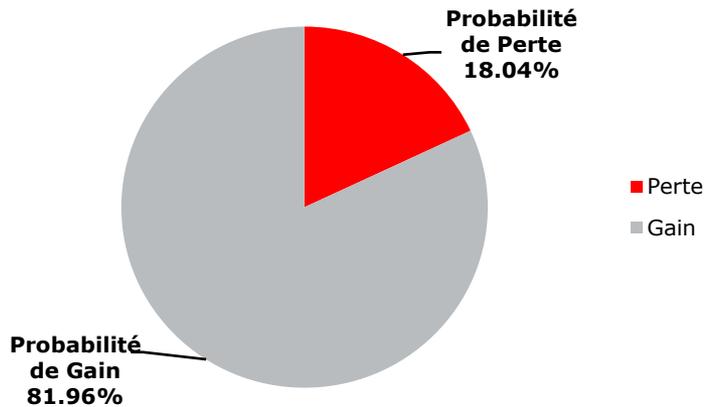


ASYMÉTRIE GAIN/PERTE



>Backtesting

Exemple sur une période de détention d'une année



Asymétrie entre le gain et la perte moyenne. Sur une période détention d'un an du portefeuille, le gain moyen est de 17.5% tandis que la perte moyenne s'élève à 7 %



STRATÉGIE MOMENTUM CONTRE STRATÉGIE CONTRARIANTE



>Backtesting

■ Stratégie Momentum

Période de détention (Forward)

Période d'observation

Momentum	1 mois	3 mois	6 mois	9 mois	12 mois
1 mois	22.60%				
3 mois	19.49%	10.25%			
6 mois	26.13%		18.10%		
9 mois	22.62%			14.82%	
12 mois	19.74%				7.55%

Stratégie positive

■ Stratégie Contrariante

Période de détention (Forward)

Période d'observation

Momentum	1 mois	3 mois	6 mois	9 mois	12 mois
1 mois	-7.33%				
3 mois	-9.79%	-9.90%			
6 mois	-8.85%		-9.68%		
9 mois	-9.86%			-9.50%	
12 mois	-10.44%				-2.92%

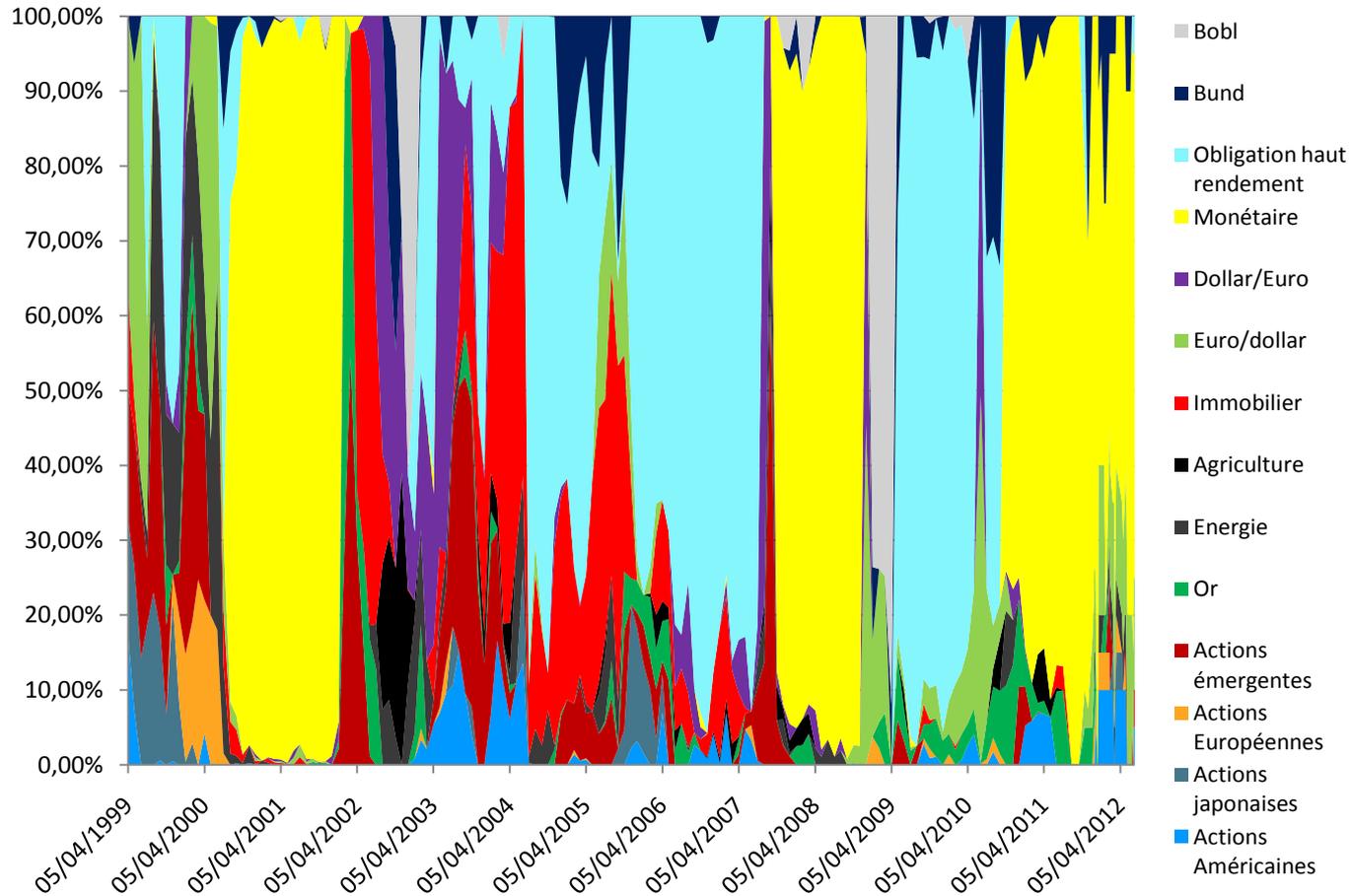
Stratégie négative



FLEXIBILITÉ DE L'ALLOCATION



>Backtesting



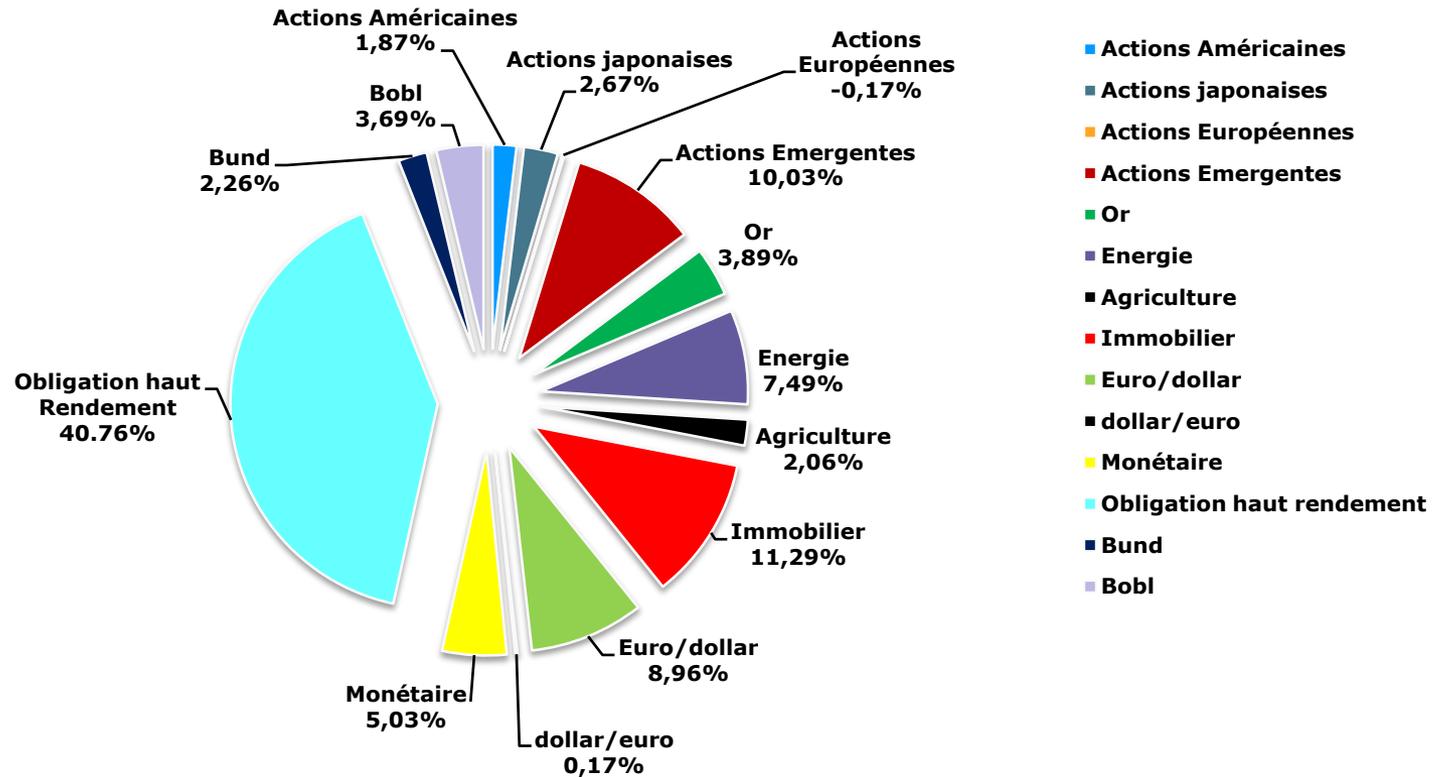


CONTRIBUTION À LA PERFORMANCE



>Backtesting

Contribution à la performance





RÉSUMÉ ET CONCLUSION

>Backtesting

- **Méthodologie inspirée d'études académiques sur les marchés actions**
 - la stratégie de suivi de tendances trouve en partie sa justification dans la finance comportementale et dans les facteurs de risque

- **Méthodologie est adaptée à un panier multi assets**
 - Volatilité de chaque actif significative
 - Corrélation faible entre les actifs

- **Extraction, Prédiction et Fusion de tendances**
 - Décomposition Modale Empirique se distingue
 - La tendance extraite doit être prévisible
 - Prédiction non-linéaire par polynômes locaux
 - Méthode MCMC pour créer des indicateurs synthétiques

- **Sélection des classes d'actifs par classification ascendante hiérarchique (méthode de Ward)**

- **Simulation historique valide la flexibilité, la diversification et la maîtrise du risque apportées par le modèle**

45

13



Intervenants

- **Quentin Gai Gianetto** est titulaire d'un doctorat en Traitement du Signal et Télécommunications de Télécom Bretagne ainsi que d'un master en Statistiques de l'Université de Rennes 1. Sa thèse porte sur l'apport de techniques issues du traitement du signal pour estimer des "tendances" de marché et sur le lien qui peut être fait avec l'allocation stratégique d'un portefeuille. Il travaille actuellement au laboratoire I.R.M.A.R.-I.N.S.A. de Rennes.
- **Erwan MARREC** est responsable de la Gestion quantitative et Ingénierie Financière depuis 9 ans au sein de Federal Finance gestion, société de gestion du groupe Crédit Mutuel Arkéa. L'activité d'ingénierie financière a vocation à renforcer la qualité des prestations à la clientèle par des projets de recherche portant sur de nouvelles techniques de gestion, méthodologies quantitatives d'allocation d'actifs et d'innovation en terme de produits. La gestion quantitative a pour but de proposer de nouveaux produits structurés à destination de la clientèle institutionnelle et des particuliers adaptées aux contraintes d'investissement et sur un univers large de classes d'actifs . Erwan MARREC est diplômé SFAF et d'un DESS Banque et Finance.