

---

# Projet de physique appliqué aux sciences sociales

ELÉA BORDAIS, FLORENT LIN, KACIM YOUNSI  
ET FLORIANE ZANELLA

---

## 1 Introduction

Ce travail traite de l'article intitulé "Minimal agent based model for financial markets I : Origin and self-organization of stylized facts", écrit par V. Alfi, M. Cristelli, L. Pietronero et A. Zaccaria. Nous proposerons d'abord un résumé concis de l'article, puis une simulation numérique illustrative. Ensuite, nous mettrons en relation l'article avec le cours ainsi que les travaux dirigés. Nous finirons par donner un regard critique sur l'article.

## 2 Résumé de l'article

Cet article traite d'un modèle micro-fondé pour comprendre comment produire différents faits stylisés observés sur les marchés financiers, à partir d'un certain nombre d'agents pouvant avoir deux types de comportement. Les fondamentalistes ont pour référence un prix fondamental et leur comportement conduit à une stabilisation du prix de marché autour de cette valeur de référence, tandis que les chartistes décident de vendre ou d'acheter en considérant uniquement les fluctuations du prix actuel. Les fondamentalistes ont une échelle de temps assez longue, contrairement aux chartistes qui sur le court terme déstabilisent le marché. Les agents peuvent parfois passer d'une stratégie à l'autre, soit sous l'influence du comportement des autres agents (existence d'un effet grégaire, herding), soit indépendamment des autres en fonction des fluctuations de prix. Ce modèle est pensé pour être le plus simple possible et ne reflète donc pas la grande complexité des marchés financiers, mais il permet aux auteurs d'illustrer des faits stylisés en fonction du nombre d'agents  $N$  présents. Lorsque  $N$  ou l'échelle de temps deviennent trop grands, on observe une disparition des faits stylisés. On constate en outre que les marchés s'autorégulent dans la région spécifique de paramètres où les faits stylisés se produisent, et les auteurs expliquent que lorsque les agents sont trop nombreux, le marché reste bloqué dans un état fondamentaliste avec des prix stables, proches des prix de référence, ce qui fait diminuer l'opportunité de profit et donc le nombre d'agents présents ; inversement, si  $N$  est faible au départ, il a tendance à augmenter car les possibilités de profit sont nombreuses. Par conséquent, il existe un intervalle de  $N$  (proche de 500) au sein duquel les faits stylisés sont observables, et également un seuil pour lequel il devient inintéressant d'entrer sur le marché. Enfin, il apparaît que les bulles spéculatives et les krachs ont lieu de manière spontanée suite à une multitude d'échanges effectués par les chartistes.

### 3 Simulation numérique

Dans cette partie nous avons implémenté l'équation (10) et observé les faits stylisés qui en découlent.

$$(9) \quad ED = ED_f + ED_c = \frac{N_f}{N} \gamma (p_f - p_t) + \frac{N_c}{N} \frac{b}{M-1} (p_t - p_{M_t})$$

$$(10) \quad p_{t+1} - p_t = ED + \sigma \xi_t$$

Pour implémenter l'équation (10) il est nécessaire de faire varier  $N_c$  et  $N_f$  le nombre de chartistes et de fundamentalistes au cours du temps. Pour ce faire, nous avons implémenté l'algorithme des fourmis de Kirman pour modéliser les changements de comportements des agents. Dans notre implémentation les agents sont soumis à un effet de meute comme décrit dans l'article et peuvent changer spontanément de comportement. Le signal de prix ne motive donc pas de changement de stratégie dans notre modèle mais nous verrons que cela n'affecte pas grandement les résultats du modèle.

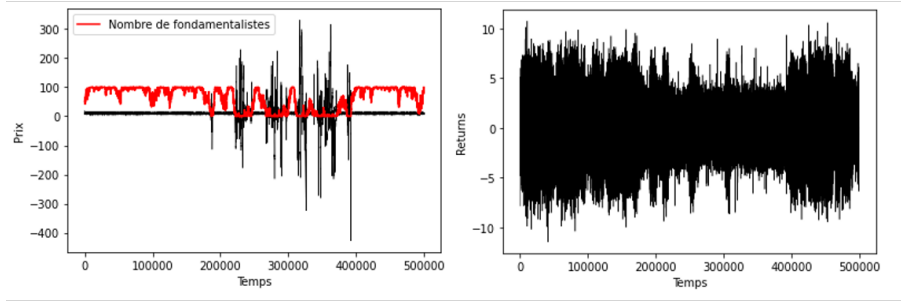


FIGURE 1 – Dynamique des prix et nombre d'agents fondamentalistes

Notre modèle nous permet donc d'obtenir des résultats comparables à ceux présentés dans l'article en figure 6. On observe globalement une stabilité des prix ponctuée de bulles où les prix évoluent fortement, ces bulles correspondent parfaitement à des périodes où les fondamentalistes sont absents, c'est le fait stylisé de "volatility clustering". Nos returns sont cependant plus centrés, nous avons alors vérifié si le fait stylisé des queues épaisses était visible sur notre simulation.

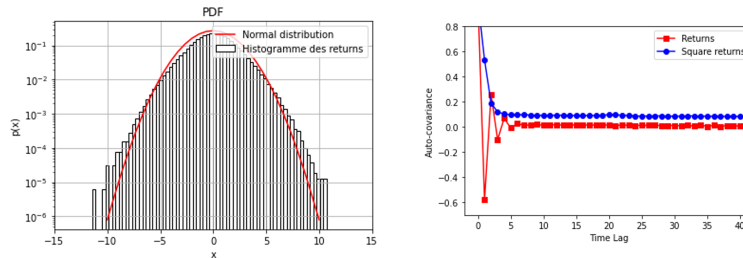


FIGURE 2 – Distribution des returns (mise en évidence des queues épaisses) et autocorrélation linéaire des returns

Le fait stylisé des queues épaisses est donc clairement visible sur notre implémentation. En

effet, les probabilités d'avoir des valeurs extrêmes sont clairement supérieures aux probabilités obtenues de la gaussienne qui approxime le mieux la forme de nos returns. Nous avons aussi calculé l'autocorrélation de nos returns pour vérifier si nous pouvions observer l'absence d'autocorrélation linéaire. Il existe, pour des très courtes échelles de temps, des corrélations positives ou négatives mais elles disparaissent très vite, ce fait stylisé est donc aussi vérifié.

## 4 Mise en relation avec le cours et les TD

Premièrement, on peut faire le lien avec le modèle de Kirman. Au cours de leur explication, les auteurs font référence au modèle de Kirman basé sur l'observation des colonies de fourmis. En effet, pour représenter de manière plus réaliste les marchés financiers, le modèle doit prendre en compte l'asymétrie qui y est observée entre les fundamentalistes (généralement dominants car souvent institutionnels) et les chartistes. On choisit donc d'illustrer plusieurs degrés d'asymétrie, à commencer par une situation parfaitement symétrique, qui reprend l'idée des stratégies de regroupement des fourmis autour de deux sources de nourriture identiques chez Kirman. Comme dans le modèle des fourmis, les agents peuvent changer de comportement au contact d'un autre agent, et finalement deux situations sont possibles, en fonction de  $KN$  : soit les agents sont tous chartistes ou tous fundamentalistes et cela change régulièrement, soit le système se stabilise dans une situation symétrique (autant de chartistes que de fundamentalistes).

Par ailleurs, on peut également faire le lien entre cet article et le modèle proposé par Marsili et Curty, bien que des différences subsistent entre les hypothèses des deux modèles. En effet, Marsili et Curty supposent qu'il existe  $N$  agents, répartis entre une proportion  $z$  de fundamentalistes (qui ont pour stratégie de rechercher des informations avant de prendre une décision, et ont raison avec une probabilité  $p$  supérieure à  $1/2$ ), et une proportion  $1 - z$  de "fainéants" (observant le comportement des autres pour prendre leur décision). Ces agents doivent effectuer un choix binaire, et l'une des options est gagnante. Donc le cas de notre article est similaire dans la configuration (deux populations différentes, devant choisir d'acheter ou de vendre), mais il se distingue de ce modèle car il n'y a a priori pas de choix gagnant, et que la valeur de  $N$  importe pour décrire l'état du système à long terme. Dans le modèle de Marsili et Curty en revanche, le but est de chercher dans quels cas les stratégies d'imitation mènent au bon choix : par exemple, elles ne sont pas bénéfiques à la population s'il n'y a pas assez de fundamentalistes (ou trop de suiveurs).

Le cours de physique appliqué aux sciences sociales fait souvent référence à la physique statistique notamment avec l'utilisation de la fonction de Boltzman. Dans cette article, les auteurs établissent aussi un parallèle avec la physique statistique en choisissant une échelle intermédiaire pour le nombre d'agents qui peut nous faire penser à l'échelle mésoscopique.

Les faits stylisés comme l'absence d'autocorrélation linéaire, le "volatility clustering" ou la présence de queues épaisses sur la distribution des returns ont aussi été introduit dans le cours sur les marchés financiers.

## 5 Regard critique sur l'article

Nous pouvons faire plusieurs critiques sur l'article. Nous commencerons par les critiques négatives.

Premièrement la notion de prix fondamental n'a rien d'évident, il est difficile d'imaginer qu'un bien est une valeur intrinsèque fixe qui traduit objectivement sa valeur. Même si cette dernière existe sa détermination est sans doute très complexe.

De plus dans certains calculs les auteurs réalisent des approximations asymptotiques ( $N \rightarrow \infty$ ) alors que  $N$  est compris entre 50 et 500, ces approximations peuvent être perçues comme grossières.

D'autre part, les auteurs affirment que  $K = r/N$  car  $K$  la probabilité de négliger les dynamiques de groupe diminue quand  $N$  augmente. Il y a deux critiques à faire ici :

- Ils définissent le facteur  $K$  comme « un facteur qui correspond à changer spontanément d'avis indépendamment des autres (page 4) pourtant par la suite ils définissent  $K$  comme fonction de  $N$  ce qui paraît un peu étrange car  $K$  n'est pas censé dépendre de  $N$ ...
- Pourquoi  $K$  serait-il nécessairement en  $1/N$ , pourquoi pas en  $1/\log N$  par exemple ?
- La définition de  $K$  est un peu ambiguë. On peut comprendre que  $K1 = K2$  si on considère que  $K$  n'est basé sur que la propension à changer de comportement à grande échelle. Cependant, il est tout à fait plausible que  $K1$  diffère de  $K2$  car en fonction de si l'individu est chartiste ou fondamentaliste
- Il serait intéressant d'introduire une aversion au risque qui dépendrait du groupe auquel l'individu appartient. En effet, les chartistes ont une aversion au risque qui est moindre par rapport aux fondamentalistes. Ce terme d'aversion pourrait compléter le terme  $K$  en quelques sortes... Enfin, les auteurs ont décidé de négliger, sans réelles explications, la modulation des prix pour se débarrasser du terme exponentiel : on imagine que c'est dans l'objectif de simplifier les calculs.

Pour les critiques positives, on peut remarquer que les auteurs se sont sans cesse demandés, à chaque étape de leur développement, si leur modélisation était compatible avec la réalité (notamment en utilisant des graphiques). Ils se sont efforcés de créer un modèle, certes, qui va « au plus simple » mais qui se rapproche le plus de leurs observations. Les auteurs remarquent que dans la réalité, les fondamentalistes étant plus nombreux que les chartistes, ils sont dans l'obligation de rendre leur système asymétrique avec l'introduction du terme  $\delta$ . Les auteurs détaillent leurs calculs et justifient proprement la démarche de leur modèle.