



**École de Management de la Sorbonne  
M2 Finance & Asset Management**

**Mémoire d'analyse**

# **Market Microstructure in Practice**

## **Optimal Organization for Optimal Trading**

**Problématique : Implémentation d'outils en Python**

**Tuteur :  
Professeur Erwan Le Saout**

**Auteur :  
Paul Boquant**

---

**Année 2020/2021**

L'UNIVERSITE N'ENTEND DONNER AUCUNE  
APPROBATION NI IMPROBATION AUX OPINIONS  
EMISES DANS CE MEMOIRE : CES OPINIONS DOIVENT  
ETRE CONSIDEREES COMME PROPRES A LEUR AUTEUR.

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>1</b>
<b>Note de synthèse</b>	<b>2</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>3</b>
1.1 L'écologie des marchés financiers . . . . .	4
1.1.1 Cadre . . . . .	4
1.1.2 Objectifs . . . . .	5
1.1.3 Les acteurs . . . . .	7
1.1.4 LOB : Mécanismes de double enchère . . . . .	10
1.1.5 Les Types d'ordres . . . . .	11
1.2 La liquidité . . . . .	12
1.3 Informations et Prix . . . . .	17
1.4 MIFID-II et la conception du marché . . . . .	21
1.5 La taille de tick optimale . . . . .	21
1.6 Dark Pools . . . . .	22
<b>2 Optimal Organizations for Optimal Trading</b>	<b>24</b>
2.1 La structure de trading . . . . .	26
2.2 Mesures de l'impact sur le marché . . . . .	26
2.3 Le processus de formation des prix et les carnets d'ordres . . . . .	27
2.4 Les études empiriques depuis Roll (1984) . . . . .	27
2.5 La tenue de marché optimale . . . . .	30
2.6 L'exécution optimale dans la pratique . . . . .	31
<b>3 Optimal Trading : des solutions en Python</b>	<b>32</b>
3.1 Réflexions introductives sur Python et d'autres langages . . . . .	32
3.2 Explorer le carnet d'ordres . . . . .	33
3.3 Estimer le Spread . . . . .	34
3.4 L'illiquidité selon Amihud . . . . .	34
3.5 Les données LOBSTER . . . . .	35
3.6 Introduction à l'analyse des données haute fréquence . . . . .	35
<b>Conclusion</b>	<b>40</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>41</b>
<b>Glossaire</b>	<b>42</b>
<b>Acronymes</b>	<b>44</b>

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon ancien professeur, Arnaud Le Ny, pour avoir soutenu l'idée depuis le début et pour m'avoir proposé avec le professeur Sophie Laruelle ce sujet de mémoire passionnant. Je souhaite également remercier mon professeur Erwan Le Saout pour son temps, sa grande réactivité et ses conseils.

Merci au professeur Sophie Laruelle, le sujet de ce mémoire est intimement lié à son ouvrage "Market Microstructure in Practice", coécrit avec Charles-Albert Lehalle.

Enfin une pensée toute particulière pour mes parents qui m'ont permis de par leur total soutien, de persévérer dans mes études tant à l'IAE de Nantes qu'à Paris Descartes ou cette année à Panthéon Sorbonne.

Je serais heureux d'entendre tout commentaire ou suggestion : n'hésitez pas à me contacter à mon adresse électronique : [paul.boquant@gmail.com](mailto:paul.boquant@gmail.com). Toutes les erreurs sont miennes.

# Note de synthèse

Ce mémoire d'analyse s'attache à présenter à l'étudiant et au praticien la microstructure de marché. La microstructure de marché vise l'analyse de la manière dont des mécanismes de négociation affectent le processus de formation des prix. Le Processus de formation des prix, autre clé de ce mémoire correspond à tous les événements qui se produisent pendant la négociation et qui aboutissent à un prix du marché en constante évolution.

Le cadre de ce mémoire sera la microstructure des marchés actions, un focus sera mis en place sur le marché européen et son évolution réglementaire. Néanmoins nos données exploitées seront majoritairement des données américaines.

Nous graviterons autour du carnet d'ordres, cette méthodologie de rapprochement des volontés des agents est aujourd'hui extrêmement majoritaire.

La liquidité est la matière première de ce mémoire, elle est la considération principale des différents d'acteurs que nous étudierons : les régulateurs, les market makers (ou faiseurs de marchés) et les investisseurs qu'ils soient ou non informés. Nous évoquerons également les dark pools, ces acteurs nouveaux et hautement médiatisés, nous insisterons sur leur utilité.

La seconde partie sera destinée à présenter plusieurs modèles de recherche et d'une manière plus globale la manière dont la recherche universitaire évolua au cours de ces dernières décennies.

Notre point de vue sera majoritairement celui de l'investisseur, et nous viserons à préciser ses méthodologies de prise de décision pour limiter au maximum leur coût d'exécution via la Transaction cost analysis (TCA) <sup>1</sup>.

La problématique de ce mémoire est l'implémentation d'outils Python pour professionnels. Python, même s'il est encore peu présent en salle de marchés, est aujourd'hui le langage à apprendre, il est facile d'utilisation et son principal avantage est sa très large communauté à l'origine du développement *open source* de nombreux modules permettant de faire des analyses statistiques, du machine learning, du traitement de données structurées.

Dans la troisième partie nous développeront des outils de microstructure tant avec des données historiques classiques, qu'avec des données haute fréquence, l'accès à ces données difficile d'accès ont été le fruit d'échange avec des étudiants en finance de marché. Nous étudierons donc à l'échelle de l'année 2011 la structure journalière du volume, de la volatilité, du spread d'actions internationales telles que : Sony, Apple, Total ou LVMH.

---

1. trad : analyse du coût de transaction

## Résumé

Les marchés financiers sont des lieux où se rencontrent les agents, ils matérialisent la possibilité de confrontation de l'offre et de la demande de capitaux. De cette confrontation encadrée par des règles se forme un prix, c'est là tout l'objet de ce mémoire. Nous tenterons d'introduire à l'étudiant et au praticien le sujet et proposerons des outils Python pour répondre à des problèmes réels.

La Finance et plus particulièrement la micro-structure constituent des thèmes de recherche où l'anglais est essentiel. Le vocabulaire provient de la langue de Shakespeare, il est souvent difficile de trouver une traduction adaptée. Nous nous efforcerons de préciser le sens et la traduction des termes anglais. Mais une fois cette explication faite nous utiliserons le vocable anglais.

## 1 Introduction

Qu'est ce que le "Marché" en microstructure ? Notre définition du marché sera assez proche de la vision économique, soit une institution d'échange de droits de propriété entre agents, un lieu où l'on s'échange, qu'il soit physique ou dématérialisé. Notre définition de la microstructure sera celle de Maureen O'Hara, soit :

"L'étude du processus et des résultats de la négociation d'actifs selon des règles de négociation explicites. Alors qu'une grande partie de l'économie fait abstraction des mécanismes de négociation, la microstructure analyse la manière dont des mécanismes de négociation spécifiques affectent le processus de formation des prix".

Une des raisons qui motive l'étude des marchés financiers est de mesurer l'efficacité de l'allocation optimale des titres de propriétés, via un fonctionnement harmonieux des marchés. Cet état idéal permet l'amélioration du bien-être commun, et la hausse du surplus total d'utilité de la société. Cette vision est envisageable tant économiquement que financièrement. Seulement ce cadre théorique à la fois idéaliste et simplificateur nous offre la possibilité d'approcher la modélisation de la Microstructure, expliquer ses modalités, ses limites.

L'objet de ce mémoire d'analyse est donc : d'améliorer la compréhension des échanges financiers, de préparer l'introduction à la conception d'algorithme et donc de tendre vers un processus d'investissement systématique. Mais aussi et surtout comprendre le **Processus de formation des prix**<sup>2</sup> (PFP).

Avant d'aller plus loin dans la définition des concepts, il apparaît intéressant d'introduire une rapide présentation historique non-exhaustive de l'évolution des marchés financiers dans l'histoire occidentale.

Dans les années 1300, les prêteurs italiens commencèrent à vendre des titres de créance. Dans les années 1500, la bourse de Belgique traite exclusivement des billets à ordre et des obligations. Dans les années 1600, l'émergence de diverses compagnies des Indes orientales qui émettaient des actions a entraîné un boom financier, suivi d'un effondrement lorsqu'il s'est avéré que certaines compagnies ne menaient que très peu d'activités réelles.

---

2. voir définition dans le glossaire

## 1.1 L'écologie des marchés financiers

La crise financière de 2008 a fondamentalement changé le système financier. La remise en question de l'utilité du système financier ainsi que les mesures des régulateurs ont emmené le marché vers une remise en question des produits dérivés sophistiqués. Le marché s'orientait progressivement vers un marché de masse pour répondre aux exigences des glsregulateurs.

Nous travaillerons au sein de ce mémoire d'analyse principalement sur le marché equity (actions), celui-ci ayant le mérite d'être liquide, documenté et largement couvert par la recherche universitaire. Notre objectif sera de maintenir un point de vu extérieur au sujet dans le but de faciliter l'introduction aux concepts et conséquences de la microstructure de marché.

### 1.1.1 Cadre

Notre cadre sera celui du marché equity, plus précisément au sein des *exchanges* dans les Limit Order Book (LOB) (carnet d'ordres).

Un exchange ou une bourse ou place, est une place, un marché (au sens économique) où sont échangés des titres, des marchandises, produits dérivés et instruments financiers au sens large. La fonction principale de la bourse est d'assurer une négociation régulière et ordonnée et la diffusion efficace des informations sur les prix des produits négociés sur sa plate-forme. Les bourses ou *exchanges* permettent aux gouvernements, entreprises un cadre dans lequel ils peuvent vendre des titres aux investisseurs.

Les types de marchés :

- *order-driven markets* : les marchés dirigés par les ordres
- *quote-driven markets* : les marchés dirigés par les prix
- *hybrid markets* : les marchés hybrides

Dans un **order-driven market**, tous les acteurs participent de manière égale, ils placent leurs ordres dans un carnet d'ordres (LOB) qui sont ensuite "matchés" selon un système de règles de priorité. De manière générale la priorité est donnée au prix puis au temps. Ce type de marché est hautement automatisé, le rendant très attrayant pour les stratégies à haute fréquence.

Dans un **quote-driven market**, les acteurs doivent négocier avec des *dealers* ou des *market makers* (teneurs de marché) qui indiquent les prix auxquels ils achèteront et vendront une quantité donnée. Le rôle du market maker étant de fournir de la liquidité, les prix qu'il propose sont fermes.

Les **marchés hybrides** sont en principe des *order-driven market*, mais ils permettent la négociation directe entre les contreparties si les volumes d'échanges sont suffisamment importants.

Ces *exchanges* et leurs typologies de marché connaissent une électronisation importante depuis plus de 30 ans. Cette électronisation croissante est avantageuse pour deux raisons : limiter les coûts, faciliter le contrôle des régulateurs.

L'électronisation permet également de faire des statistiques, de mesurer l'efficacité d'allocation des actifs, de tendre vers le trading optimal <sup>3</sup>.

---

3. voir définition dans le glossaire

L'électronisation permet aussi de maintenir un anonymat des acteurs. Cette caractéristique est absolument indispensable pour certaines activités.

En cas d'absence d'électronisation, un agent souhaitant acheter ou vendre une action peu liquide devra demander le prix à un market maker. Une fois que le market maker aura accès à cette demande. Le risque que l'information circule entre les *desks* est grande. Et un opérateur pourrait utiliser cette information pour augmenter son Profit and Loss (PnL).

### 1.1.2 Objectifs

Les marchés financiers, sont le lieu d'échange d'actifs particuliers, les actifs financiers sont différents des toute autre typologie d'actifs car techniquement, ils permettent d'acheter de la "valeur future" avec de l'argent. Il s'agit de payer maintenant pour détenir une de ces "valeurs" (actions, obligations, produits dérivés), avec pour objectif d'en posséder plus dans le futur. Comme nous avons déjà pu le dire, le marché est le lieu de rencontre des agents, et de formation du prix, définissons ses acteurs et composantes :

Avant d'aller plus en profondeur dans la nature des marchés financiers equity, il nous apparaît intéressant de rappeler des ordres de mesures des volumes des différents classes d'actifs financiers.

	Volume (\$ trillion)
Stocks	69
Fixed-Income	119
Derivatives	640
FX	2409

TABLE 1 – Volumes des différents marchés financiers

### Types de marchés financiers

**Primary market** (ou marché primaire) est le lieu où les titres sont créés. Les entreprises y vendent actions et obligations au public. Une Initial Public Offering (IPO) (introduction en bourse) est un exemple de marché primaire.

De cette façon l'entreprise émettrice offre aux investisseurs la possibilité d'acheter des titres de cette même entreprise via la banque d'investissement à l'origine de l'opération. Une introduction en bourse a lieu lorsqu'une société privée émet des actions dans le public pour la première fois.

L'**IPO** constitue la première opération permettant aux investisseurs de souscrire au capital d'une société par l'achat de ses actions. Les capitaux propres d'une société sont constitués des fonds générés par la vente d'actions sur le marché primaire.

**Secondary market** (ou marché secondaire), communément appelé "marché boursier", est le cadre financier dans lequel nous évoluerons tout au long de ce mémoire d'analyse.

Sur le marché secondaire, les investisseurs négocient des titres déjà émis. Par exemple, si nous achetons des actions Amazon (AMZN), nous ne traitons qu'avec un autre investisseur qui possède des actions d'Amazon. Amazon n'est pas directement impliqué dans la transaction.



Le marché secondaire peut être subdivisé en deux catégories spécialisées :

**Auction Markets** (Les marchés aux enchères), sur ces marchés, tous les agents souhaitant négocier des titres se rassemblent dans une zone et annoncent les prix auxquels ils sont prêts à acheter et à vendre. Ces prix *bid* et *ask* (cours acheteur et cours vendeur).

En théorie, il n'est pas nécessaire de rechercher le meilleur prix d'un actif. Ce processus long et coûteux est à la base de l'analyse fondamentale. Notons également que les chartistes aussi ont un rapport "passif" au prix. La théorie précise qu'une convergence entre acheteurs et vendeurs permet l'émergence d'un prix "accepté mutuellement".

Notre mémoire se concentrera principalement sur le marché secondaire.

Nous pourrions opposer marché primaire et secondaire par la nature de l'information. Les marchés primaires sont le lieu de la circulation d'information publique, l'État, les entreprises font circuler publiquement de l'information pour justifier au mieux la valeur implicite de leurs actifs, cette information se veut publique et accessible. À l'inverse sur les marchés secondaires, l'information est de nature privée et tend à se répandre chez les agents. En faisant abstraction de la volatilité endogène que nous définirons plus tard, nous pouvons introduire l'idée que la modification du prix d'un actif financier provient de l'apparition de nouvelles non-prévues par les agents. S'en suit une correction des anticipations des agents qui se manifestent par la modification du prix de l'actif.

### Questionnements préalables à l'étude de la microstructure

- Comment les prix du marché sont-ils créés ? Comment sont-ils influencés par les traders
- Comment mesurer l'efficacité des marchés : A quel point et dans quel ordre une situation de marché est imparfaite par rapport à l'état "optimal".

L'objectif de ce mémoire est double, à la fois d'apporter une introduction à la microstructure de marché, mais aussi de fournir des outils d'analyse en Python tant pour le praticien que pour l'étudiant.

Nous traiterons de la microstructure via le prisme des marchés equity, le spectre de cette étude oscillera entre économie et finance. Notre vision sera évidemment financière tout en restant dépendante des modèles et théories économiques.

La théorie des prix est fondamentale pour l'économie, mais là où l'économie définit ce qui doit être, la microéconomie s'attache à définir comment cela évolue.

**The Law of One Price** (la loi du prix unique), est la première opposition entre la théorie économique et la réalité des marchés financiers. Elle stipule que le prix d'un actif ou d'une marchandise identique aura le même prix dans le monde entier quel que soit le lieu. Elle prend en compte le marché sans friction, et sans coûts de transaction.

Nous pourrions nous demander mais quel prix ? Le prix *ask* ou le prix *bid*, ou bien même le *midprice* ? Une simple lecture du carnet d'ordre nous invite à questionner ce qu'est ou doit être "le prix".

Le **bid-ask spread** : Sur les marchés financiers, il y a souvent de par la présence des market makers un cours acheteur et un cours vendeur. La différence entre les deux s'appelle le

“bid-ask spread”. Il peut-être étroit pour lutter contre les échanges concurrents, large pour générer des profits (souvent le cas sur des actifs peu liquides). Nous passerons du temps à analyser ce qui entraîne ce *spread* qui constitue une des pierres angulaires de la microstructure.

Le **bid price** est le prix auquel nous pouvons vendre, le **ask** est le prix auquel nous pouvons acheter, la différence des deux est la rétribution liée au risque pris par les teneurs de marchés qui fournissent de la liquidité. Notons que acheteurs et vendeurs finaux ne se rencontrent pas sur le marché secondaire. Ils échangent via le market maker. Ce market maker est l’acteur de référence en microstructure, il fournit la liquidité, et sa structure de rémunération impacte et modifie toute la structure d’échange.

## Le prix

Le prix d’une action ? D’où provient-il ? Comment définir la valeur fondamentale ? Il s’agit du flux de revenus futurs que l’action peut nous procurer (dividendes ou appréciation du cours). Ces revenus futurs sont entraînés par de nombreux facteurs quantitatifs ou qualitatifs (R&D, Gouvernance, marketing, concurrence).

Dans ce mémoire d’analyse nous considérerons la valeur fondamentale comme donnée et analyserons comment cela se traduit sur les prix.

## Price discovery (découverte des prix)

Quelle quantité d’information sur la valeur fondamentale peut-être extraite des prix du marché ? A quelle vitesse une nouvelle information sur la valeur fondamentale est-elle incorporée dans le prix du marché ? Avant de passer à la présentation des différents acteurs de ce mémoire, il convient d’introduire un concept clé la **market depth** : (profondeur de marché) elle traduit l’idée de capacité qu’a le marché à absorber des ordres importants sans que cela ait un impact conséquent sur le prix de l’actif traité

### 1.1.3 Les acteurs

Il y a assez peu de typologies d’acteurs, néanmoins il est important de saisir leur rôle, et structure de rémunération et surtout comprendre l’évolution de ces deux caractéristiques.

**Régulateurs**<sup>4</sup> : l’objectif de la réglementation est de prévenir et d’enquêter sur les fraudes. Il existe de nombreuses agences de régulations, du côté des États-Unis (USA) : The Federal Reserve Board (FRB), Financial Industry Regulatory Authority (FINRA), Securities and Exchange Commission (SEC). De l’Union Européenne (UE) : Autorité européenne des marchés financiers (ESMA), Autorité bancaire européenne (EBA), Conseil européen du risque systémique (ESRB).

**Banques centrales** : Ils sont des institutions financières liées à des zones ou pays, elles disposent du monopole du droit de contrôle de la distribution et production de la monnaie et du crédit pour un État ou un groupe d’États. Bien que prétendues indépendantes des États, elles demeurent liées à ceux-ci via la protection de leur privilège monopolistique (garanti par le droit de l’État ou du groupe d’États).

**Banques** : transforment les maturités, intermédiaire en risque.

---

4. voir glossaire

**Banques d'investissement** : entreprises de services financiers qui sert d'intermédiaire dans des transactions financières importantes et complexes. Est l'intermédiaire principal des jeunes entreprises souhaitant s'introduire en bourse.

**Entreprises** : se couvrent via les produits dérivés.

**Market makers** (faiseur de marché) fournissent de la liquidité au marché, ils s'inscrivent à très haute fréquence sur les carnets d'ordres et offrent à chaque instant un prix de vente et d'achat pour les actions. Et se rétribuent via l'écart, la fourchette bid-ask.

**Brokers** : les intermédiaires qui relaient les ordres des investisseurs sur le marché (souvent des banques d'investissement).

**Particuliers** : placements, besoins de liquidité.

### **Risque, couverture et Banques d'investissement**

Nous allons préciser l'importance des Banques d'investissement avec le cas des couvertures.

Le *hedging* est une stratégie de couverture des risques utilisée pour compenser les pertes d'investissements en prenant une position opposée dans un actif proche. Cette stratégie est fondamentale pour les Banques.

Celles-ci possèdent une structure de rémunération basée sur les frais associés à leurs opérations. Hormis le *proprietary trading*, de plus en plus encadré par les régulateurs, une banque ne souhaite pas posséder un inventaire en fin de journée.

Le *netting* devient très important pour éviter de trader inutilement. Si l'on possède une exposition résiduelle on doit mettre du capital en face (depuis la crise). Car lors de la précédente crise financière, l'inventaire en risque des banques d'investissement avait été un problème et l'un des catalyseurs important de la crise. L'idée étant de minimiser le risque systémique lié à une dévaluation rapide liée ou non à un besoin rapide de vente.

Les grecs sont des facteurs qui viennent de l'économie réelle que l'on ne contrôle pas. On va calculer la sensibilité du contrat face à ces facteurs. Si l'on possède de nombreux contrats, nous n'implémenterons pas le hedge sur chaque contrat. La banque calcule les grecs de tous ses produits, les somme en colonne, et couvrira que le résidu. On *nette* toutes les expositions au risque. Les régulateurs veulent réduire cette poche de risque, la valeur absolue de la somme de chacun des grecs. Pour y arriver il faut hedger plus, donc trader plus, de là se dégage la nécessité du trading optimal, sinon cela atteindrait la structure de rémunération des banques.

Le business de la banque, c'est d'agréger au maximum pour que l'achat et la vente ne coûte rien. Elle neutralise ainsi au maximum son rôle de market maker. L'intérêt et l'importance des banques d'investissement sont significatifs, celles-ci permettent de faire cette "économie" de transaction et de hedge à tous les agents.

Le hedging permet aux banques d'investissements exposées dans des risques opposés de se retrouver sur le marché elles vont se "netter" dans le marché de façon anonyme. Encore une fois l'anonymat revient comme une considération cruciale des agents, car si l'un des deux agents venait contacter l'autre, il donnerait de l'information à son interlocuteur et verrait un risque sur le prix se former, l'échange étant bilatéral, l'interlocuteur pourrait être tenté de faire gonfler le prix. Le premier témoigne la nature de ses intentions a perdu.

Nous pouvons opposer les acteurs par leur niveau de connaissance, leur capacité d'accès à l'information. Nous retiendrons la différence classique de l'*informed trader* et de l'*uninformed trader*. Le premier basant son action sur les marchés sur une information financière ou extra-financière, quant au second il constitue une poche de bruit dans la volatilité (il s'agit souvent d'acteurs souhaitant se couvrir).

## Règles et régulation

Nous traiterons dans cette partie des règles sur les marchés financiers, ces mécanismes qui permettent le trading.

Comment se faire rencontrer des agents aux attentes opposées. Les acheteurs souhaitent acquérir un actif au prix le plus bas possible et le ou les vendeurs souhaitent le vendre au prix le plus cher.

Pour répondre à ce problème les bourses de valeurs introduisent l'idée suivante basée sur les développements de Léon Walras et de son système de **tâtonnement walrasien**. La méthodologie des marchés est aujourd'hui la suivante, si un acheteur souhaite acheter il doit notifier un prix et s'engager pour ce prix. Le carnet d'ordre se rapproche d'une enchère, et le *router* fait le travail du commissaire priseur.

Une des différences fondamentales du système d'enchères walrasiennes avec le carnet d'ordre électronique, c'est qu'il ne permet pas une visualisation de l'ensemble des ordres. Avant cette électronique des bourses, les marchés décidèrent de remplacer les enchères walrasiennes par l'introduction d'une nouvelle classe d'acteurs, les market-makers. En échange de privilèges les market-makers devaient assurer un marché ordonné via deux obligations, la cotation et le rapprochement.

La première des obligations signifiait et signifie toujours que le market-maker doit proposer à chaque instant un bid price  $b$  et un ask price  $a$  ces deux prix sont liés à un volume déterminé et permet au marché d'afficher et d'assurer un certain niveau de liquidité. Si un agent  $x$  souhaite acheter un volume  $V <$  au volume proposé par le market-maker pour un prix  $> a$ ; alors la transaction s'effectuera.

La seconde est une optimisation, elle impose au market-maker un prix  $p$  pour lequel le nombre d'ordres satisfaits est le plus élevé. Ce prix  $p$  est le prix affiché à tous les participants du marché et constitue le prix de marché. Une situation de carnet d'ordre équilibré est représentée par l'équation suivante.

$$b \leq p \leq a$$

En plus de la distinction sur le niveau informationnel, une autre distinction, liée à la liquidité se forme. Les agents peuvent désormais être catégorisés en : *liquidity providers* s'ils contribuent aux flux de liquidité, ou *liquidity takers*, s'ils consomment cette liquidité.

## Régulation

Les régulateurs sont les véritables architectes de la microstructure, en collaboration avec les chercheurs et market makers ils tentent de définir un cadre à la fois technique et réglementaire qui maximise au mieux l'utilité des agents. La fragmentation a largement affectée le PFP et permis l'émergence des traders à haute fréquence.

Depuis MiFID en particulier, les régulateurs cherchent à protéger les agents des délits d'initiés. Un outil promu par les régulateurs et appliqué par les marchés est la “fermeture de cotation”, celle-ci permet de stabiliser un marché trop volatile ou en prise avec un problème technique ou légal. Des interdictions de vente à découvert temporaires peuvent émerger (exemple Gamestop).

Plus généralement, l'objectif central des régulateurs est de choisir la structure de négociation optimale pour chaque type d'actif. Dans un souci de stabilité et de risque systémique, des exigences de marge des market makers peuvent-être imposées, générant des frais plus élevés sur les transactions et ou une augmentation du bid-ask-spread. Le trading algorithmique et le trading-haute fréquence font l'objet de limites, celles-ci proviennent, soit du régulateur, soit d'accords à l'amiable entre les *trading venues*. En effet la course technologique pour réduire le bid ask spread et la fréquence des *multilateral trading facility* (MTF) en compétition avec les bourses de valeurs historiques. Ces MTF sont arrivés à un accord pour stopper cette course technologique qui générerait une croissance fulgurante des coûts de recherche et de maintenance technologique.

L'effet de réseau inhérent au trading peut favoriser un monopole naturel. La concurrence peut améliorer les conditions offertes aux traders, mais surtout améliore la situation des petits acteurs financiers et des particuliers.

#### 1.1.4 LOB : Mécanismes de double enchère

Nous traiterons dans cette partie du mécanisme du carnet d'ordres. Il est de loin le mécanisme le plus utilisé sur les échanges. Aussi appelé **LOB** (limit order book)

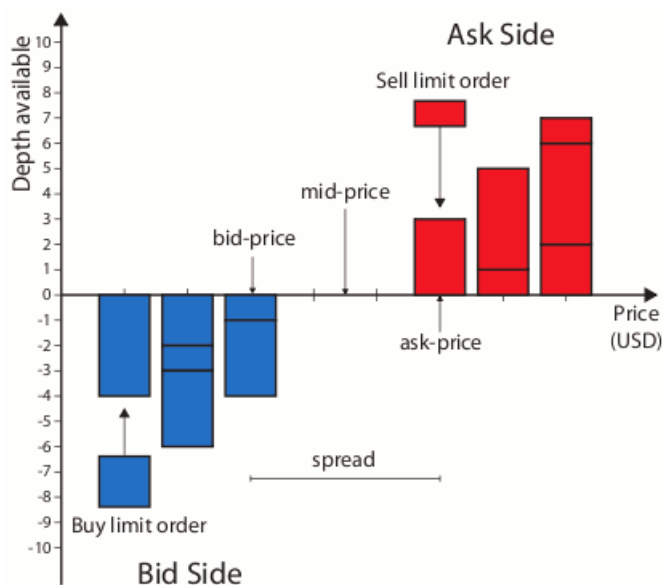


FIGURE 1 – Représentation du Limit Order Book

**Source:** Joaquin Fernandez-Tapia

Un carnet d'ordres à cours limité est un registre affiché par l'échange. Un ordre à cours limité d'achat est un ordre d'achat à un prix préétabli ou inférieur, tandis qu'un ordre à cours limité de vente est un ordre de vente d'un titre à un prix préétabli ou supérieur. Lorsqu'un ordre à cours limité pour un actif financier est saisi, il est conservé dans les registres par l'échange.

À l'inverse des systèmes basés sur les cotations que nous avons pu évoqué précédemment (où les prix sont fixés par des market makers), le PFP dans un système de carnet d'ordres à cours limité est un "processus autonome" qui dépend des transmissions et des annulations d'ordres. Chaque ordre est une déclaration visible de la volonté d'un agent d'acheter ou de vendre une quantité spécifiée d'un actif à un prix spécifié. Les ordres actifs sont placés dans une file d'attente (*queue*) jusqu'à ce qu'ils soient annulés par leur propriétaire ou exécutés contre un ordre de sens opposé. Un ordre est un engagement, formulé à un moment de soumission donné, d'acheter ou de vendre un volume donné d'un actif à un prix au moins égal à un prix donné.

Le carnet d'ordres se compose de deux côtés. Le côté "Bid", qui contient les ordres limités des parties intéressées par l'achat, et le côté "Ask", qui contient les ordres limités des parties intéressées par la vente. Chaque côté du carnet est une file d'attente prioritaire : les ordres sont classés en fonction de leur prix limite, de sorte que du côté de l'offre, les parties prêtes à payer plus pour l'actif sont placées en haut du carnet. De même, les parties désireuses de vendre à un prix inférieur sont placées en haut du carnet du côté des demandes. Le haut des côtés offre et demande du LOB est connu comme la meilleure offre et la meilleure demande actuelles. La différence entre la meilleure offre et la meilleure demande est appelée l'écart de marché. Les ordres sont classés en fonction de leur heure d'arrivée. Plus précisément, chaque côté du carnet d'ordres est une file d'attente FIFO (*first in, first out*) à priorité de prix.

La composante constitutive du **LOB** est le *matching engine* (moteur d'appariement). Le rôle du matching engine est de faire correspondre les ordres d'achat ou de vente entrants avec les ordres à cours limité se trouvant aux différents niveaux du carnet d'ordres. Les ordres à cours limité en attente sont considérés comme des market-makers car ils fournissent la liquidité au marché. Pour qu'une transaction ait lieu, un négociant market taker (preneur de marché) doit franchir le spread de marché et payer le prix demandé s'il est acheteur, ou le prix offert s'il est vendeur. Plus précisément, les ordres à cours limité sont retirés du carnet d'ordres en fonction de leur classification prix ou temporelle, par des traders impatientes qui exigent que leurs ordres soient exécutés immédiatement.

Le mécanisme de double enchère du **LOB**, permet, via cet environnement électronique de faciliter le Processus de formation des prix, mais aussi de diffuser des informations sur le prix à l'ensemble des agents en temps réel.

### 1.1.5 Les Types d'ordres

Il existe différentes façons d'interagir avec le LOB, même si nous nous concentrons sur les ordres à cours limité et les ordres au marché, Nous présenterons tout de même quelques-uns des plus courants

**Ordres au marché** (market orders) : c'est le type d'ordre le plus simple. Il s'agit d'un ordre d'achat ou de vente immédiat au cours actuel. C'est le prix affiché sur le carnet d'ordres. Notez néanmoins que si le marché est volatile il y a un risque de mouvement rapide du prix, le prix de l'ordre exécuté pourra être différent de l'ordre transmis, la latence (le temps d'exécution pourrait être trop long pour une exécution parfaite).

**ordres à cours limité** (limit orders) : cet ordre donne la possibilité de transmettre des ordres à des prix spécifiques dans le futur. L'ordre ne sera pas exécuté si le prix n'atteint pas. L'ordre

à cours limité permet de fixer le prix maximum ou minimum auquel nous sommes prêts à acheter ou à vendre.

**Ordre de vente à cours limité** (stop-loss order) : à l'inverse des types d'ordres précédents cet ordre a la spécificité d'être "inactif" ou "dormant" tant que le prix n'a pas atteint un certain prix soit dépassé. Lorsque ce prix est dépassé, l'ordre est "actif" et devient similaire à un ordre au marché.

**Ordre immédiat ou annulation** (Fill or Kill) : il impose à l'ordre une exécution dans un laps de temps très court.

Les transactions sur le carnet d'ordre se font soit par : une "concordance" d'ordres à cours limité (quelqu'un affiche un cours acheteur supérieur au cours vendeur le plus bas) soit par des ordres de marché. Le choix du type d'ordre tient en grande partie du caractère actuel du trader. Le caractère du trader, ainsi que la somme des caractères des agents sur le marché ont un lien direct avec la volatilité globale et la liquidité. Un trader patient sera plus passif dans son attribution d'ordres, il utilisera des ordres à cours limité. A l'inverse un trader impatient lui ne tiendra pas ou peu compte du carnet d'ordre (tant que l'actif est relativement liquide et bien couvert par les market makers), et utilisera des ordres au marché, il sera donc consommateur de liquidité.

Les arguments en faveur des carnets d'ordres sont nombreux, ils permettent l'anonymat, renforcent la position des traders face aux market-makers. Ils sont rapides et synchronisés, supportent facilement la fragmentation.

## 1.2 La liquidité

La notion est difficile à définir, la liquidité est un terme qui revient souvent en économie et en finance. Néanmoins lorsque le sujet est abordé en microstructure de marché il s'agit le plus souvent de considérations pratiques, loin des théories économiques.

Nous définissons un marché liquide comme un marché où un grand volume de transactions peut être immédiatement exécuté avec un effet minimal sur le prix. La liquidité du marché peut être reconnue comme un *proxy*<sup>5</sup> de la faiblesse des incertitudes sur le prix d'exécution. En outre, nous considérons la *market depth* (profondeur du marché), qui absorbe les variations de prix accompagnant l'exécution des transactions, comme un facteur important de la microstructure. Nous l'utiliserons pour expliquer la liquidité du marché. Pour déterminer la *market depth*, nous devons tenir compte de l'ampleur des besoins de transaction.

Pourquoi s'intéresser à la liquidité ? Le trader l'utilise pour mesurer les coûts de transaction. Les régulateurs s'en servent pour approcher une mesure de l'"efficacité" des marchés financiers. Les marchés illiquides semblent être plus enclins à s'écarter à moyen terme des fondamentaux. L'illiquidité peut être perçue dans certains cas comme le signe de problèmes structurels sur le marché. Enfin la liquidité n'est pas séparable de la *market depth*.

La liquidité évolue dans le temps et peut s'amenuiser en cas d'événements défavorables (crise de 2008). Les moyens et *proxy* de cette liquidité sont nombreux : écart entre l'offre et la demande d'obligations souveraines, taille moyenne des transactions, écart de prix pour les bons du Trésor américain, et plus encore. Les régulateurs souhaiteraient que l'état du marché

---

5. une estimation

soit plus efficace en temps de crise, car c'est à ce moment que les agents réévaluent le plus et le plus rapidement les actifs. Ils voudraient et visent une plus grande liquidité en temps de crise.

La profondeur de marché n'est pas la seule mesure de la liquidité, nous en examinerons plusieurs. **Mesures du spread** : quoted spread, effective spread, realized spread. **Volume-weighted average price** : en utilisant simplement les prix moyens. **Price impact** : De combien le prix évolue-t-il après une transaction. **Non-trading measures** : trading volumes, etc.

Les données sont essentielles pour l'étude de la microstructure de marché, la qualité des données est cruciale et il est parfois nécessaire de prendre des décisions sur base de données de mauvaise qualité. Il existe des solutions pour faire face à ce souci de qualité, lorsque la direction des échanges n'est pas présente dans nos données, une estimation est possible via l'algorithme Lee-Ready ou par la modélisation proposée par Rosenthal (Modeling Trade Direction). Nous pouvons également estimer le Bid-Ask spread via le model de Roll. Nous veillerons à proposer des applications de ces modèles dans la troisième partie de ce mémoire.

### Modélisation de l'écart de cotation

Comme nous avons pu l'évoquer précédemment un des proxy de la liquidité est le Bid-ask spread. Il existe de nombreuses méthodes pour calculer le Bid-ask spread et ses dérivés. Nous allons ici introduire la modélisation du calcul du *quoted spread* (écart entre les cours).

**Quoted spread** : écart de cotation auquel le trader fait face au moment  $t$

Soit  $a_t$  et  $b_t$  les "best ask" et "best bid" au moment  $t$

**Quoted spread** :  $S_t = a_t - b_t$

Pour mieux considérer ce nombre  $S_t$  nous allons le normaliser en le divisant par le prix moyen.

**quoted spread normalisé** :

$$s_t = \frac{S_t}{m_t}$$

Soit  $m_t$  le prix moyen :

$$m_t = \frac{a_t + b_t}{2}$$

Nous pouvons généraliser, et considérer le spread moyen pour une transaction de taille  $q$

$$S_t(q) = \bar{a}_t(q) - \bar{b}_t(q)$$

Soit  $\bar{a}_t(q)$  et  $\bar{b}_t(q)$  sont les prix moyens des transactions.

Bien évidemment cette méthode est une rationalisation *ex-post*, une méthode dite de *backward looking*, puisqu'il s'agit de la modélisation du spread des agents précédents.

### direction des échanges

Supposons qu'un seul ordre soit exécuté par période :



- $d_t$  : sens de la direction (1 : initié par acheteur, -1 : initié par vendeur)
- $p_t$  : prix

### **Demi-fourchette effective :**

La fourchette effective est interprétée comme l'écart réel ou "effectif", qu'un agent paiera lorsqu'il passera un ordre sur le marché.

$$S_t^e = d_t(p_t - m_t),$$

$$S_t^e = \frac{S_t^e}{m_t}$$

### **Estimation du sens des échanges**

Souvent, nous n'observons sur nos données que les cotations et les prix réalisés, pas la direction de la transaction. Il faut donc développer des méthodes pour classer les transactions. Une des limites est que la négociation puisse se réaliser à "l'intérieur" du spread, il est donc difficile de deviner le sens de transaction.

L'algorithme Lee-Ready : (Lee and Ready [1991])

$$d_t = \begin{cases} 1 & \text{si } |p_t - a_t| < |p_t - b_t| \\ & \text{ou } p_t = m_t \text{ et } p_t > p_{t-1} \\ -1 & \text{si } |p_t - a_t| > |p_t - b_t| \\ & \text{ou } p_t = m_t \text{ et } p_t < p_{t-1} \end{cases}$$

### **Remise en question**

Odders-White en 2000 étudie la mise en pratique de l'algorithme Lee-Ready et pose sur papier ses principales limites. Ses données sont constituées de plus de 400 000 tick data du **NYSE** (New York Stock Exchange).

Les résultats de Odders-White démontrent que pour l'échantillon de données, l'algorithme Lee-Ready classe correctement 85% des échanges, plus spécifiquement, il se trompe systématiquement lorsque les transactions s'effectuent dans le spread, lorsqu'il s'agit de transactions de taille réduite ou fréquemment négociées.

### **Estimation des cotations**

Le modèle de Roll (1984) permet d'estimer les cotations lorsque nous n'en avons pas. Il répond au besoin de données, et utilise les prix des transactions pour estimer les cotations. La force de l'estimateur de Roll est qu'il peut presque toujours être calculé. Il permet de construire un modèle simple de négociation et de calculer le spread. Ensuite il convient de vérifier la robustesse, de ces hypothèses simplificatrices.

### **Le modèle de Roll**

Supposons :

1. Toutes les transactions ont la même taille.  $d = 1$  : achat,  $d = -1$  : vente
2. Les ordres entrants sont i.i.d<sup>6</sup> avec  $P(d_t = 1) = \frac{1}{2}$

---

6. indépendants et identiquement distribués

3. La cotation moyenne <sup>7</sup> suit une marche aléatoire :  $m_t = m_{t-1} + \epsilon_t$ , où  $\epsilon_t$  sont des chocs i.i.d
4. Les ordres au marché ne sont pas informatifs :  $E(d_t \epsilon_t) = E(d_t \epsilon_{t+1}) = 0$
5. Le spread  $S = a_t - b_t$  est constant

Alors

$$p_t = m_t + \frac{d_t S}{2}$$

Nous connaissons  $p_t$  mais pas  $m_t$ . Comment estimer  $S$  ?

L'hypothèse du spread fixe n'est pas forcément si mauvaise (dans l'éventualité d'un cadre temporel court). Le prix est donc formé par la cotation moyenne plus un spread dépendant de la taille de l'échange divisé par deux.

Roll's a observé que bien que  $\epsilon_t$  et  $d_t$  sont i.i.d,  $\Delta d_t = d_t - d_{t-1}$  suit un processus de retour à la moyenne :

$$Cov(\Delta d_t, \Delta d_{t-1}) = -1$$

Intuitivement :  $\Delta d_t > 0$  signifie que nous passons d'une vente à un achat, le prochain changement doit être opposé.

$$\begin{aligned} Cov(\Delta d_t, \Delta d_{t-1}) &= Cov(d_t - d_{t-1}, d_{t-1} - d_{t-2}) \\ &= -Cov(d_{t-1}, d_{t-1}) \\ &\quad - Var(d_{t-1}) \\ &= -1 \end{aligned}$$

Le sens du trading suit un processus de retour à la moyenne, si nous avons des achats aujourd'hui, en moyenne demain sera un jour de ventes.

### L'estimateur

On peut alors calculer que :

$$Cov(\Delta p_t, \Delta p_{t-1}) = -\frac{S^2}{4}$$

Ce qui nous donne l'estimateur suivant :

$$S_t^R = 2\sqrt{-Cov(\Delta p_t, \Delta p_{t-1})}$$

Exemple  $S_t^R = 0.01$

Nous pouvons estimer l'écart en estimant la covariance des changements de prix. Nous pouvons maintenant estimer l'écart avec les données de prix et rien d'autre et cet estimateur, cela nous donne un modèle simple. Une implémentation en Python sera réalisée par la suite

---

7.  $\frac{a_t + b_t}{2}$

## Autres mesures de la liquidité

Le spread n'est pas la seule mesure de la liquidité que nous pouvons utiliser. Le *price impact*, est une des pierres angulaires de la microstructure de marché, nous reviendrons plus en profondeur sur son utilisation dans seconde partie.

Définition du price impact : Dans quelle mesure les transactions affectent-elles les prix ? Prix  $\lambda$ ;  $\frac{1}{\lambda}$  capte la profondeur de marché.

$$\Delta m_t = \lambda q_t + \epsilon_t$$

$q_t$  est le **déséquilibre des ordres** à la période  $t$ .

**La mesure de Hasbrouk**( $\gamma$ ) : sensibilité des rendements au volume des transactions [2007]

L'idée à l'origine des développements est la suivante : "les nouvelles informations amènent les agents à négocier", donc les transactions plus importantes (en volume) supposent des informations importantes (en impact) et donc l'impact des grandes transactions est plus important.

$$|\Delta m_t| = \gamma Vol_t + \epsilon_t$$

**La mesure d'Amihud** ( $I_t$ ) : nous prenons le ratio entre le rendement  $\Delta m_t$  et le volume de manière à avoir le ratio d'*illiquidité* : [Amihud [2002]

$$I_t = \frac{|\Delta m_t|}{Vol_t}$$

**Volume-Weighted Average Price**<sup>8</sup> :

Le VWAP est un indice de référence utilisé par les traders donnant le prix moyen auquel un actif financier a été négocié tout au long de la journée, sur la base du volume et du prix. Il est important car il donne aux traders un aperçu de la tendance et de la valeur d'un actif.

$$VWAP = \sum w_i p_i,$$

Où  $w_t = |q_i| / \sum_i |q_i|$  est le poids de l'ordre,  $q_i$  est la taille de l'ordre  $i$

Il correspond au montant des euros échangés par rapport au nombre d'actions échangées : le prix moyen. Sa principale limite est que le VWAP peut dépendre de quelques ordres (s'ils sont importants) et peut donc faire l'objet de manipulations.

Cette mesure est utilisée comme proxy de la performance des courtiers, un benchmark permettant de suivre comment le courtier s'est comporté. Toute la problématique est de trouver la méthode pour évaluer cette performance. Il est également utilisé par les fonds de pension qui veulent limiter au maximum leur impact sur le marché.

---

8. VWAP ou prix moyen pondéré par les volumes

## Implementation Shortfall

*Implementation Shortfall* ou déficit d'exécution, est la différence entre le prix en vigueur au moment où une décision d'achat ou de vente est prise concernant un titre et le prix d'exécution finale après prise en compte de toutes les commissions, frais, et taxes.

Objectif à  $t = 0$  : acheter  $q$  actions

- au moment  $t$ , fraction  $\kappa_t$  a été exécuté, à un prix d'exécution moyen  $\bar{p}_t$
- Le gain réalisé est  $\kappa_t q(m_t - \bar{p}_t)$
- Un gain idéal d'une exécution immédiate sans impact sur le prix aurait été de  $q(m_t - m_0)$
- La différence est du montant du **déficit d'exécution** :

$$\begin{aligned} IS_t &= q(m_t - m_0) - \kappa_t q(m_t - \bar{p}_t) \\ &= \kappa_t q(\bar{p}_t - m_0) + (1 - \kappa_t) q(m_t - m_0) \end{aligned}$$

Interprétation : Coût d'exécution plus coût d'opportunité

### Autres mesures

Des mesures telles que le volume des transactions, le taux de rotation, la fréquence des transactions sont également utilisées. Il faut garder à l'esprit que certaines mesures peuvent se contredire. Le volume des transactions et les spreads sont tous deux positivement corrélés avec les publications d'informations. La volatilité des prix est faible sur les marchés très liquides.

Il existe de nombreuses mesures différentes qui mesurent toutes des choses légèrement différentes et qui peuvent toutes être plus ou moins utiles en fonction des données dont nous disposons et en fonction de ce que nous essayons exactement d'utiliser pour notre objectif final.

## 1.3 Informations et Prix

Jusqu'à présent, nous avons l'habitude d'analyser les allocations et les prix comme convergent vers un équilibre (à long terme). Dans la pratique, bien loin de la volonté de modélisation des économistes, les prix s'ajustent aux déséquilibres temporaires.

Les prix des actions évoluent constamment. Les analyses, les mesures du risque sont basées majoritairement sur des rationalisations *ex post*<sup>9</sup>. Qu'est-ce qui détermine réellement le prix des actions ? La réponse classique est "les flux de trésorerie futurs de l'actif".

### Quelques banalités

Tous ceux qui veulent négocier un actif donné ne sont pas présents sur le marché au même moment. Trop de vendeurs → les prix baissent à court terme. Il est coûteux d'exécuter rapidement un "ordre important".

Il y a principalement trois raisons qui incitent l'agent à négocier.

- Risque : Obtenir le bon profil de risque

---

9. voir Incerto de Nassim Nicolas Taleb

- Liquidité : Le trader a besoin de fonds liquides ou dispose de fonds excédentaires à investir
- Spéculation : Attentes différentes des fondamentaux en raison d'informations différentes

### **Les différents types d'information**

Information publique : le prix de l'actif peut évoluer sans qu'il y ait d'échanges

Information privée : détenue par certains traders, → les traders révèlent cette information au marché par le biais de leurs transactions.

**Paradigme économique classique**, si je vends, c'est peut-être parce que j'ai une information que mon acheteur n'a pas.

Informations privées pour les universitaires : certains agents peuvent être plus aptes à analyser les informations disponibles publiquement, et donc avoir de meilleures informations sur les fondamentaux.

“Fondamentalement, dans un système où la connaissance des faits pertinents est dispersée entre de nombreuses personnes, les prix peuvent agir pour coordonner les actions distinctes des différentes personnes.” - Von Hayek

L'hypothèse des marchés efficients de Fama : les prix doivent être efficients. C'est-à-dire qu'ils doivent refléter toutes les informations disponibles.

*Le but du prix est de coordonner l'information afin d'incorporer toutes les informations disponibles dans la société et de les agréger.*

Efficiencia : les prix sont efficients lorsqu'ils permettent une répartition efficace dans la société. Un prix efficient égalise l'offre et la demande. Les prix sont efficients lorsqu'ils reflètent toute l'information disponible.

Il existe différents niveaux d'efficiencia des prix

- Forme faible : Les prix reflètent l'information historique (prix)
- Forme semi-forte : Les prix reflètent toutes les informations publiques
- Forme forte : Les prix reflètent toutes les informations publiques et privées

L'efficacité forte est le type d'efficacité réservée aux modèles classiques (voir la théorie de l'équilibre général) et aux soutiens de Eugène Fama. Nous lui préférons la vision de Robert Shiller développée avec George Akerlof au sein du livre “Animal Spirits”.

### **Les problèmes avec l'Efficient-market hypothesis (EMH) :**

Le premier, le théorème du non échange, si les traders disposent d'informations privées et ne s'intéressent qu'aux fondamentaux, personne ne devrait jamais négocier.

Le paradoxe de Grossman-Stiglitz (GS) : “Les auteurs ont fait remarquer que, l'information étant coûteuse, les prix ne peuvent refléter parfaitement l'information disponible, car si c'était le cas, ceux qui ont dépensé des ressources pour l'obtenir ne recevraient aucune compensation, ce qui conduit à la conclusion qu'un marché efficace sur le plan de l'information est impossible.” Sewel 2006

La volatilité des marchés vient aussi en contradiction avec l'EMH, les prix bougent beaucoup, une telle volatilité ne peut être justifiée par les seules informations publiques.

Le but va donc être de préciser le processus d'incorporation de l'information aux prix. Nous ne considérerons donc pas l'EMH comme acquise, mais nous verrons plutôt si elle apparaît dans les modèles de manière endogène.

La microstructure met donc de côté l'EMH, cette hypothèse conduit à des problèmes expliqués et ne précise pas le PFP.

L'efficacité informationnelle correspond alors à  $p_t = \mu_t = E[v|\Omega_t]$

Le prix sur un carnet d'ordre, officiellement c'est un mid price.

Le Market maker comprends l'information via les flux, et la cotation évolue immédiatement.

La plupart des mouvements de prix lors d'un saut proviennent de mouvements de *cancel/insert*<sup>10</sup>. Pas besoin de beaucoup de transactions.

- Pure information : les cours évoluent, directement, facile à comprendre.
- Information, mais difficile à traiter
- Pas d'information liée au marché (exemple de Kerviel)

Si quelqu'un pousse le prix, même si il n'y a pas d'information de marché, il ou elle réussira à bouger le prix de marché. Ex : problème des *fat fingers* (flash crash 2010)

### **Glosten and Milgrom (1985)**

Le modèle le plus simple expliquant le spread par l'information privée. Le spread est déterminé par la sélection adverse.

Modèle dynamique, à périodes  $t = 1, 2, \dots$

Deux joueurs à chaque période :

- trader et le dealer (courtier)
- le courtier est le même à long terme
- le trader est nouveau à chaque période
- le trader peut être informé ou non

Pour le trader, il s'agit soit d'un spéculateur, soit d'un *noise trader* (hedgeur), qui peut soumettre un ordre de marché pour acheter ou vendre une unité de l'actif.

Spéculateur (probabilité  $\pi$ ) qu'il possède une information privée. Neutre vis-à-vis du risque, il choisit son ordre de marché  $d$  pour maximiser les profits attendus.

$$d_t = \begin{cases} 1 & \text{si achat} \\ 0 & \text{si abstention} \\ -1 & \text{si vente} \end{cases}$$

Noise trader (probabilité  $1 - \pi$ ) : effectue des transactions pour des raisons exogènes (couverture, liquidité).

- Achète avec une probabilité fixe de  $\beta_B$  ; vend avec une probabilité  $\beta_S$  ; s'abstient avec une probabilité de  $1 - \beta_B - \beta_S$
- nous supposons souvent que ces opérateurs suivent un type de comportement, mais ils peuvent être parfaitement rationnels.

---

10. trad : retrait/insertion

Dealer (market maker)

Neutre vis-à-vis du risque, prêt à négocier exactement une unité (achat/vente/absence de négociation) à chaque période. Fixer les prix d'achat et de vente (pour une seule unité). Fixe le prix avant d'effectuer la transaction (ordre à cours limité). Ne sait pas si le trader est un spéculateur ou un noise trader.

Soit la valeur d'un actif  $v$ , supposons que  $v$  est la valeur fondamentale. Les spéculateurs connaissent parfaitement  $v$

### **l'Équilibre**

Il est constitué des prix d'achat et de vente et de la stratégie du spéculateur. Il doit être tel que, les prix sont concurrentiels, le spéculateur réagit au mieux aux prix (maximise le gain attendu). L'équilibre de base de Nash, doit être optimal.

Le market maker sait que les spéculateurs ont une meilleure information sur la valeur de l'actif.  $v$ , il négociera toujours à perte contre ces spéculateurs. Les spéculateurs ne négocient que s'ils s'attendent à un profit positif de cette transaction. **le profit des spéculateurs est la perte du dealer** (jeu à somme nulle)

### **La tenue de marché**

Le courtier indique les cours acheteur et vendeur sur une unité, et peut réviser les prix entre chaque transaction entrante.

(Le prix d'achat coté) Quoted ask price  $a_t$  est pertinent seulement si le prochain trader entrant décide d'acheter. Il en va de même pour le bid price  $b_t$

La neutralité au risque et la concurrence impliquent que le prix demandé et le prix offert sont :

$$a_t = E[v|\Omega_{t-1}, Achat];$$

$$b_t = E[v|\Omega_{t-1}, Vente];$$

Nous pouvons remarquer que les deux côtés de l'égalité dépendent des prix

$\Omega$  = toutes les informations publiques, et au moment  $t$  le trader veut acheter l'actif.

Les échanges des *noise traders* sont non corrélés avec la valeur  $v$  de l'actif.

Le spéculateur connaît la véritable valeur fondamentale  $v$ , si  $v$  est élevée, le spéculateur achètera l'actif. Pour des prix  $a_t$  et  $b_t$  donnés, les bénéfices attendus  $\Pi$  sont :

$$d_t = \begin{cases} v - a_t & \text{si } d_t = 1; & (achat) \\ 0 & \text{si } d_t = 0; & (abstention) \\ b_t - v & \text{si } d_t = -1 & (vente) \end{cases}$$

La meilleure réponse du spéculateur à  $(a_t, b_t)$  est : (supposons que  $a_t \geq b_t$ )

- Acheter quand  $v > a_t$ , que quand  $v$  est assez grand
- Vendre quand  $v < b_t$ , que quand  $v$  est assez petit
- S'abstenir si  $a_t > b_t$

## 1.4 MIFID-II et la conception du marché

Depuis 2005 le processus de formation du prix a été largement affecté par la fragmentation à la suite des changements initiés par les régulateurs. S'en suivi le développement des HFT (*High frequency traders*), terme définissant les market-makers.

Nous traiterons ici du changement de microstructure de marché d'un point de vue global, mais avec un axe plus appuyé sur l'impact des régulateurs européens.

MiFID premier du nom avait pour objectif le développement d'un marché financier européen. Il intégra également ce qui sera le catalyseur des évolutions de la microstructure mondiale : la concurrence des *exchanges*. Jusque-là un seul cadre, une seule bourse permettait l'échange de valeurs mobilières. Ce monopole historique fit place à la concurrence et donc au développement de nombreuses plate-formes de négociation. MiFID renforcera l'idée d'une exécution optimale dans le but encore une fois de protéger le consommateur, ici l'agent moyen.

Les conséquences de cette directive sont nombreuses. Dans notre mémoire nous nous intéressons principalement au développement de la concurrence entre les bourses historiques et les *dark pools*, et son impact sur la microstructure.

MiFID 2 est arrivé en Europe en Janvier 2017, et visait une plus forte électronique, plus particulièrement sur le marché fixed-income ainsi qu'un reporting post-trade plus important.

Du côté des actions, secteur qui nous intéresse, l'objectif était de répondre au "dark-pools", en utilisant un plafond du pourcentage de liquidité global. La somme des dark-pools ne devait pas dépasser 8%.

Encore pour les actions, MIFID 2 s'intéressait à la taille du tick.

## 1.5 La taille de tick optimale

La taille du tick fait référence à la variation minimale du prix d'un instrument de négociation sur un marché. Les mouvements de prix des différents instruments de négociation varient, et leur taille représente le montant minimum qu'ils peuvent augmenter ou diminuer sur un marché.

La valeur d'un tick dépend de l'instrument financier échangé. Dans la négociation d'actions, la fluctuation minimale du prix d'une action se négociant au-dessus de 1 dollar est de 1 cent. tandis que les actions inférieures à 1.00 \$ peuvent être cotées par incréments de 0,0001 \$.

Bien que ce sujet puisse apparaître orienté plus régulateur, il semble intéressant d'évoquer son intérêt crucial pour la microstructure de marché.

Plusieurs questions nous viennent, comment la taille du tick affecte-t-elle la qualité du marché ? Comment la taille des ticks peut-elle être utilisée par les places boursières pour gagner des parts de marché ? Comment la taille des ticks modifie-t-elle la rentabilité des différents acteurs du marché ?

Une taille de tick plus petite répartira les ordres limités sur un plus grand nombre de points de prix. Il y a moins de taille cotée à chacun de ces prix limites. Les tailles cotées sur les meilleures limites sont donc beaucoup plus petites (fines) avec un petit tick.



Le coût pour les ordres de petite taille a baissé pour toutes les actions, mais il n'y a pas eu d'amélioration pour les échanges de taille conséquente.

L'impact que vise cette baisse du tick size est de pousser les agents à aller vers des ordres fracturés. L'ancienne logique de coût qui incitait les acteurs à poster des ordres importants n'est plus à l'ordre du jour.

Un des risques de la baisse uniformisée du pas de cotation est de rendre fragile cette liquidité sur les actions moins liquides.

[Goldstein and Kavajecz]

En 2005, Aitken et Comerton-Forde étudient la diminution de la taille des pas de cotation sur le marché australien dans la fin des années quatre-vingt-dix. Ils confirment l'étude de Goldstein et Kavajecz, la liquidité devient moins cher pour les actions liquides et plus cher pour les actions avec un plus faible volume de transaction

Le spread peut baisser lors d'une baisse du tick mais la structure de l'ensemble du carnet d'ordres va changer. Un impatient souhaitant une rapide exécution, devra, avec un spread d'un tick size, sera obligé de passer un ordre au marché.

### **tick size war**

En Europe le vide laissé par MiFID sur la taille du tick, laissa aux trading venues la possibilité de se faire concurrence sur cette taille du pas de cotation. Cette course à la baisse a une limite, les coûts technologiques liées à cette baisse du tick.

Nous pouvons constater au sein de l'ouvrage "Market Microstructure in Practice", que les trois principaux MTF gagnèrent une part de marché significative pour la courte période suivant une baisse du pas de cotation.

Le 30 juin, les MTF se sont engagées à adopter les mêmes ordres de tick que les places historiques de cotation, c'était la fin de la guerre des ticks.

Il est important pour les régulateurs, de prévoir la profitabilité de chaque participant avant un changement de pas de cotation. L'argument des régulateurs est qu'une diminution du spread est importante car elle réduit le coût pour les investisseurs de détail.

### **Tick Size et pratiques de trading**

La taille du tick est un élément important de la conception d'un marché. Elle influence la taille moyenne des transactions, l'écart entre les cours acheteur et vendeur, la taille aux premières limites, le taux d'annulations et de modifications. Par conséquent, elle influence les parts de marché des lieux de négociation. Plus le tick est grand, plus les participants attendront dans les files d'attente des carnets d'ordres pour obtenir une transaction. De ce point de vue, il diminue l'avantage d'être rapide. Mais un tick élevé augmente également la valeur d'être le premier à insérer un ordre à un niveau de prix donné, ce qui donne un avantage aux traders à faible latence.

## **1.6 Dark Pools**

Avant d'aller plus loin dans la définition d'une organisation optimale, il nous apparaît important de faire un focus sur les *Dark pools* ou place de cotation privée, cet acteur relativement

récent, et assez médiatisé a vu son impact croître très fortement depuis que la microstructure de Marché impacte les acteurs dans leurs choix.

La liste des dark pools après la mise en place de la concurrence entre les places de cotation était assez importante mais tend à se réduire, que ce soit pour des logiques de coût ou des considérations réglementaires.

Dark Pool : bourse alternative où la liquidité disponible n'est pas visible au public

L'importante participation de ces acteurs vient de MIFID.

Les darks pools sont des crossing networks ou des carnets d'ordre électroniques spécialisés sur des transactions bénéficiant du maximum d'opacité au niveau de la transparence pré négociation. Ils permettent ainsi l'exécution d'ordres de grande taille sans impact de marché, à un prix hautement concurrentiel et en évitant toute fuite d'information. Ils offrent la possibilité d'accès aux agents professionnels acheteurs ou vendeurs.

Le vocabulaire des dark-pools s'éloigne du vocabulaire des bourses historiques, il est important de définir les termes, avant de passer à la seconde partie.

**Multilateral Trading Facilities (MTF)** : ou (système multilatéral de négociation) est un système de négociation qui facilite l'échange d'instruments financiers entre plusieurs parties. Ils permettent aux participants éligibles de rassembler et de transférer une variété d'actifs financiers, en particulier des instruments qui peuvent ne pas avoir de marché officiel. Ces systèmes sont souvent des systèmes électroniques et contrôlés par des opérateurs de marché agréés ou de grandes banques d'investissement.

**Crossing Networks** : les Crossing Networks ou () sont des systèmes alternatifs de négociation qui appariant les ordres d'achat et de vente en vue de leur exécution sans les acheminer d'abord vers une bourse ou un autre marché affiché. Il offre aux gestionnaires de fonds les avantages de commissions très faibles, ainsi que l'anonymat pour le compte d'achat ou de vente.

**Electronic Market-Makers** : (ou teneur de marché électronique) Le teneur de marché électronique est une entreprise qui fournit des prix sur des plates-formes de négociation électronique (e-trading) et soumet en permanence des ordres limités d'achat ou de vente. Il fournit des liquidités aux opérateurs qui ont besoin d'une liquidité immédiate par le biais d'ordres négociables. Certains teneurs de marché électroniques diffusent également des prix en continu, directement ou indirectement (via des plateformes électroniques).

## **Principales caractéristique de la dark liquidity**

### **Risque de liquidité toxique**

L'objectif principal des dark pools est de réduire les coûts et de protéger les investisseurs désireux d'exécuter des ordres importants. Cependant, dans la pratique, il existe des tactiques de manipulation utilisées par certains traders à haute fréquence permettant de détecter des volumes importants dans les dark pools et, en modifiant le prix sur le marché primaire, de profiter de la position de l'investisseur institutionnel. Les principaux risques auxquels les institutions sont confrontées lorsqu'elles exécutent des ordres dans un dark pool sont la fuite d'informations, la sélection adverse et le "gaming".

La sélection adverse se produit lorsqu'un investisseur est exécuté après une évolution défavorable des prix (l'autre partie de l'exécution ayant un meilleur modèle). Les traders à haute fréquence peuvent détecter les ordres cachés en envoyant de petits ordres ou en envoyant des ordres du côté opposé à celui qui les intéresse. Pour protéger les grands investisseurs des "jeux" et des liquidités toxiques, certains dark pools mettent en œuvre des politiques qui empêchent les mauvaises pratiques, en appliquant des quantités minimales importantes, en restreignant l'accès et en limitant les participants, en suivant les participants qui se comportent comme des **HFT** pratiquant des "jeux", en effectuant des analyses statistiques pour détecter les participants qui gagnent constamment de l'argent.

On parle de fuite d'information lorsqu'un trader peut détecter des flux de liquidités dans un dark pool qui ne peuvent être observés explicitement depuis le marché. L'une des méthodes utilisées par cette typologie de trader est le fishing <sup>11</sup>, qui consiste à envoyer des ordres plus petits pour détecter si un ordre important se trouve dans ce pool. En vertu de la directive MiFID II, la part de marché des dark pools sur les marchés d'actions sera soumise à un double plafond.

Sujet a de nombreuses mécompréhensions les dark pools ont forcé les régulateurs à composer un cadre légal les encadrant plus fortement. MiFID II demande une plus grande communication sur les transactions. De plus, un plafond est désormais présent dans le cadre européen. Le manque total de transparence dans les dark pools a été l'objet de controverses depuis leur création. L'opacité des dark pools ne veut pas dire illégalité, ceux-ci sont soumis aux réglementations, tout comme les bourses, aussi bien aux États-Unis qu'en Europe.

## 2 Optimal Organizations for Optimal Trading

Après avoir définis le cadre dans lequel évolue les acteurs nous allons aller un peu plus loin dans la définition des concepts liés à la microstructure.

Le trading optimal et encore plus la définition d'une organisation optimale peuvent apparaître comme des considérations de régulateurs. Nous ne verrons pas ces concepts à travers le prisme classique du régulateur. Au contraire notre objectif est de fournir des clés tant à l'étudiant qu'au professionnel des marchés financiers. La microstructure est un pan de la finance de marché dont le moteur est la collaboration de ses différents membres, nous n'évincerons pas la vision des régulateurs, intimement liée à celle des market makers et asset managers.

Lorsque nous nous connectons à une bourse, nous faisons face à deux serveurs, le **SLC** (serveur local de collecte) et **SLE** (serveur local d'émission). Le SLC est l'interface pour l'envoi d'ordre directement à la bourse. Nous pouvons envoyer un ordre d'achat de  $x$  actions, immédiatement la bourse répondra par un accusé de réception et donnera une idée de notre ordre. Le système nous donnera un tableau de consultation de vos ordres. Le SLC est public et le SLE est privé.

Si nous souhaitons uniquement observer le marché, il suffit de se connecter au SLC, les deux serveurs ne sont pas synchronisés. La connexion à la bourse est plus rapide que la connexion publique. Nous accédons à des informations sur notre ordre avant le marché. Mais nous ne pouvons pas prendre une décision parfaite en nous basant sur le serveur public. Quand nous

---

11. pêche

envoyons un ordre dans le carnet d'ordres, nous savons que nous avons une transaction. La taille de la file d'attente diminue à cause de notre ordre ou de celui de quelqu'un d'autre, mais l'image publique n'est pas synchronisée avec la réalité. Lorsque nous envoyons un message, nous pouvons ajouter une propriété de durée, seconde, minute, journée etc..

### **D'autres types d'ordres**

Même si nous avons déjà évoqué les types d'ordres au sein de ce mémoire, nous devons en introduire d'autres pour faciliter la compréhension des problématiques de market impact.

IOC(immediate or cancel) : cet ordre est utile lorsque nous ne souhaitons pas que notre quantité apparaisse, nous consommons immédiatement notre quantité  $x$  si le côté Bid est assez large, la transaction apparaît, sinon elle est annulée.

Ordres Iceberg : La totalité de notre ordre n'est pas visible dans le carnet d'ordres, mais si quelqu'un envoie un ordre opposé suffisamment important pour compléter notre ordre, alors la transaction est effectuée.

Si nous sommes un trader et que nous pensons avoir détecté un ordre iceberg, nous souhaiteront alors consommer toute la liquidité de cet ordre pour améliorer notre PnL. Une méthode pourrait être d'envoyer un IOC pour la quantité de l'iceberg suspect. Soit nous avons raison et la transaction existe et s'effectue, soit nous avons tort et nous ne voulons pas rester dans le carnet d'ordres.

Les ordres Iceberg : témoignent d'une forte conviction d'obtenir une quantité de  $x$  à un prix de  $y$ . Nous avons suffisamment de conviction pour placer une grande quantité à ce prix. Mais nous ne désirons toujours pas influencer le carnet d'ordres. Le point positif est que nous n'influencerons pas le carnet d'ordres, le côté négatif est que si un ordre conséquent arrive, nous obtiendrons une importante transaction et donc nous pourrions être "défavorablement sélectionné".

Transparence pré-négociation : ce que nous voyons, est ce que nous obtiendrons, le carnet d'ordres doit refléter le prix que nous obtiendrons.

Après avoir réintroduit les concepts nous allons présenter la spécificité du trading optimal. Une première définition pourrait-être : la science du découpage des ordres important pour minimiser l'impact tout en prenant en charge le risque de marché. Ce "trading optimal" est à relier avec la dynamique du carnet d'ordre, ces deux concepts sont liés par le sujet du market impact. En tant qu'agent actif sur les marchés il faut tenir compte de nombreux paramètres avant de traiter. Les relations avec les intermédiaires, en mesurant les coûts de transaction et en comparant les performances des courtiers, c'est tout l'objet du Transaction cost analysis (TCA).

Savoir qui est sa contrepartie sur le marché devrait être une obsession, composer et négocier avec un unique intermédiaire est très risqué et peut se payer cher en cas de manque de liquidité ou de coopération de la part de l'intermédiaire. Il faut garder en tête les objectifs de cet intermédiaire, sa structure de rémunération et ses éventuels conflits internes. Les salles de marché sont ouvertes, et une information peut rapidement circuler entre les desks.

## 2.1 La structure de trading

### Fragmentation

La fragmentation est généralement calculée en utilisant la fraction moyenne de la valeur négociée sur le marché  $k$  :

$$Frag(k) = \frac{1}{D} \sum_d \frac{\sum_t V_k(d, t) \times P_k(d, t)}{\sum_{k', t} V_{k'}(d, t) \times P_{k'}(d, t)}$$

L'intérêt est qu'il s'agit d'une estimation de la probabilité qu'un ordre aléatoire soit exécuté sur le marché  $k$ . Par conséquent, les quantités non négociables doivent être exclues.

## 2.2 Mesures de l'impact sur le marché

Nous revenons ici sur les questions fondamentales de la microstructure, comment estimer le spread, ses facteurs déterminants. Comment déterminer la profondeur de marché, et approcher la part de transactions émanant d'agents économiques informés.

### Les déterminants de la market depth

La question de la mesure de l'impact est liée à comment les échanges affectent les prix. Nous tenterons de déterminer ce qu'est la profondeur de marché (*market depth*), ses déterminants, et nous introduirons le modèle de Kyle (1985).

Plus la taille de la transaction est importante, plus le prix s'éloigne du niveau efficace. La question est la suivante : pourquoi les traders doivent-ils payer plus lorsqu'ils échangent plus ?

- **Sélection adverse** : des transactions plus importantes indiquent des nouvelles plus nombreuses, plus importantes
- **Risque d'inventaire** : les importantes positions sont risquées et les courtiers mettent plus de temps à les dénouer, d'où la nécessité de primes plus importantes (exemple des plateformes cryptographiques)
- **Courtiers en concurrence imparfaite** : Le pouvoir de marché permet aux dealers de fixer des *spreads* plus importants et des barèmes de prix plus ou moins élevés.
- **Coût de traitement des ordres** : peut augmenter ou diminuer (par action) la taille totale de la commande

La transaction génère deux principaux coûts, le coût payé au courtier et à l'*exchange*. Avec le risque d'inventaire, le modèle de Kyle ressemble au modèle de Stoll.

### Modèle de Kyle

Sélection adverse : le market-maker ne sait pas si le trader qui a passé l'ordre est un spéculateur ou un agent souhaitant se couvrir. Pour des raisons de tracabilité, les traders présentent et négocient une unité.

Maintenant

- Permet aux traders de passer des ordres de n'importe quelle taille
- Courtiers et market makers soumettent une courbe d'offre en continue

- Le modèle ressemble beaucoup à celui de Stoll. Les questions explorées et les approches d'analyse sont différentes.

La mesure de l'impact d'un seul ordre important est relativement facile à mesurer.

La chose vraiment importante dans un horizon temporel journalier, c'est quel est ce market impact. Ce tout ce dont on cherche à savoir d'où il vient. Après le premier jour et la hausse importante de prix, en moyenne le prix continue d'augmenter lié à cet impact qui continue d'affecter le prix. Le *trade signal* ne s'arrête pas à la fin de la journée. D'où la mémoire de l'impact (*cross-impact effect*). Si nous avons décidé d'échanger aujourd'hui d'autres sur le marché ont probablement décidé d'échanger, sur cette même information ou non. A long terme le market impact doit tendre vers 0, mais ce qu'il reste dans le prix, c'est la bonne prédiction initiatrice du trade. Le market impact permanent est purement un élément informationnel qui témoigne de notre bonne anticipation.

Les trois composantes du *permanent market impact*

- Véritable impact sur le marché
- Autocorrelation de l'ordre
- bonne prédiction

## 2.3 Le processus de formation des prix et les carnets d'ordres

Nous traiterons du PFP du point de vue de l'investisseur. La principale préoccupation étant de limiter le *price impact*. Plusieurs facteurs affectent le *market impact* : la liquidité de l'actif échangé, la quantité relative de l'ordre par rapport à la quantité totale échangée par les autres acteurs. Mais aussi la durée de l'ordre et le caractère de l'algorithme de trading.

Les deux catégories d'agents :

- "Informed trades"
- "Uninformed trades"

[Waelbroeck and Gomes 2015] : sur une base quotidienne à partir du jour de l'exécution et jusqu'à 60 jours après, les "transactions informées" ont un impact permanent sur le marché, mais pas les transactions non informées. Les carnets d'ordre sont maintenant les principaux catalyseurs du PFP de nombreux actifs financiers.

## 2.4 Les études empiriques depuis Roll (1984)

Nous avons dans la première partie présenté le modèle de Roll et Glosten, nous allons dans cette partie présenter les modèles de Stoll George, Kaul et Nimalendran, et le modèle de Roomans

## Stoll 1989

Le modèle de Stoll est une projection du modèle de Glosten. Il va plus loin que celui de son collègue et permet d'estimer les trois composantes de la fourchette (bid ask spread).

Le cadre d'analyse est celui d'un market maker souhaitant minimiser son risque. Après chaque transaction il modifie les caractéristiques de la liquidité qu'il fournit au marché, et donc déplace son spread en conséquence. Dans ce modèle et à l'inverse des deux précédents les ordres ne suivent pas un processus aléatoire.

$$\Delta M_t = M_t - M_{t-1} = \Gamma + U_t$$

$\Gamma$  : espérance inconditionnelle du changement de prix  $U_t$  : mesure la révision du prix d'équilibre produite par l'arrivée non anticipée d'information publique dans l'intervalle  $t$

Le changement du meilleur prix demandé sur l'intervalle de temps est égal à la somme de deux composantes, la première le changement de prix d'équilibre, la seconde mesure les coûts d'incitation suite à la vente en  $t-1$  c'est-à-dire un achat d'un trader, soit un achat d'un trader, le market maker cherche à retourner vers sa position première. Il va donc changer prix avec l'objectif d'augmenter la probabilité que l'ordre au temps  $t$  soit un achat, soit une vente d'un trader.

$(1 - \pi)$  mesure les coûts d'incitation proportionnellement à la fourchette affichée (mesure la variation des prix cotés à la suite d'une transaction)

$$\Delta A_t = A_t - A_{t-1} = \Delta M_t + (1 - \pi) \frac{S}{2} = (\Gamma + U_t) + (1 - \pi) \frac{S}{2}$$

Exception faite du cas où  $\pi = 1$ , un achat d'un agent au temps  $t-1$  produit une révision à la hausse du meilleur prix demandé.

- $\pi = 1$  les coûts d'incitation sont nuls
- $\pi = 0$  les coûts de gestion sont nuls. Les coûts d'incitation sont égaux à la moitié de la fourchette affichée

Le résultat est évidemment similaire pour le changement du meilleur prix offert.

Même s'ils sont relativement comparables, le moteur des révisions du market maker diffère entre le modèle de Glosten et celui de Stoll. Ici le changement est inhérent à la volonté propre du market maker rationnel suivant une transaction. Dans le modèle de Glosten il s'agit plus d'un prix d'équilibre évoluant suite à un achat ou une vente d'un trader qui témoignerait d'une nouvelle information privée non prévue.

Les transactions ont un impact sur le prix d'équilibre dans le modèle de Glosten et n'en ont pas dans le modèle de Stoll mais ont un impact sur les cotations.

L'estimateur de Stoll  $S$  de la fourchette affichée est obtenu de cette façon :

$$S = \frac{1}{\sqrt{(1 - \pi)^2(2q - 1) + 4\pi q^2}} (2\sqrt{-Cov(\Delta P_t, \Delta P_{t-1})})$$

Les résultats empiriques de Stoll proviennent des données d'octobre à décembre 1984 du NASDAQ (National Association of Securities Dealers AUtomatic Quotation).

Le modèle de Stoll permet de mesurer l'impact des coûts d'incitation sur la relation entre spread affiché et spread réalisé et sur l'autocovariance des changements de prix. Il démontre que le spread réalisé est inférieur au spread affiché et que l'autocovariance des changements des prix de transaction des meilleurs bid et ask est négative.

### George et Al (1993)

Ce modèle comme les précédents souhaite estimer les moteurs du bid ask spread. Ils reviennent sur l'hypothèse de stabilité des espérances. Le spread n'est plus composé que par deux phénomènes : les coûts d'activité du market maker et la présence d'initiés. Le changement du prix d'équilibre devient :

$$M\Delta_t = M_t - M_{t-1} = (\Gamma + E_t + U_t) + (1 - \pi)\frac{S}{2}Q_t$$

Où  $(\Gamma + E_t)$  mesure l'espérance du changement de prix

Le prix de transaction est donc  $P_t = M_t\pi\frac{S}{2}Q_t$ , soit la somme du prix d'équilibre et des coûts du market maker. L'avancée du modèle est qu'il montre que les autocovariances des changements de prix du market maker sont affectées par la variation temporelle des espérances.

l'écart du spread purgé de l'autocovariance des espérances est donc

$$R_t = \Delta P_t - \Delta A_t = \pi\frac{S}{2}(Q_t - Q_{t-1}) = \pi\frac{S}{2}\Delta Q_t$$

$$Cov(R_t, R_{t-1}) = Cov\left(\pi\frac{S}{2}\Delta Q_t, \pi\frac{S}{2}\Delta Q_{t-1}\right)$$

$$Cov(R_t, R_{t-1}) = -\pi^2\frac{S^2}{4}$$

Nous arrivons donc à l'estimateur du spread de **George et Al**

$$S(GKN) = \frac{2}{\pi}\sqrt{-Cov(R_t - R_{t-1})}$$

Les données utilisées par **George et Al** proviennent des entreprises du NASDAQ entre 1983 et 1987. Le principal avantage de cet estimateur est sa résistance à la périodicité des changements de prix

**George et Al** arriveront à remettre en question les modèles précédents, en affichant leur ignorance de la variation des espérances leurs estimateurs deviennent biaisés et assez peu efficaces. De plus l'estimation des coûts de fonctionnement de **George et Al** sont de 10% quand celui de Stoll est de 30%.

### Roomans (1993)



Ce modèle rajoute la possibilité qu'un ordre soit exécuté au sein du spread, ce genre de transaction n'est pas interprété par le marché. La probabilité que deux ordres de signes opposés se suivent est inférieure à  $\frac{1}{2}$ .

$$\Delta M_t = (M_t - M_{t-1}) = (\Gamma + E_t + U_t) + (1 - \pi) \frac{S}{2} Q_t \Phi_t$$

Le changement du prix provient à la fois des informations publiques et privée, Roomans rajoute la variable  $\Phi$ , il s'agit d'une variable binaire prenant la valeur 0 lorsque l'ordre s'exécute au sein du spread, et 1 sinon. Dans le cas d'une exécution dans le spread aucune information ne sera émise par l'ordre.

$$A_t = M_t + \pi \frac{S}{2}$$

Le changement du meilleur Ask

$$A_t - A_{t-1} = \Delta M_t = (\Gamma + E_t + U_t) + (1 - \pi) \frac{S}{2} Q_t \Phi_t$$

La variation du prix de transaction purgée des anticipations :

$$\begin{aligned} R_t &= (\Delta P_t - \Delta A_t) = (P_t - P_{t-1}) - (A_t - A_{t-1}) \\ &= \Delta(Q_t \Phi_t) \pi \frac{S}{2} \end{aligned}$$

Les développements de **Roomans** à l'inverse des autres modèles sont basés sur des données à haute-fréquence. Se basant sur les développements récents de l'économétrie il viendra invalider l'hypothèse de coûts nuls de la présence d'initiés. Il mesure la probabilité pour qu'un ordre soit exécuté dans le spread est égale à 78% pour les actions du Dow Jones sur l'année 1990. La probabilité que deux ordres soit de signes opposés est de 28% contre  $\frac{1}{2}$  pour les autres modèles. La surévaluation des coûts d'exercice des market maker pour les autres modèles provient en partie du fait qu'ils négligent les ordres réalisés dans le spread. **Roomans** estime que la valeur du spread est composée à 70% des coûts de gestion, et à 30% de la présence d'initiés. De manière générale invalidera tous les modèles précédents, ceux-ci ont surévalué l'importance des coûts de transaction, négligé la présence d'initiés et d'ordres exécutés au sein du spread.

## 2.5 La tenue de marché optimale

La tenue de marché optimale ou "Optimal Market Making", est la volonté de contrôler l'interaction avec le carnet d'ordres. Il est difficile de contrôler plus que votre distance au prix moyen.

Lorsqu'un agent contrôle la vitesse de négociation, il se concentre uniquement sur la source de prédiction des rendements, l'impact sur le marché et le risque de maintenir un inventaire (en tant que Market Maker).

Un bon résumé de la dynamique du carnet d'ordres est de dire qu'un ordre à une distance  $\sigma p$  du prix moyen est consommé avec un processus ponctuel d'intensité ( $exp - k\delta p$ ). L'agressivité des ordres est une exponentielle. Lorsque nous nous éloignons du point médian, la probabilité d'obtenir une transaction diminue de façon exponentielle.

## 2.6 L'exécution optimale dans la pratique

La structure de trading est l'environnement dans lequel l'investisseur évoluera pour rechercher au mieux la liquidité nécessaire à ses transactions. L'investisseur visera un suivi et une analyse affinée de son **TCA** (Trading Cost Analysis). Il pourra également utiliser le VWAP.

Sa principale ressource sera les données, elles seront dans l'idéal à la fois historiques et en direct, permettant une analyse pre-trade et une analyse post-trade. Ses données ne seraient rien sans une connexion efficaces aux places de cotations. Une fois ces données collectées et traitées, les modèles mathématiques pourront être mis en place. Ils utilisent généralement Python, avec la librairie pandas pour un volume de données inférieur à 5 GB, lorsque les données sont conséquentes une implémentation de la librairie PySpark est nécessaire. Il s'agit d'une interface Apache SQL pour Python très performante. Enfin pour la mise en place de calculs en direct C++ est privilégié.

Les algorithmes de trading font donc le lien entre tous ces composantes informatiques, ils peuvent servir pour contrôler les risques, retraiter les données ou même rechercher de la liquidité sur les différentes places de cotation et dark pools. Ces algorithmes permettent des analyses pre-trade, tant sur les données historiques que sur l'état des différents carnets d'ordres avant le l'ouverture de la séance.

Même s'ils sont automatisés, les algorithmes nécessitent un suivi des traders. Ces algorithmes produisent généralement des indicateurs permettant une lecture humaine et une réaction humaine en cas de défaillance. Les algorithmes doivent être programmés de façon la plus lisible possible pour permettre au trader de réagir et corriger éventuellement le code dans les plus brefs délais. Dans la même optique les indicateurs de performance permettent de visualiser la performance à la fois si l'algorithme devait s'arrêter immédiatement et ou les performances fin de journée si les conditions de marché étaient stables et identiques jusqu'à la cloture.

Un indicateur de performance simpliste pourrait être le "prix moyen" :

**prix moyen** = prix actuel + prix prévu + mouvements inattendus + l'efficacité du trading + l'impact de marché

**TCA** L'analyse des coûts de transaction est un outil, une méthode pour suivre l'efficacité de l'activité de leurs algorithmes dans le temps. Il est inutile de comparer le TCA d'algorithmes opérant sur des actifs aux niveaux de liquidité différents.

### Mesurer l'impact de marché

L'impact de marché peut être le résultat de nombreux facteurs, la liquidité de l'actif, la quantité échangé relativement au volume global de l'actif, la durée d'exécution. Ces facteurs expliquent une partie du market impact mais pas sa totalité. Le timing est crucial, la vitesse de réaction des algorithmes aux nouvelles information et aux niveaux de liquidité est essentielle. En moyenne lors de l'exécution d'un ordre intrajournalier, son market impact atteint

le point le plus élevé à la fin de son temps exécution ensuite il décroît de manière presque symétrique pour se rapprocher du niveau pré market-impact sans pour autant l'atteindre, le market impact est persistant à court terme.

### **Processus de formation du prix**

Comme nous l'avons déjà dit les carnets d'ordres sont au centre du processus de formation du prix. Ils permettent l'anonymat et sont rapides tout en permettant une forte synchronisation des acteurs et des places de marché. Ils sont privilégiés par les investisseurs et les régulateurs. Et permettent une rapide intégration dans le prix des nouvelles informations non-anticipées

### **L'impact de la latence**

Le spread ayant baissé beaucoup baissé sur le marché des actions depuis MiFid II, il est devenu crucial d'être rapide. Pour un prix  $x$ , le trader arrivé le premier, sera le premier à consommer la liquidité. La liquidité visible des carnets d'ordres n'est plus tellement importante pour le trader et ou l'algorithme de trading, le plus important est de maximiser la probabilité d'obtenir de la liquidité au prix disponible  $x$  au temps  $t$ .

### **Répartition des ordres**

Deux types de répartitions sont importantes pour le trader

- La consommation de liquidité
- La répartition entre bourse historique et dark pools

La première s'effectue après un contrôle du niveau de liquidité affiché par le carnet d'ordre quant à la seconde il s'agit d'un arbitrage pour limiter le market impact et la distribution d'information au marché si le volume de l'ordre est conséquent.

Pour conclure cette seconde partie, prendre des décisions dans le processus de formation des prix n'est pas aisé, notre objectif était de donner une première vue des méthodes. La gestion d'actifs devra de plus en plus travailler à un développement indépendant de ces méthodologies et devra être le moteur de l'évaluation de la performance des brokers. Même si les régulateurs ont introduit l'objectif d'une "meilleure exécution", il apparaît fragile de se baser uniquement sur cette obligation. Dans la troisième partie nous proposerons des outils en Python pour répondre à ce besoin d'indépendance dans la calibration du TCA et des modèles de microstructure.

## **3 Optimal Trading : des solutions en Python**

### **3.1 Réflexions introductives sur Python et d'autres langages**

Python n'est pas le langage auquel on pense en premier sur les desk de trading. Pendant de nombreuses années l'environnement Microsoft via VBA menait la danse, C++ était considéré lorsque la vitesse était le critère numéro un d'un besoin d'outil. Les banques ont constitué des librairies, des modules permettant de stocker des fonctions, majoritairement en Java et en C++. Ces librairies ont pour objectif de modéliser une des variables financières comme la volatilité, le rendement annualisé, etc.

Les modèles mathématiques permettant de fixer le prix des produits dérivés sont généralement écrits en C++ car ils sont utilisés à la fois pour le trading et la gestion des risques de

manière intensive. Cependant, pour une utilisation quotidienne, un langage comme Python est plus pratique car il permet de créer de petites applications relativement rapidement. Dans ce domaine, presque tout est un mélange de C++/Python où les tâches et les librairies sont en Python et où les calculs sont compilés en C++/C directement dans python via des modules comme Cython ou Numba.

### 3.2 Explorer le carnet d'ordres

L'accès aux données est assez difficile, une des méthodes envisageable est de se connecter directement à une API <sup>12</sup>. Nous utiliserons ici en premier lieu celle de Binance. Binance est une plateforme d'échange de cryptomonnaies. Le choix de Binance est motivé par la facilité d'accès aux données et ce quelque soit l'heure de la journée, les crypto-actifs cotent 24/24h.

Dans ce code nous utiliserons les modules suivants :

- **pandas** : outil flexible et accessible d'analyse et manipulation des données
- **matplotlib** : principal module pour générer des visualisations sur Python
- **requests** : il permet d'utiliser très facilement le protocole "http"
- **seaborn** : basé sur matplotlib, il facilite les visualisations de graphiques statistiques

Vous retrouverez le code au sein du fichier reprenant les différentes parties codées de ce mémoire d'analyse.

Dans la première partie du code nous cherchons à nous connecter à l'API pour avoir un aperçu de la profondeur de marché.

Nous allons utiliser les données en direct du marché de l'Ethereum, ce protocole d'échanges a été développé par Vitalik Buterin <sup>13</sup> en 2015. Son volume d'échange est du niveau de 66% de celui du Bitcoin soit \$21B.

	nombre	moyenne	écart-type	min	max
asks	100	2181	1.32	2179	2183
bids	100	2176	1.13	2174	2178

TABLE 2 – Résumé statistique des 100 meilleurs bids & asks de l'Ethereum sur Binance

À la suite du code nous allons générer le premier graphique, le nuage de points des 200 meilleurs ordres.

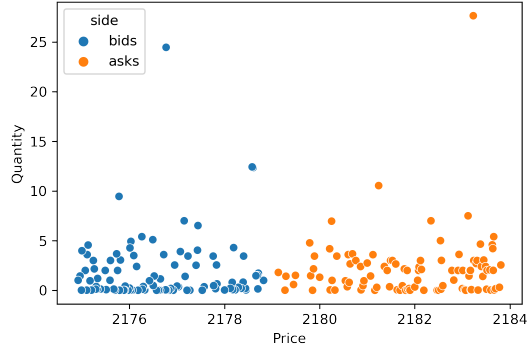
Ces deux premiers graphiques permettent d'avoir une première idée du carnet d'ordre via des données accessibles via internet et Python. Sur l'axe  $x$  se trouve le prix de l'Ethereum via la plateforme Binance le 29 Juin 2021 à 14h, l'axe  $y$  correspond aux quantités demandées par ordre. L'histogramme montre le nombre de bid et de ask pour un prix déterminé, cependant il omet une partie du volume.

Le graphique 3 montre le nombre de bid et de ask pour un prix précis et prend en compte le volume. Il est une traduction plus appropriée de l'offre et de la demande d'Ethereum.

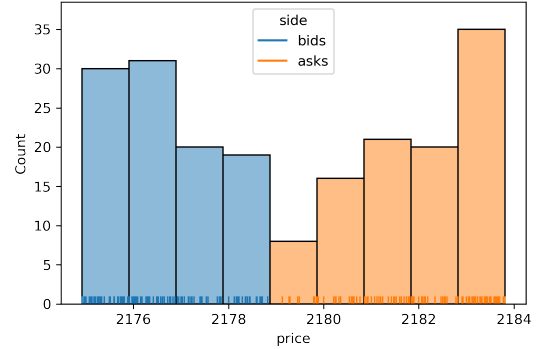
12. interface de programmation applicative

13. [Page Wikipedia de Vitalik Buterin](#)

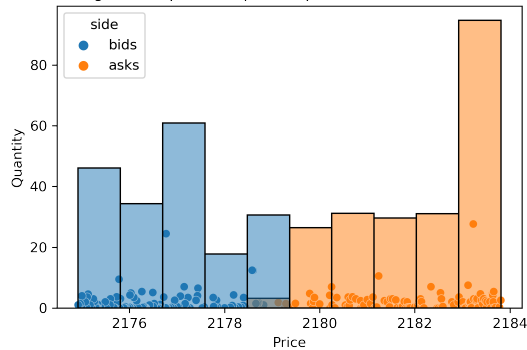
Nuage de points du carnet d'ordres de l'Ethereum (29/06/2021, 14h00)



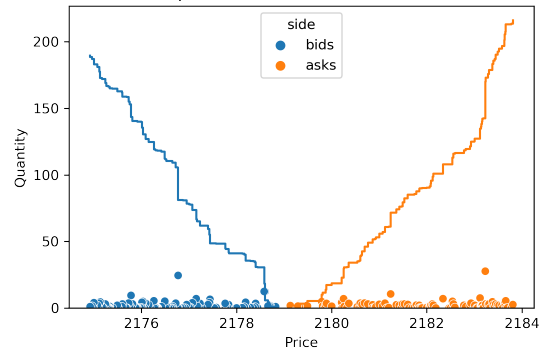
Histogramme du carnet d'ordres de l'Ethereum (29/06/2021, 14h00)



Histogramme pondéré par les poids (29/06/2021, 14h00)



Market Depth de l'Ethereum (29/06/2021, 14h00)



Le dernier graphique est beaucoup plus intéressant et utile, il permet de répondre à la question : “quel sera mon prix moyen si je souhaite acheter 200 unités”.

### 3.3 Estimer le Spread

La liquidité d'un actif nous permet de suivre à quelle vitesse pourrions nous sortir de cette exposition sans perdre sa valeur intrinsèque à cause de l'impact de marché. Il est donc important de suivre le spread d'un actif. Soit le spread :

$$S = 2\sqrt{-cov(\Delta P_t - \Delta P_{t-1})}$$

Nous utiliserons la méthode du spread de Roll. Le spread en pourcentage sera  $S\% = \frac{S}{P}$ . Nos données seront constituées des valeurs journalières de l'action LVMH sur l'année 2020. Vous retrouverez le code dans le Notebook Jupyter.

Sur cette année 2020 le spread de LVMH selon le spread de Roll était de 3.174.

### 3.4 L'illiquidité selon Amihud

La mesure d'illiquidité amihud est le proxy le plus couramment utilisé pour la liquidité des actions. Nous utiliserons toujours les valeurs de clôture de l'action LVMH en 2020.

Sur cette année 2020 le spread de LVMH selon le spread de Roll était de  $2.1417e - 07$ .

### 3.5 Les données LOBSTER

LOBSTER est un organe de la recherche financière américaine, il permet d'accéder à des données à haute-fréquence, l'accès à ces données est payant, il propose néanmoins quelques échantillons gratuits, nous allons en profiter pour les importer et tenter une visualisation des ordres sur Amazon. Encore une fois vous retrouverez les codes dans le Notebook.

### 3.6 Introduction à l'analyse des données haute fréquence

Le but ici est d'introduire pandas et d'effectuer les bases de l'importation et premières analyses des données haute fréquence.

Les données utilisées sont constituées de tous les ordres passés sur un panier de dix actions <sup>14</sup> en 2011. Le format utilisé est le format "h5", (*Hierarchical Data Format*), un format utilisé pour structurer d'importants volumes de données. Voici un aperçu généré par la formule "head(5)" de pandas :

	TradedPrice	TradedQty	BidPrice	AskPrice	BidQty	AskQty	TradedSign
Time							
2011-01-03 09:30:01.846	597.29	181	597.29	597.39	100	100	-1
2011-01-03 09:30:01.862	597.39	100	596.23	597.49	100	100	0
2011-01-03 09:30:02.492	597.19	100	596.78	597.49	100	100	0
2011-01-03 09:30:02.718	597.19	100	596.78	597.49	100	100	0
2011-01-03 09:30:03.274	597.19	100	596.78	597.49	100	1400	0

Nous pouvons voir ci dessus les premières lignes du dataframe des ordres de Google sur l'année 2011.

Il s'agit d'un dataframe classique avec pour index la date et l'heure précise (milliseconde) à laquelle un ordre a été envoyé au marché. La première colonne correspond au "TradedPrice" qui n'est autre que le prix moyen par action échangée. La seconde colonne "TradedQty" est le volume de l'échange. Les deux colonnes "BidPrice" et "AskPrice" correspondent au prix demandé ou offert le plus intéressant juste avant cette transaction. Et enfin dernière colonne "TradedSign" n'est autre que le témoin du sens de la transaction : positif si ask, négatif si bid, 0 si pas de transaction.

Le module datetime est un classique de la programmation, disponible dans tous les langages de programmation, il permet une modélisation du temps. Modélisation permettant ensuite sa décomposition. Une des premières considérations de la microstructure d'un actif financier est de visualiser la courbe de volume d'un actif, l'idée étant de connaître la moyenne du volume échangé à chaque période. Ce volume échangé est utile à la fois pour le market maker, mais aussi pour l'investisseur institutionnel qui y verra une plage temporelle intéressante pour son passage d'ordre.

Nous allons utiliser le module pandas pour découper le volume de transaction sur l'année par fréquences de 5 minutes, nous ferons la moyenne ensuite sur chaque actif et sur chaque "plage temporelle" pour avoir *in fine* une moyenne journalière du volume par plage de 5 minutes. Par souci de lisibilité et de réutilisation le code sera instancié en classe, la logique

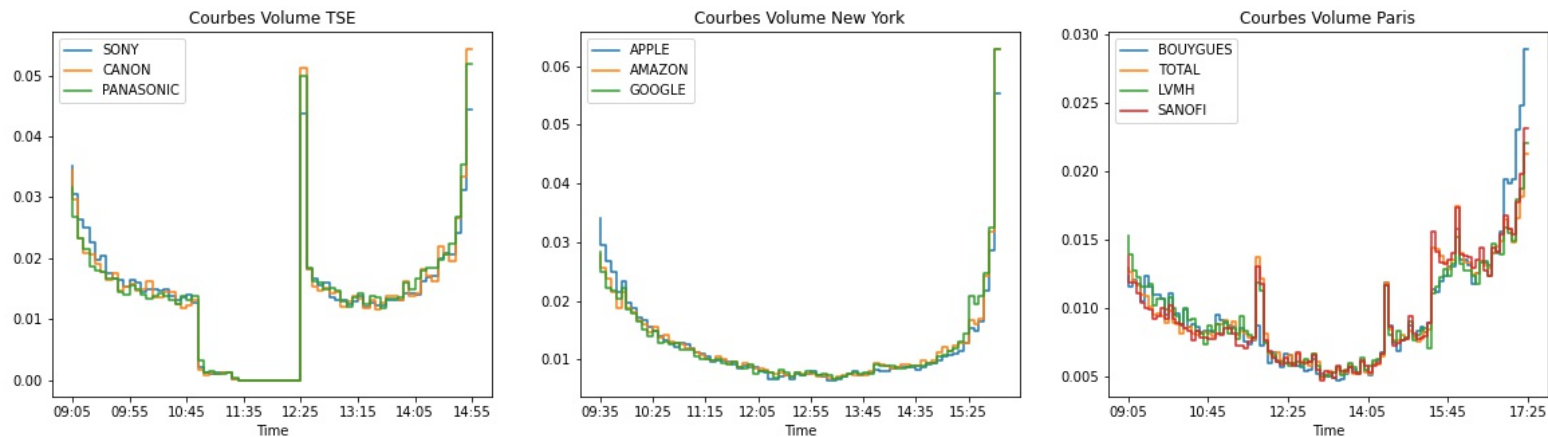
---

14. liste : Sony, Canon, Panasonic, Apple, Amazon, Google, Bouygues, Total, LVMH, Sanofi

de la programmation orientée objet permettant une plus forte lisibilité et réutilisation des méthodes.

Voici trois graphiques, les actions sont séparées par place de cotation, Tokyo, New-York et Paris. L'axe  $x$  correspond à la moyenne des plages temporaires de 5 minutes sur l'année 2011, l'axe  $y$  le pourcentage des actions traitées dans ces plages temporelles.

### Courbes du volume



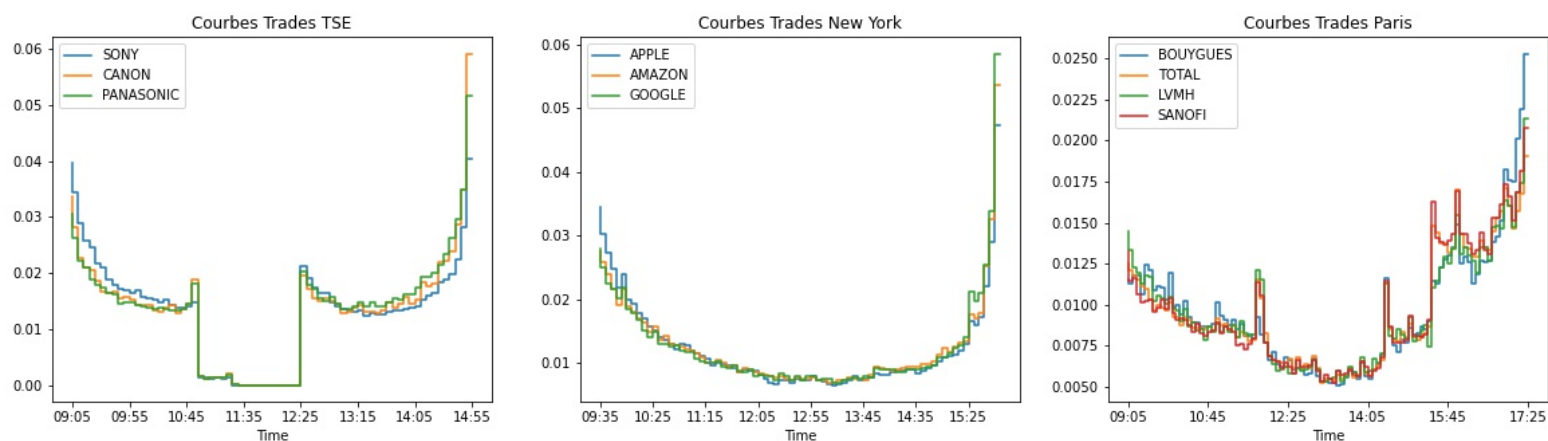
Les graphiques globalement une courbe en “U”, cette forme témoigne d’une plus forte quantité d’échanges après ouverture et avant clôture. Ce phénomène est logique et témoigne, d’importantes informations à intégrer au prix avant et pendant l’ouverture ainsi qu’avant clôture, et une révision du prix perçu par les agents sur l’actif financier aux deux extrêmes de la cotation.

Nous pouvons voir sur le premier graphique, une absence d’échange entre 11h et 12h30, il s’agit d’une spécificité du marché tokyoïte, soit une cloture en milieu de journée.

Pour le graphique de la place de Paris, le pic de 15h correspond à l’ouverture du marché US, celui de 11h est lié aux publications macroéconomiques.

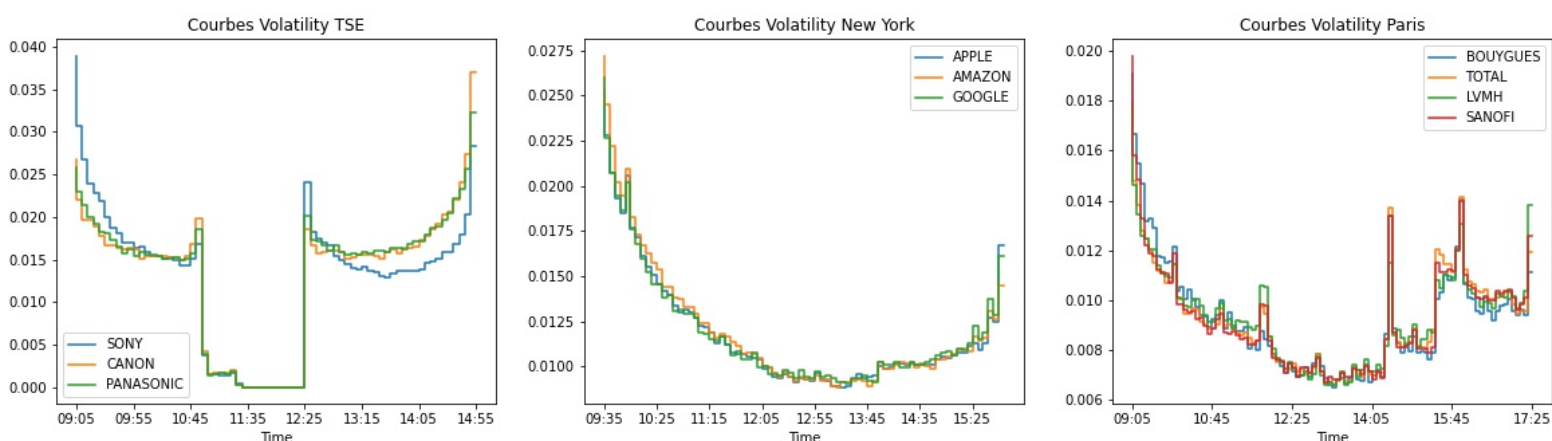
### Courbes du nombre de trades

Nous allons maintenant visualiser d’autres indicateurs, toujours via la même méthodologie de découpage temporel. Nous pouvons percevoir dans le code le véritable avantage de la programmation orientée objet, soit une grande facilité d’utilisation, et une flexibilité des méthodes.



La première batterie de graphique ci-dessus, affichera le nombre d'échanges journaliers, ce graphique suit la même tendance que les graphiques de volume.

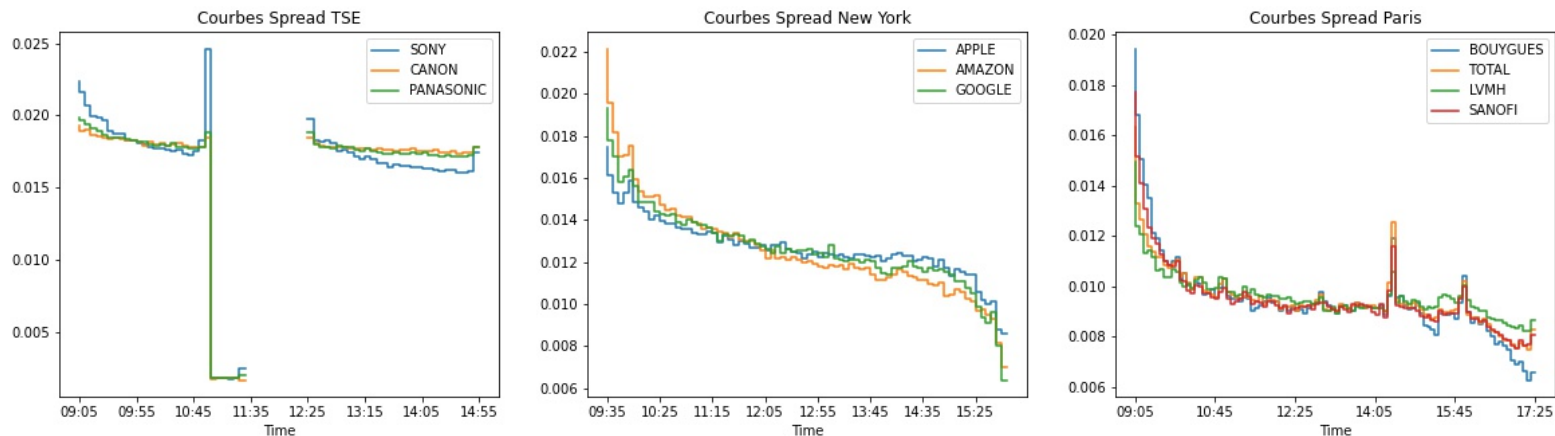
## Courbes de la volatilité



La batterie de graphiques sur la volatilité, témoigne d'une même tendance générale en précisant une intensité plus importante en ouverture et en fermeture, il s'agit tout simplement de l'augmentation d'activité lié aux nécessaires reconsidérations de la "juste valeur" des actifs échangés par les agents.



## Courbes du spread

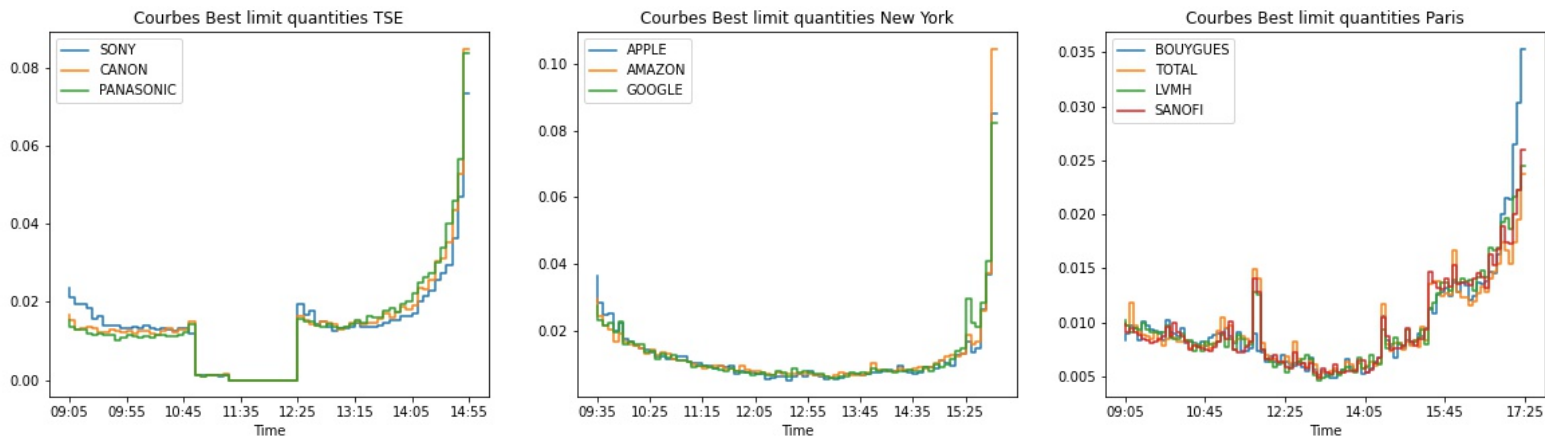


Les graphiques sur le spread témoignent cette fois d'une autre tendance visuelle, hormis le marché japonais, le pic se situe à l'ouverture. Ce pic est lié à un fort volume d'échange et une fragilité du prix d'équilibre à ce moment de la journée, cette fragilité est en lien avec la finesse du tick. Tout au long de la journée le spread baissera.

Le marché japonais témoigne lui d'une relative stabilité du spread. Cette stabilité peut être rapprochée d'un tick plus important, qui peut donc capter plus de volume avant de déplacer le prix.

Les graphiques ci-dessous permettent de visualiser la *Best limit quantities*, on peut voir que la courbe s'oppose à celle du spread. À l'ouverture le prix bouge beaucoup, les traders ne peuvent se placer en aux best limit, cette possibilité leur sera laissée en fin de journée. En effet la taille en première limite en fin de journée est en pic, la fin de journée se caractérise aussi par un besoin de liquidation du risque d'inventaire et donc de couverture des traders.

## Courbes des best limit quantities



Nous avons donc dans cette partie pu approcher les méthodes et technologies pour fournir des réponses tant aux praticiens qu'aux étudiants. Ces outils reposent sur des données, ces données sont très difficilement accessibles. Cette partie de ce mémoire d'analyse n'est qu'un début et évoluera dans le temps, mon objectif est de proposer un portefeuille d'outils à mes futurs employeurs.

## Conclusion

Dans ce mémoire d'analyse de Master 2, nous nous sommes attachés à proposer une introduction à la microstructure de marché, nous avons commencé par une longue partie introductive qui visait à définir le cadre à ceux qui n'avaient jamais fait face à un cours sur la microstructure. La définition de ce pan récent de la recherche sur la finance de marché aura été l'occasion de découvrir un thème passionnant.

Nous avons essayé d'aller plus loin que les équilibres économiques, une des conclusions de ce mémoire pourrait être une invalidation de Efficient-market hypothesis de par une analyse de l'impact de marché. Nous avons voulu préciser le cadre européen et son évolution depuis la baisse du pas de cotation et l'arrivée des très médiatisés dark pools.

Nous avons également précisé la fragilité de la liquidité et de la microstructure dans son ensemble, dépendant pour beaucoup de pérennité de la structure de rémunération de ses market makers.

Les prix sont mouvants et ne pourraient être considérés comme des équilibres stables ou des références ultimes des agents. La troisième partie de ce mémoire quoique courte, sera complétée dans le temps au gré de mes futures expériences et développements en Python. Ce mémoire voulait fournir les premières clés tant à l'étudiant qu'au praticien pour éviter d'être "fooled by randomness"<sup>15</sup> qu'est le signal prix.

---

15. trad : dupé par le hasard,

*Fooled by Randomness*, en français : *Le Hasard sauvage* de Nassim Nicholas Taleb

# Bibliographie

## Références

- [1] Almgren, R.F. and Chriss, N., “Optimal execution of portfolio transactions (2000)”, *Journal of Risk*
- [2] Yakov Amihud, “Illiquidity and stock returns : cross-section and time-series effects (2002)”, *Journal of financial markets* 5, 31-56
- [3] George A. Akerlof, Robert J. Shiller, “Animal Spirits - How Human Psychology Drives the Economy, and Why It Matters for Global Capitalism (2010)”, *Princeton University Press*
- [4] Bruno Biais, Thierry Foucault, Pierre Hillion, “Microstructure des Marchés Financiers : Institutions, modèles et test empiriques”, *Presses Universitaires de France*
- [5] Fischer Black, “Exploring General Equilibrium (1995)”, *MIT Press*
- [6] Jean-Philippe Bouchaud, Julius Bonart, Jonathan Donier, Martin Gould (2018), “Trades, Quotes and Prices”, *Cambridge University Press*
- [7] Larry Harris, “Trading & Exchanges : Market Microstructure for Practitioners”, *Oxford University Press*
- [8] Albert S. Kyle, “Continuous Auctions and Insider Trading (1985)”, *Econometrica*, Vol 53
- [9] Charles M. Lee, Mark J. Ready (1991), “Inferring Trade Direction from Intraday Data”, *The Journal of Finance*
- [10] Charles-Albert Lehalle, “Market Microstructure Knowledge Needed for Controlling an Intra-day Trading Process (2013)”, *The Journal of Finance*
- [11] Charles-Albert Lehalle, Sophie Laruelle, “Market Microstructure in Practice Second Edition”, *World Scientific*
- [12] Richard Roll, “A Simple Implicit Measure of the Effective Bid-Ask Spread in an Efficient Market (1984)”, *The Journal of Finance*
- [13] Robert J. Shiller, “Irrational Exuberance : Revised and Expanded (2016)”, *Princeton University Press*
- [14] Nassim Nicholas Taleb, “Fooled by Randomness : The Hidden Role of Chance in Life and in the Markets (2001)”, *Random House*
- [15] Nassim Nicholas Taleb, “The Black Swan : The Impact of the Highly Improbable (2007)”, *Random House*

# Glossaire

**banque d'investissement** une banque d'investissement est une société de services financiers qui sert d'intermédiaire dans des transactions financières importantes et complexes.. 5

**bid-ask-spread** Le bid ask spread est l'écart entre le cours vendeur et le cours acheteur d'un actif sur le marché.. 10

**carnet d'ordres** Un carnet d'ordres ou Limit Order Book (LOB) est un registre des ordres à cours en cours tenu par le spécialiste en valeurs mobilières qui travaille à la bourse.. 4

**dealers** ou courtier est une personne ou une entreprise dont l'activité consiste à acheter et à vendre des titres pour son propre compte ou pour le compte de ses clients.. 4

**desks** lieux, où ont lieu les achats et ventes de titres dans une salle des marchés. Ils sont séparés par type d'actif financier.. 5

**effet de réseau** L'effet de réseau (ou rarement effet-club) est le phénomène par lequel l'utilité réelle d'une technique ou d'un produit dépend de la quantité de ses utilisateurs.. 10

**equity** Le marché *equity* ou le marché d'actions est un marché sur lequel des actions de sociétés sont émises et échangées, soit par le biais de bourses, soit sur des marchés de gré à gré. . 4

**exchange** ou une bourse ou place, est une place, un marché (au sens économique) où sont échangés des titres, des marchandises, produits dérivés et instruments financiers au sens large.. 4

**haute fréquence** ou "trading à haute fréquence" (HFT) est un type de négociation financière algorithmique caractérisé par des vitesses élevées, des taux de rotation élevés et des ratios ordre/transaction élevés, qui exploite des données financières à haute fréquence et des outils de négociation électroniques.. 4

**hedging** ou couverture, est un investissement réalisé dans l'intention de réduire le risque d'évolution défavorable du prix d'un actif.. 8

**informed trader** ou investisseur informé, est une catégorie d'investisseur dont l'investissement est caractérisé par un événement et une conviction. 9

**marché** un lieu ou un événement où les agents se rencontrent pour acheter et vendre.. 3

**marché de masse** le processus consistant à promouvoir la vente d'un grand nombre de produits afin de tendre vers une uniformisation des produits financiers.. 4

**market depth** ou profondeur de marché, fait référence à la capacité d'un marché à absorber des ordres relativement importants sans que cela ait un impact significatif sur le prix du titre financier.. 7

**market makers** ou teneurs de marché sont les participants individuels ou entreprises membre d'une bourse qui achètent et vendent des titres pour leur propre compte ou leurs clients, à des prix qu'ils affichent dans le système de négociation de sa bourse,

dans le but principal de tirer profit de l'écart entre le cours acheteur et le cours vendeur.. 4

**microstructure** ou microstructure de marché est l'étude du processus et des résultats de l'échange d'actifs selon des règles de négociation explicites. la microstructure vise à analyser la manière dont des mécanismes de négociation affectent le processus de formation des prix.. 3

**multilateral trading facility** ou plateforme multilatérale de négociation, est un marché boursier alternatif créé pour concurrencer les grands marchés boursiers historiques.. 10

**netting** le netting consiste à compenser la valeur de plusieurs positions ou paiements devant être échangés entre deux ou plusieurs parties.. 8

**Processus de formation des prix** Le processus de formation des prix couvre tous les événements qui se produisent pendant la négociation et qui aboutissent à un prix du marché en constante évolution.. 2, 3, 11

**proprietary trading** ou négociation pour compte propre fait référence à une société financière ou une banque commerciale qui investit en vue d'un gain direct sur le marché plutôt que de gagner des commissions en négociant pour le compte de clients.. 8

**régulateurs** organismes de réglementation établis par les gouvernements ou d'autres organisations pour superviser le fonctionnement et l'équité des marchés financiers et des entreprises qui exercent une activité financière.. 4

**trading optimal** Le trading optimal vise à limiter les coûts d'une négociation notamment en limitant le market impact. 4

**trading venues** ou lieux de négociation, MiFID supprima les règles de concentration des échanges nationaux et reconnaît trois types de "trading venues" : les marchés réglementés (MR), les systèmes multilatéraux de négociation (MTF) et les internalisateurs systématiques (IS).. 10

**uninformed trader** ou noise trader, est une catégorie d'investisseur dont l'investissement n'est pas lié au marché mais à un besoin personnel, souvent de couverture.. 9

## Acronymes

**EMH** Efficient-market hypothesis. 18, 19, 40

**IPO** Initial Public Offering. 5

**LOB** Limit Order Book. 4

**PFP** Processus de formation des prix. 3

**PnL** Profit and Loss. 5

**TCA** Transaction cost analysis. 2, 25