



LOUVAIN
School of Management

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN
LOUVAIN SCHOOL OF MANAGEMENT

**Quels sont les effets des stratégies des traders à haute
fréquence sur le marché des actions américain ?**

Promoteur : PHILIPPE GRÉGOIRE

Mémoire-recherche présenté par
LAURENT VANDEN BOGAERDE
en vue de l'obtention du titre de
Master 120 crédits en sciences de gestion

ANNEE ACADEMIQUE 2015-2016

Je tiens ici à remercier mon promoteur académique, Philippe Grégoire, pour avoir accepté d'encadrer la réalisation de ce mémoire et pour m'avoir laissé la plus grande liberté dans le choix du sujet de celui-ci. Je le remercie également pour ses remarques constructives qui m'ont guidé tout au long de ce travail.

Je remercie également le journal L'Echo de m'avoir accueilli dans ses locaux, et plus particulièrement madame Jennifer Nille pour avoir pris le temps de répondre à mes très nombreuses questions.

Je remercie chaleureusement mes parents qui, comme tout au long de mes études, m'ont apporté un soutien permanent et sans faille.

Je remercie également Catherine Verhellen qui au fil de ces longs mois de travail partagea mes doutes et mes craintes. Elle fut d'un soutien inestimable.

Enfin, je remercie toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

$$e^0 = 1,$$

Table des matières

Introduction	1
Partie 1 : Le trading à haute fréquence	3
Chapitre 1 : L'avènement du trading à haute fréquence	4
1.1.1 : Nasdaq, première Bourse électronique	4
1.1.2 : Krach boursier du 19 octobre 1987	5
1.1.3 : Regulation of Exchanges and Alternative Trading Systems	5
1.1.4 : Abandon de la règle 390 du NYSE	11
1.1.5 : Décimalisation	11
1.1.6 : Regulation National Market System	12
1.1.7 : Fragmentation du marché des actions américain	16
Chapitre 2 : Définition du trading à haute fréquence	17
1.2.1 : Trading algorithmique	19
1.2.2 : Trading à haute fréquence	23
Chapitre 3 : Caractéristiques du trading à haute fréquence	25
1.3.1 : Algorithmes informatiques	26
1.3.2 : Colocation	26
1.3.3 : Courte durée de détention des titres	27
1.3.4 : Emission d'un grand nombre d'ordres rapidement annulés	27
1.3.5 : Absence de positions de trading durant la nuit	27
Chapitre 4 : Evolution du trading à haute fréquence	28
Partie 2 : Stratégies des traders à haute fréquence	31
Chapitre 1 : Stratégies de market making	33
2.1.1 : Passive market making	34
2.1.2 : Liquidity rebates	37
Chapitre 2 : Stratégies d'arbitrage	38
2.2.1 : Statistical arbitrage	38
2.2.2 : Market neutral arbitrage	39
Chapitre 3 : Stratégies structurelles	41
2.3.1 : Latency arbitrage	42
2.3.2 : Quote matching	43
Chapitre 4 : Stratégies directionnelles	43
2.4.1 : Event-based	44
Chapitre 5 : Stratégies illégales ou controversées	45
2.5.1 : Spoofing	45
2.5.2 : Quote stuffing	45
2.5.3 : Layering	46

Partie 3 : Les effets des stratégies des traders à haute fréquence	49
Chapitre 1 : Les critères de la qualité d'un marché d'actions.....	50
3.1.1 : Liquidité.....	50
3.1.2 : Spread.....	51
3.1.3 : Volatilité	53
3.1.4 : Formation des prix.....	54
Chapitre 2 : Revue de littérature	55
3.2.1 : Effets sur la liquidité.....	57
3.2.2 : Effets sur le spread	60
3.2.3 : Effets sur la volatilité	62
3.2.4 : Effets sur la formation des prix	64
Conclusions.....	67
Bibliographie.....	71
Annexe 1 : Parts de marché des volumes de transactions sur actions aux Etats-Unis	78
Annexe 2 : Définitions du trading algorithmique	79
Annexe 3 : Définitions du trading à haute fréquence	80
Annexe 4 : How spoofing works	81

Introduction

Le marché des actions américain subit constamment de nouvelles évolutions dont il est nécessaire d'évaluer les effets bénéfiques ou non sur la qualité du marché.

Au cours des années 80, les programmes de trading et leurs effets sur le marché ont fait l'objet de nombreuses publications. Dans les années 90, les études scientifiques se sont penchées sur les effets des ordres limites utilisés par le grand public. Quant au début des années 2000, il coïncide avec la décimalisation des cours de bourse, l'introduction des *Electronic Communication Networks* et l'apparition du trading algorithmique. Aujourd'hui, c'est l'utilisation du trading à haute fréquence dont il est nécessaire d'évaluer les effets sur la qualité du marché des actions américain (Brogaard, 2010, p. 1).

En effet, comme nous le montrerons, de nombreuses stratégies d'investissement sont basées sur ce système de trading utilisé dans plus de 50% des transactions sur actions aux Etats-Unis. Dans les médias, ainsi qu'au sein d'une partie de la communauté financière, la diversité et l'opacité entourant ces stratégies font de celles-ci la source de nombreuses et virulentes critiques exacerbées par le *flash crash* du 6 mai 2010.

Ce mémoire, à la lumière des diverses études scientifiques récemment publiées sur le sujet, vise à déterminer si ces critiques sont fondées ou non. De plus, en donnant un écho à ces études scientifiques, ce mémoire a également pour ambition de participer à l'information de la communauté financière. Toutefois, comme souligné par ailleurs dans ce mémoire, la difficulté d'obtenir des données de marché ainsi que les moyens informatiques nécessaires à l'analyse de ces très nombreuses données ne nous ont pas permis de vérifier empiriquement les conclusions de ces études. C'est donc par l'intermédiaire d'une revue de littérature que nous déterminerons quels sont les effets des stratégies des traders à haute fréquence sur le marché des actions américain.

2.

Pour ce faire, ce mémoire a été divisé en trois parties distinctes. La première partie vise tout d'abord à décrire les événements historiques et les différentes réglementations qui ont mené à l'essor du trading à haute fréquence aux Etats-Unis. Y sont ensuite définis le trading algorithmique et le trading à haute fréquence dont les principales caractéristiques font l'objet d'une analyse approfondie. Cette première partie se termine par une analyse de l'évolution de l'utilisation du trading à haute fréquence au cours des dernières années.

La seconde partie de ce mémoire procède à l'examen détaillé des différentes stratégies les plus couramment utilisées par les traders à haute fréquence. Celles-ci sont classées en quatre catégories : les stratégies de *market making*, les stratégies d'arbitrage, les stratégies structurelles et les stratégies directionnelles. Enfin, certaines stratégies illégales ou controversées sont sommairement examinées en toute fin de cette partie.

Enfin, la troisième et dernière partie vise à analyser les effets des stratégies des traders à haute fréquence sur divers critères d'évaluation de la qualité d'un marché d'actions. Ces critères sont au nombre de quatre : la liquidité, le *spread*, la volatilité et la formation des prix. Ils font en premier lieu l'objet d'une description détaillée. Ensuite, les études scientifiques récemment publiées à leur sujet sont regroupées et analysées pour chacun d'eux en vue de dégager le consensus scientifique des effets des stratégies des traders à haute fréquence sur ceux-ci.

Une fois cette démarche terminée, nous présenterons les conclusions relatives à ces effets sur la qualité du marché des actions américain.

Partie 1 : le trading à haute fréquence

Chapitre 1 : L'avènement du trading à haute fréquence

Afin de comprendre les événements historiques et les diverses réglementations qui ont mené à l'essor du trading à haute fréquence aux Etats-Unis, il est nécessaire de remonter au temps du passage des Bourses aux transactions électroniques.

1.1.1 : Nasdaq, première Bourse électronique

Une étude, publiée en 1969 et commanditée à la fois par l'American Stock Exchange¹ (AMEX), la National Association of Securities Dealers² (NASD) et le New York Stock Exchange³ (NYSE), démontra les coûts exorbitants du fonctionnement des marchés à la criée. En effet, celle-ci révéla que le système de la criée des ordres coûtait 180 millions de dollars par an aux sociétés de courtage (Nille & Colmant, 2014, p. 55). Dès lors, le 8 février 1971, avec le soutien de la U.S. Securities and Exchange Commission⁴ (SEC), la National Association of Securities Dealers donna naissance à la première Bourse au monde ayant recours aux transactions électroniques (McGowan, 2010, p. 5). Baptisée National Association of Securities Dealers Automatic Quotation⁵ (Nasdaq), les transactions s'y effectuaient soit par téléphone soit directement sur son réseau informatique (Nille & Colmant, 2014, p. 56). Ce réseau informatique permit au

¹ L'American Stock Exchange (AMEX) fut racheté en 2008 par le groupe NYSE Euronext lui-même racheté en 2013 par l'Intercontinental Exchange. Aujourd'hui dénommé NYSE MKT, il se vante d'être la première Bourse mondiale pour les entreprises à petite capitalisation.

² La National Association of Securities Dealers (NASD) fusionna en 2007 avec le comité de régulation du New York stock Exchange pour former la Financial Industry Regulatory Authority. La mission de FINRA est de protéger les investisseurs et d'assurer l'intégrité des marchés financiers américains.

³ Le New York Stock Exchange (NYSE) fondé en 1792, fusionna en 2007 avec le groupe Euronext pour former le groupe NYSE Euronext racheté en 2013 par l'Intercontinental Exchange. Suite à la fragmentation du marché des actions américain et à l'apparition de nombreuses Bourses concurrentes, les parts de marché du NYSE dans les volumes de transactions sont passées de 80% aux alentours des années 2003 – 2005 à 12,3% sur la période s'étalant de janvier à juin 2015 (voir annexe 1). Sur cette dernière période, les parts de marché du Nasdaq sont de 16,4% et celles de BATS sont de 7,8%

⁴ La U.S. Securities and Exchange Commission (SEC) est le régulateur fédéral américain en charge du marché des actions américain et des Bourses américaines. Elle a pour mission de protéger les investisseurs, de maintenir des marchés équitables, ordonnés et efficaces, et de faciliter la formation de capital.

⁵ La National Association of Securities Dealers Automatic Quotation (Nasdaq) est l'une des principales Bourses américaines où sont échangées des actions. Entre janvier et juin 2015, ses parts de marché des volumes de transactions étaient équivalentes à 16,4%, faisant de cette Bourse la première Bourse américaine en terme de volume de transactions sur cette période donnée.

Nasdaq de devenir la première Bourse au monde où la technologie remplaça l'interaction humaine autour de la corbeille (Hendershott, 2003, p. 1).

1.1.2 : Krach boursier du 19 octobre 1987

Lors du krach boursier du 19 octobre 1987⁶, sous la pression des vendeurs, plusieurs firmes de courtage cessèrent tout simplement de répondre aux appels de leurs clients soucieux de réaliser des transactions sur le marché (Carlson, 2007, p. 5). Pour le Nasdaq, cela se concrétisa par l'arrêt de l'usage de ses lignes téléphoniques par les sociétés de courtage (Nille & Colmant, 2014, p. 57). Suite à ces comportements, la SEC décida d'imposer un système informatique reliant directement acheteurs et vendeurs (Lelièvre & Pilet, 2013, p. 209). Ce système informatique intitulé *Small Order Execution System* permit aux petits investisseurs de placer eux-mêmes directement leurs ordres sur le marché à l'aide d'un ordinateur supprimant ainsi le besoin de contacter un courtier par téléphone (Lewis, 2014, p. 100).

1.1.3 : Regulation of Exchanges and Alternative Trading Systems⁷

Durant les années 70 et 80, le trading électronique, caractérisé par la capacité de transmettre les ordres électroniquement (Aldridge, 2013, p. 10), se déploya majoritairement sur le Nasdaq et le NYSE (McGowan, 2010, p. 5). Cette situation changea radicalement lorsque la SEC décida de mettre un terme au duopole opéré par le Nasdaq et le NYSE (Lelièvre & Pilet, 2013, p. 209). Pour cela, elle adopta en 1998 la *Regulation of Exchanges and Alternative Trading Systems* autorisant les *Alternatives Trading Systems*⁸ (ATS) comme plateformes de transactions électroniques alternatives aux Bourses nationales (Gayraud, 2014, p. 156). Etant désormais officiellement régulés, ces ATS devinrent populaires vers la fin des années 90. Ceux-ci sont définis comme suit par l'article 300(a) de la *Regulation ATS* :

⁶ Lors du krach boursier du lundi 19 octobre 1987, l'indice Dow Jones Industrial Average perdit 22,61% de sa valeur.

⁷ Ci-après dénommée : Regulation ATS

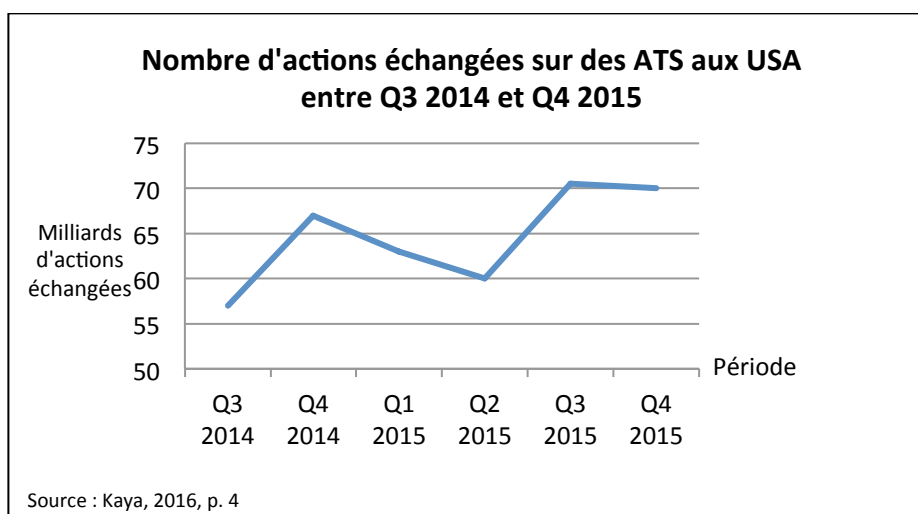
⁸ Alternative Trading System (ATS) est la terminologie anglophone pour définir des systèmes de trading alternatifs

6.

Toute organisation, association, personne, groupe de personne, ou système qui (1) constituerait, maintiendrait ou fournirait un marché ou des installations permettant de réunir les acheteurs et vendeurs de titres pour exercer sur ces titres les fonctions généralement réalisées par les Bourses selon la règle 3b-12 de la loi sur les Bourses et (2) qui n'établirait pas de règles autres que celles régissant la négociation sur ce marché ou que celles régissant l'exclusion d'un membre.

(U.S. Securities and Exchange Commission [SEC], 1998, p. 26).

Quant à Salomon, Smith et Barney, ils définirent les ATS de la façon suivante : « un mécanisme d'échange développé indépendamment des Bourses déjà établies et conçu pour confronter les acheteurs et vendeurs sur base de leurs opérations » (cité dans, Degryse & Van Achter, 2001, p. 2). Le graphique suivant montre l'évolution du nombre d'actions échangées sur des ATS aux Etats-Unis pour la fin de l'année 2014 et l'entièreté de l'année 2015.



Graphique 1

Conformément à la *Regulation ATS*, tout nouvel ATS doit être approuvé par la SEC et doit choisir d'être enregistré soit sous le statut de *broker-dealer*⁹, soit sous le statut de Bourse nationale (SEC, 1998, p.1). Si l'ATS fait le choix de s'enregistrer en tant que Bourse nationale, ce choix engendrera des exigences réglementaires additionnelles, contrairement aux ATS ayant opté pour le statut de *broker-dealer*.

Il existe différents types d'ATS :

1. Call Markets
2. Crossing Networks
3. Electronic Communication Networks (ECN)
4. Dark Pools
5. Electronic Trade Matching

Seuls les ECN et les *dark pools* se révèlent être pertinents dans notre analyse des événements historiques qui ont contribué à l'essor du trading à haute fréquence.

1.1.3.1 : *Electronic Communication Networks*

Suite à la *Regulation ATS* qui établit les règles de fonctionnement des ATS et par conséquent des ECN, ces derniers devinrent particulièrement populaires à la fin des années 90 (McGowan, 2010, p.6). Selon une étude de Liebenberg (cité dans McGowan, 2010, p. 5) ces ECN sont des systèmes informatiques facilitant en dehors des Bourses traditionnelles les échanges de produits financiers tels que les actions et les devises. La SEC les a définis comme étant « des systèmes de trading électroniques qui font correspondre automatiquement les ordres d'achat et de vente aux prix spécifiés » (cité dans Herndershott, 2003, p. 10). Les ECN se caractérisent donc

⁹ Pour expliquer le terme *broker-dealer*, il est d'abord nécessaire de définir les termes *broker* et *dealer* séparément. La SEC définit un *broker* – courtier en français - comme étant toute personne engagée dans la réalisation de transactions sur actions pour le compte d'une autre. Elle définit le terme *dealer* comme étant une personne dont l'activité professionnelle consiste à opérer des transactions sur actions pour son compte propre et devant répondre à des obligations légales particulières. Aux USA, le terme *dealer* est juridiquement différent du terme *trader*. Finalement, un *broker-dealer* est toute personne effectuant des transactions sur actions, soit pour le compte de ses clients, soit pour son compte propre.

8.

comme des ATS entièrement électroniques permettant la rencontre immédiate des acheteurs et des vendeurs, court-circuitant ainsi les éventuels intermédiaires. Selon diverses études (Hendershott, 2003, p. 12 ; McAndrews & Stefanadis, 2000, p. 3), la suppression des intermédiaires engendra pour les investisseurs une diminution des frais de trading, une exécution plus rapide des ordres¹⁰, l'anonymat des investisseurs et une meilleure information sur les prix en rendant visible le carnet d'ordres limites¹¹. Les ECN fonctionnent sur base d'algorithmes informatiques exécutant les ordres d'achat et de vente (McAndrews & Stefanadis, 2000, p. 6). D'après McGowan (2010, p. 6) l'augmentation du nombre d'ECN à la fin des années 90 a entraîné une plus grande utilisation du trading algorithmique qui lui-même contribuera à l'essor du trading à haute fréquence quelques années plus tard.

1.1.3.2 : les *dark pools*

Les *dark pools* constituent un type d'ATS à part entière. En développement depuis les années 90, seuls 5% des transactions sur actions y étaient réalisés en 2005. Ce pourcentage passa à 18% sur la période allant de 2013 à 2015 (Aguilar, 2015, p. 1). Dans leur rapport sur le flash crash du 6 mai 2010, la SEC conjointement avec la CFTC¹² définirent les *dark pools* comme étant :

Des systèmes de trading alternatifs qui n'incluent pas dans le *Securities Information Processor*, le meilleur prix d'achat ou de vente dont ils disposent pour un actif. En général, les *dark pools* offrent des services de trading aux investisseurs cherchant à exécuter des ordres volumineux

¹⁰ Selon Smith, Ip & Gasparino (1999) le temps moyen d'exécution d'un ordre sur un ECN était de 2 à 3 secondes à l'époque alors que le temps moyen d'exécution d'un ordre sur une Bourse non électronique était de 22 secondes. (Cité dans, McAndrews & Stefanadis, 2000, p. 3).

¹¹ Un ordre limite est un ordre d'achat ou de vente d'une action à un prix spécifique ou meilleur. Ainsi, un ordre limite d'achat est un ordre permettant d'acheter une action à un prix spécifique ou inférieur, et un ordre limite de vente est un ordre permettant de vendre une action à un prix spécifique ou supérieur (SEC, 2011).

¹² La Commodity Futures Trading Commission (CFTC) est le régulateur fédéral américain du marché des options et des contrats à terme sur les matières premières.

d'une manière à minimiser les variations de prix qui seraient contraires à leurs intérêts, et par conséquent à réduire leurs frais de transactions.

(U.S. Securities and Exchange Commission [SEC], & Commodity Futures and Trading Commission [CFTC], 2010b, p. 58)

Les investisseurs institutionnels, avec leur besoin de placer des ordres volumineux, contribuèrent grandement au développement des *dark pools* qui leur garantissent l'anonymat et la non-divulgence d'informations relatives à leurs ordres. L'anonymat de l'investisseur permet à celui-ci d'agir sur le *dark pool* sans révéler sa stratégie d'investissement; quant à la confidentialité des informations relatives aux ordres¹³, elle permet de limiter l'impact de ceux-ci sur le marché. Comme l'explique McGowan, (2010, p. 15) les *dark pools* sont utiles pour les investisseurs désireux d'exécuter des ordres volumineux sans le révéler au marché. Selon Vaananen (2015, p. 8), les *dark pools* diffèrent en trois points des Bourses nationales.

1. Contrairement aux Bourses traditionnelles, les transactions sur les *dark pools* y sont effectuées à l'intérieur du *spread* (Nille & Colmant, 2014, p. 76) représentant la différence entre le prix d'achat d'un actif et le prix de vente d'un même actif. A titre d'exemple, sur une Bourse traditionnelle, un actif donné peut être acheté au prix du marché à \$100,10 et revendu à \$100,00 Sur les *dark pools*, le prix d'achat de cet actif sera de \$100,05 et le prix de vente de ce même actif sera lui aussi de \$100,05. En 1968, Demsetz relia le concept du *spread* aux coûts de transaction. (Cité dans, Amihud & Mendelson, 1986, p. 224). Ainsi, en réduisant le *spread* à zéro, les transactions effectuées sur les *dark pools* sont moins coûteuses pour les investisseurs que celles réalisées sur les Bourses traditionnelles.

¹³ Aucune information relative aux prix et volume n'est dévoilée. Seule l'intention d'acheter ou de vendre un titre spécifique est dévoilée.

10.

2. Sur les Bourses nationales, lorsqu'un investisseur institutionnel souhaite placer un ordre limite d'achat volumineux sur un titre, celui-ci est placé dans le carnet d'ordres de ce titre. Comme le précise Rosov (2015, p. 9), tout ordre limite visible dans le carnet d'ordres est sujet à de l'*adverse selection*. Cela signifie que les autres investisseurs, observant cet ordre dans le carnet d'ordres, peuvent en utiliser l'information à leur profit. Pour éviter cela, les *dark pools* assurent la non-divulgation des informations relatives aux ordres afin que les autres intervenants présents sur le *dark pool* ne puissent en tirer profit. A l'inverse des Bourses, les transactions effectuées au sein du *dark pool* ne sont pas rendues publiques immédiatement, mais sont dévoilées ultérieurement.

3. Les *dark pools* sont des plateformes de transaction créées et utilisées par les banques et les courtiers. En ayant recours à leurs plateformes pour exécuter leurs ordres ou ceux de leurs clients, ces institutions évitent les frais de transactions que l'exécution de leurs ordres sur les Bourses nationales aurait générés. Suite à cela, les *dark pools* sont devenus les premières plateformes de transaction où les banques et courtiers orientent leurs ordres.

Assurer la liquidité sur sa plateforme est le plus grand défi auquel un *dark pool* est confronté. Par liquidité, il est ici entendu la facilité avec laquelle un actif financier peut être acheté ou vendu. Pour assurer cette liquidité, certaines banques ont ouvert leur *dark pool* à leur département de trading confrontant ainsi directement les ordres placés pour compte propre avec les ordres des clients de la banque. Comme le souligne Aguilar (2015, p. 2) commissaire à la SEC, cette situation qui est source de conflits d'intérêts donna lieu à plusieurs affaires judiciaires¹⁴. Alors qu'initialement les *dark pools* se développèrent grâce au besoin de protection des ordres volumineux des investisseurs institutionnels, aujourd'hui certains *dark pools* ont ouvert leur

¹⁴ Le gestionnaire d'un *dark pool* fut condamné par la SEC pour avoir fourni un avantage informationnel à ses traders agissant pour son compte sur son propre *dark pool*.

plateforme de transaction aux traders à haute fréquence pour assurer l'exécution de ces ordres.

1.1.4 : Abandon de la règle 390 du NYSE

La règle 390 du NYSE stipulait que tout ordre sur les actions cotées au NYSE devait être passé par l'intermédiaire d'un de ses spécialistes¹⁵ physiquement présent sur le parquet. (Lelièvre & Pilet, 2013, pp. 209-210). Or, dans son discours prononcé le 23 septembre 1999 à la Columbia Law School, Arthur Levitt, à l'époque président de la SEC expliqua que « d'une manière ou d'une autre, la règle 390 ne devrait pas faire partie de notre futur » (cité dans Arnuk & Saluzzi, 2012, p. 71). Par conséquent, le 5 mai 2000, sous la pression de la SEC désireuse d'instaurer les transactions électroniques sur l'ensemble des Bourses et de favoriser la concurrence entre elles, le NYSE accepta d'abandonner sa règle 390. Après l'abandon de celle-ci, les investisseurs intervenant sur le NYSE pouvaient, comme sur le Nasdaq, passer leurs ordres par transactions électroniques sans avoir l'obligation de recourir à l'intermédiaire d'un spécialiste susceptible de ralentir la vitesse d'exécution de leurs ordres. Or, comme le démontrera notre analyse des stratégies utilisées par les traders à haute fréquence, la vitesse d'exécution des ordres est un élément essentiel.

1.1.5 : Décimalisation

En 2001, la décimalisation des cours de bourse imposée par la SEC contribua également à l'essor des stratégies basées sur le trading à haute fréquence (Gayraud, 2014, p. 156). En avril 2001, la SEC ordonna à l'ensemble des Bourses américaines et autres ATS d'adopter la décimalisation des prix des actions, remplaçant ainsi l'ancien système de fraction (Arnuk & Saluzzi, 2012, pp. 72-73). Concrètement, avant 2001, le

¹⁵ Les spécialistes étaient des membres du NYSE physiquement présents sur le parquet de la bourse et dont les rôles étaient d'une part de faire se rencontrer les ordres d'achat avec les ordres de vente, et d'autre part d'assurer la liquidité d'un ou plusieurs titres spécifiques. Les spécialistes du NYSE étaient des teneurs de marché.

12.

pas de cotation¹⁶ était exprimé en seizième de dollar, soit \$0,0625. Après l'adoption de la décimalisation, le pas de cotation devint égal à \$0,01. L'adoption de la décimalisation eut des conséquences tant pour les investisseurs que pour les teneurs de marché¹⁷. Pour les teneurs de marché, passant de \$0,0625 à \$0,01, le *spread* minimum qu'ils pouvaient percevoir diminua sensiblement leurs revenus, obligeant nombre d'entre eux à cesser leurs activités. Quelques années plus tard, certaines firmes de trading à haute fréquence, armées de leurs algorithmes, reprurent leurs activités. À l'inverse, pour les investisseurs, la diminution du *spread* eut un effet positif en diminuant les frais de transactions (McGowan, 2010, pp. 6-7). Comme nous le verrons en seconde partie, la décimalisation des prix des actions a mené à une augmentation de la fréquence de changement de ces prix (Narang, 2013, p. 287), ce qui contribua au développement de nombreuses stratégies utilisées par les firmes de trading à haute fréquence.

1.1.6 : Regulation National Market System

En 2004, la SEC adopta une série de mesures supplémentaires visant à réorganiser le système du marché des actions aux États-Unis déjà régulé par la Section 11A du Securities Exchange Act de 1934. Appelée Regulation National Market System (Regulation NMS), celle-ci entra officiellement en vigueur en octobre 2007. « La *Regulation NMS* comporte des nouvelles règles visant à moderniser et renforcer la structure réglementaire du marché des actions américain » (SEC, 2004, p. 1). Ces nouvelles règles majeures sont au nombre de quatre.

- 1. Access Rule (Rule 610)** : l'objectif de cette règle est de moderniser les conditions d'accès aux cotations des titres et l'exécution des ordres sur le marché national. Par son intermédiaire, la SEC souhaitait garantir un accès

¹⁶ Le pas de cotation, appelé tick en anglais, est l'écart minimum de cotation admis entre deux cours consécutifs d'un même titre.

¹⁷ Le teneur de marché est un intermédiaire présent sur les marchés financiers pour assurer la cotation continue d'un titre, c'est-à-dire fournir en continu un prix d'achat et un prix de vente pour ce titre. En reliant acheteurs et vendeurs, le teneur de marché assure la liquidité de ce titre. *Cfr.* partie II – chapitre 1.

équitable et non-discriminatoire aux cotations (Arnuk & Saluzzi, 2012, p. 78).

2. **Sub-Penny Rule** (Rule 612) : à l'exception des titres dont le prix est inférieur à \$1, cette règle vise à interdire aux acteurs du marché d'accepter l'affichage d'ordres, de cotations ou de toute indication d'un intérêt quelconque dans une variation du prix inférieure au pas de cotation équivalent à \$0,01 (SEC, 2004, p. 1).
3. **Market Data Rules** : cet ensemble de règles vise à mettre à jour les exigences requises pour la consolidation, la distribution et l'affichage des données relatives au marché. Il modifie également la formule répartissant les revenus générés par la distribution des données de marché (Arnuk & Saluzzi, 2012, p. 78).
4. **Order Protection Rule** (Rule 611) : cette règle fait appel à la notion de meilleure exécution possible des ordres en utilisant le prix de la transaction comme mesure de celle-ci (Nille & Colmant, 2014, p. 77). Concrètement, un ordre¹⁸ ne peut être exécuté sur une Bourse s'il est possible que ce même ordre soit exécuté sur une autre Bourse à un prix plus avantageux pour l'investisseur. Pour cela, chaque Bourse nationale adopte des règles et procédures nécessaires pour éviter l'exécution sur sa plateforme d'un ordre à un prix différent du meilleur prix disponible sur l'ensemble des Bourses nationales (Arnuk & Saluzzi, 2012, p. 77). Le meilleur prix disponible, toutes Bourses confondues, est appelé le *National Best Bid and Offer*¹⁹. Pour une transaction d'achat d'un titre, le *NBBO* est le prix le plus bas auquel l'investisseur peut acquérir ce titre. A l'inverse, pour une transaction de vente, le *NBBO* est le prix le plus élevé auquel l'investisseur

¹⁸ Dans le cas présent, il est fait référence à un ordre au prix du marché. La SEC (2011) décrit ce type d'ordre comme étant un ordre pour acheter ou vendre un titre au meilleur prix disponible.

¹⁹ Le National Best Bid and Offer (NBBO) décrit le meilleur prix national auquel une action peut être achetée ou le meilleur prix national auquel une action peut-être vendue.

14.

peut vendre ses titres. L'*Order Protection Rule* vise donc à protéger les investisseurs en empêchant toute transaction à un prix différent du *NBBO*.

De moindre importance que les quatre articles mentionnés ci-dessus, l'article 603(b) de la *Regulation NMS* requiert que les Bourses nationales et la *Financial Industry Regulatory Authority*²⁰ agissent conjointement pour regrouper et diffuser sur le marché les informations relatives aux actions américaines. Ces informations telles que le *NBBO*, les volumes de transaction, ou encore la référence d'une action²¹ sont diffusées par le *Securities Information Processor*²² (SEC & CFTC, 2010b, p. 76).

Pour la diffusion du *NBBO*, chacune des Bourses nationales entre dans le SIP les ordres avec le meilleur prix d'achat ou le meilleur prix de vente dont elle dispose pour un titre. Une fois les données collectées sur l'ensemble des Bourses nationales, le système calcule le *NBBO* qui sera ensuite rediffusé à ces Bourses. Cependant, la *Regulation NMS* comportait une faille. En effet, elle ne précisait pas à quelle vitesse le *SIP* devait calculer le *NBBO* (Lewis, 2016, p. 123). La technologie utilisée pour collecter les ordres et calculer le *NBBO* était trop lente. Sachant cela, les firmes de trading à haute fréquence ont mis au point leur propre *SIP* en exploitant le *Proprietary Data Feed* de chacune des Bourses nationales. Ce *Proprietary Data Feed* est un flux de données vendu par les Bourses nationales à leurs clients et contenant les mêmes données que celles envoyées au *SIP* (SEC & CFTC, 2010b, p. 77). A l'aide d'une technologie plus rapide que celle utilisée par le *SIP*, les firmes de trading à haute fréquence rassemblent l'ensemble des données reçues de chacune des Bourses nationales et obtiennent ainsi plus rapidement toutes les données, dont le *NBBO*, contenues dans le *SIP* (Narang, 2013, p. 254). Disposer du *NBBO* avant les autres acteurs du marché permet aux firmes de trading à haute fréquence de profiter

²⁰ Financial Industry Regulatory Authority. La mission de FINRA est de protéger les investisseurs et d'assurer l'intégrité des marchés financiers américains.

²¹ La référence d'une action peut se faire soit par son code ISIN (International Securities Identification Numbering) soit par le code mnémonique ou ticker en anglais. Ce code est une série de caractères, souvent considérée comme une abréviation / acronyme, qui représente une action (Euronext, 2016).

²² Le *Securities Information Processor* (SIP) relie chacune des Bourses américaines où sont échangées des actions et consolide les prix d'achat et les prix de vente afin de déterminer le *NBBO*.

d'éventuelles opportunités d'arbitrage²³ (Ding, Hanna & Hendershott, 2014, p. 315) au détriment des autres acteurs du marché.

La figure 1 schématise le processus expliqué ci-dessus. Le *NBBO** représente le *NBBO* calculé par les firmes de trading à haute fréquence alors que le *NBBO* est celui calculé par l'intermédiaire du *SIP*. Le schéma suivant montre que le *NBBO** est obtenu δ millisecondes avant le *NBBO* officiel. Comme nous le démontrerons par la suite, cet écart temporel sert de base à certaines stratégies basées sur le trading à haute fréquence.

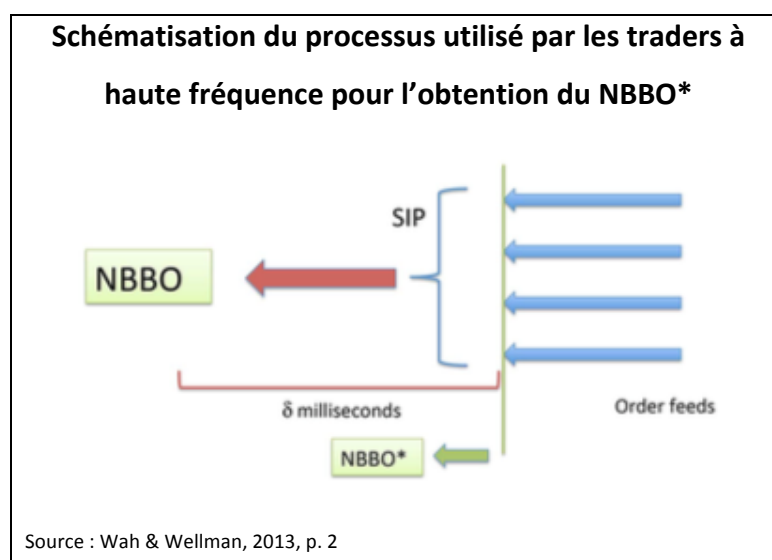


Figure 1

La *Regulation NMS* avait pour but d'assurer une égalité des chances sur le marché boursier américain. En lieu de quoi, elle institutionnalisa un mécanisme discriminatoire qui était bien plus pervers. Une petite catégorie d'initiés²⁴, ayant les moyens de doper la vitesse des

²³ Une étude de Ding, Hanna & Hendershott (2014, pp. 315-316) démontra que sur la journée du 9 mai 2012, le *NBBO* de l'action Apple diffusé par les *SIP* différa à 55000 reprises du *NBBO* calculé par les traders à haute fréquence.

²⁴ Les firmes de trading à haute fréquence disposant de la technologie nécessaire pour calculer le *NBBO* plus rapidement.

opérations boursières, était désormais autorisée à voir le marché en avant-première. (Lewis, 2016, p. 98).

De plus, comme le précise Chlistalla, Speyer, Kaiser et Mayer (2011, p. 2), la *Regulation NMS*, en plus d'encourager la concurrence entre les ordres, encouragea également la concurrence entre les plateformes de transaction sur actions. La *Regulation NMS* déclencha donc la fragmentation du marché des actions américain.

1.1.7 : Fragmentation du marché des actions américain

Par fragmentation du marché des actions, il est fait référence à l'accroissement du nombre de plateformes de transaction²⁵ sur lesquelles les actions peuvent être échangées. Plus le nombre de ces plateformes est important, plus le marché est dit « fragmenté ». La *Regulation NMS* encouragea le développement de la concurrence entre les différentes plateformes de transactions et par conséquent, la fragmentation du marché des actions américain. Cette concurrence est bénéfique aux investisseurs grâce à une diminution des frais de transactions et à une amélioration des services de trading proposés à ces investisseurs. Toutefois, passé un certain degré de fragmentation, cette concurrence peut devenir nuisible aux investisseurs notamment en affectant l'efficacité avec laquelle les ordres sont exécutés ou encore en réduisant la possibilité pour les investisseurs d'interagir entre eux (SEC, 2013, pp. 6-7).

La figure 2 montre la répartition des parts de marché des transactions sur actions en septembre 2009. On peut observer que les actions ne sont plus majoritairement échangées sur le NYSE ou le Nasdaq, mais sur différentes plateformes de transactions telles que les *dark pools*, les ECN ou encore via le processus d'internalisation des *broker-dealers* (SEC, 2010c, p. 14).

²⁵ Par plateforme de transaction, il est ici fait référence à l'ensemble des Bourses nationales, ECN et autres *dark pools* sur lesquels les actions peuvent être échangées.

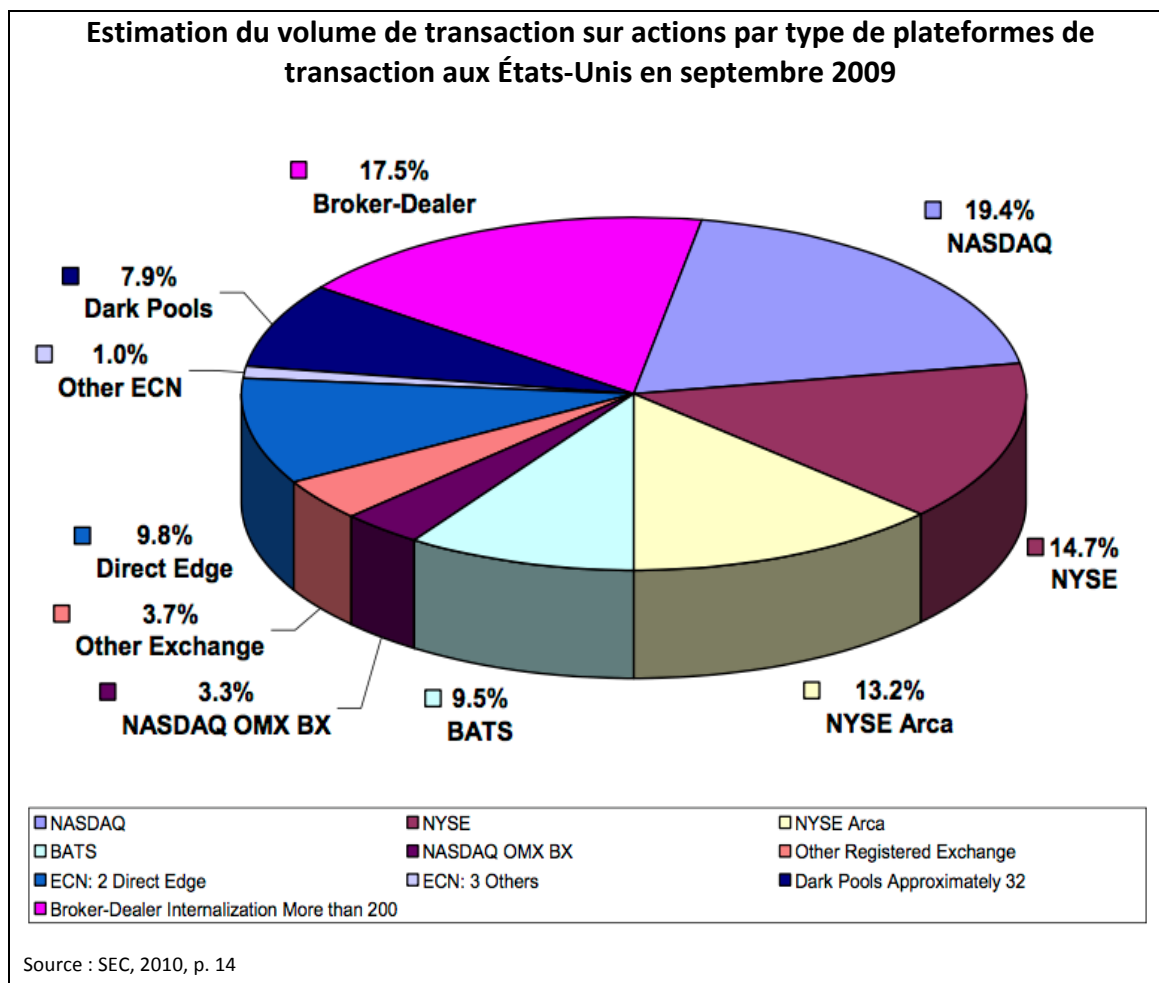


Figure 2

La fragmentation du marché des actions américain est favorable aux traders à haute fréquence appliquant des stratégies d'arbitrage. En effet, comme les mêmes actions sont échangées sur plusieurs plateformes de transaction simultanément, il existe une plus forte probabilité que les prix de ces actions diffèrent légèrement. Grâce à leur rapidité, les traders à haute fréquence sont capables de détecter ces différences de prix et d'utiliser celles-ci à leur profit (Hoste, 2015, p. 12).

Chapitre 2 : Définition du trading à haute fréquence

Après avoir présenté les événements historiques et les diverses réglementations qui ont mené à l'essor du trading à haute fréquence sur le marché des actions américain, notre analyse abordera maintenant le trading à haute fréquence comme système de

18.

trading utilisé par différents acteurs tels que les hedge funds, les banques d'investissement ou les teneurs de marché (Rijper, Sprenkeler & Kip, 2011, p. 3).

Avant de poursuivre notre analyse, il est toutefois nécessaire de situer le trading à haute fréquence parmi les différents systèmes de trading existants.

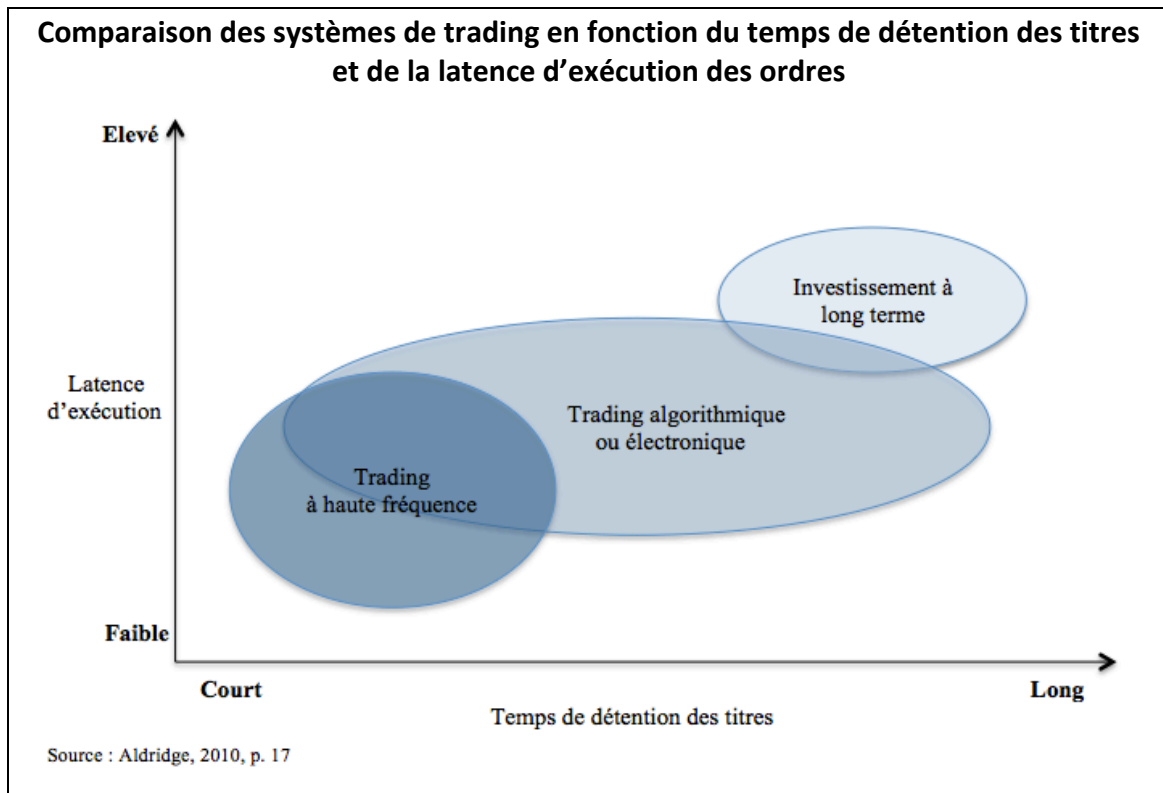


Figure 3

La figure 3 présente les différents systèmes de trading utilisés par les acteurs du marché en fonction du temps de détention des titres et de la latence d'exécution des ordres (Aldridge 2010, p. 17).

- Les investissements à long terme sont caractérisés par un long temps de détention des titres et une latence d'exécution des ordres élevée. Cela est dû au fait que pour les investissements à long terme, la fréquence à laquelle les investisseurs exécutent leurs ordres sur le marché ne requiert pas la mise en place d'une technologie de pointe coûteuse à l'instar du trading algorithmique ou du trading à haute fréquence.

- Le trading électronique fait référence à la capacité de transmettre électroniquement des ordres au marché (Aldridge, 2013, p. 10). Tout comme le trading algorithmique, il est caractérisé par une latence d'exécution et une détention des titres moyenne.
- Le trading algorithmique, tout comme le trading électronique, est de nature différente des investissements à long terme. Il est également caractérisé par une latence d'exécution des ordres et une détention des titres moyenne. A la différence du trading électronique, le trading algorithmique fait appel à des algorithmes informatiques pour optimiser l'exécution des ordres et l'implémentation des stratégies d'investissement. Ces deux systèmes de trading sont les plus répandus parmi les divers acteurs du marché.
- Le trading à haute fréquence est quant à lui caractérisé par un temps de détention des titres très court et une faible latence d'exécution des ordres. Comme expliqué ci-dessous, le trading à haute fréquence n'est pas le système de trading le plus répandu parmi les acteurs du marché car il nécessite d'importants et coûteux investissements technologiques.

Dans notre tentative de définir le trading à haute fréquence, l'analyse des investissements à long terme et du trading électronique ne nous semble pas pertinente. Dès lors, nous focaliserons notre étude sur le trading algorithmique et le trading à haute fréquence lui-même.

1.2.1 : Trading algorithmique

Existant depuis la fin des années 90, la littérature académique regorge de définitions²⁶ du trading algorithmique. Toutefois, avant de le définir et de l'analyser, il

²⁶ Cfr. Annexe 2

20.

est nécessaire de préciser le terme « algorithme ». En effet, les algorithmes représentent l'élément clé du trading algorithmique. Ainsi, Jorion définit les algorithmes informatiques comme étant « des instructions écrites sous forme de code informatique dans un langage de programmation. Ce sont des ordres, des commandements, des instructions qui sont donnés à l'ordinateur » (cité dans Lucet, 2012). Quant à Rosenbaum, il les définit comme étant simplement :

Un programme informatique qui va essayer de réaliser au mieux une transaction en vue de la demande d'un client. L'algorithme fait la même chose que l'être humain sauf qu'il a une capacité d'intégration du contexte de marché et une capacité d'intégration du capital donné beaucoup plus rapide que l'homme. (cité dans Lucet, 2012)

Selon un rapport d'ASIC (2010) il existe trois types d'algorithmes (cité dans Chlistalla, Speyer, Kaiser, & Mayer, 2011, p. 7) : des algorithmes destinés à l'implémentation de stratégies prédéfinies, des algorithmes destinés à optimiser l'exécution des ordres et des algorithmes furtifs.

Concrètement, les algorithmes destinés à l'implémentation d'une stratégie prédéfinie ont la capacité d'agir sur un plus grand nombre de marchés, plus rapidement et plus efficacement qu'un être humain (Rosov, 2015, p. 6). Pour implémenter une stratégie prédéfinie, ces algorithmes analysent en temps réel les données du marché. Ces données peuvent être spécifiques à un titre ou être d'ordre macroéconomique (McGowan, 2010, pp. 2-3). Après analyse de ces données, les algorithmes formulent un signal de trading qui sera exécuté par un algorithme d'exécution. Selon le rapport d'ASIC (2010), ces signaux de trading peuvent par exemple impliquer la découverte d'opportunités d'arbitrage ou un rééquilibrage automatique d'un portefeuille d'actions lorsque certains niveaux d'exposition aux risques pré-spécifiés sont dépassés (Cité dans Chlistalla et al., 2011, p. 7). Comme l'explique Rijper, Sprenkeler et Kip (2011, p. 4), les algorithmes de ce type doivent

donc posséder la capacité d'analyser n'importe quelle situation de marché et de prendre la meilleure décision d'investissement conformément à cette situation.

Selon Aldridge, (2013, p. 11), les algorithmes destinés à optimiser l'exécution des ordres le font en déterminant trois éléments :

1. La meilleure façon d'orienter un ordre jusqu'à la plateforme d'échange.
2. Le moment optimal pour exécuter un ordre si celui-ci ne doit pas être exécuté immédiatement.
3. La meilleure façon de découper un ordre pour limiter son impact sur le marché.

Ces algorithmes sont donc conçus pour minimiser l'impact sur le prix d'un titre lorsqu'un ordre volumineux doit être exécuté sur ce titre. Ils opèrent en divisant l'ordre volumineux en une multitude d'ordres de moindre importance qu'ils exécutent sur une période plus longue.

A titre d'exemple, comme l'explique Lewis (2013, p. 75), si un fonds de pension émet un ordre d'achat pour 1 million d'actions IBM, compte tenu du nombre de titres disponibles à la négociation et à offre inchangée, le risque que le prix de l'action augmente est important. Cela aurait pour conséquence de rendre l'investissement du fonds de pension plus onéreux. Pour éviter cela, le fonds va optimiser l'exécution de son ordre par l'intermédiaire d'un algorithme. Celui-ci va analyser les ordres de vente sur chacune des plateformes de transaction et déterminer la meilleure manière d'exécuter l'ordre. Il scindera par exemple l'ordre en mille ordres de mille actions qu'il exécutera tout au long de la journée. En optimisant l'exécution de l'ordre, l'algorithme diminue l'impact de celui-ci sur le prix de l'action et rend donc l'investissement pour le fonds de pension moins onéreux.

Selon le rapport d'ASIC (2010), les algorithmes du troisième type sont des algorithmes dits furtifs. Ils sont conçus pour prendre avantage d'une variation du prix d'un titre engendrée par l'exécution d'un ordre volumineux sur ce titre. Ils ont

également la capacité de détecter et d'analyser les stratégies des algorithmes concurrents afin de les utiliser à leur avantage (Cité dans Chlistalla et al., 2011, p. 7).

Maintenant que le terme « algorithme » a été précisé, il nous est plus facile de définir le trading algorithmique. Bien qu'il existe de très nombreuses définitions²⁷, celle d'Hendershott & Riordan semble en contenir les éléments essentiels. Ils le définissent comme étant « l'utilisation d'algorithmes informatiques pour réaliser automatiquement des opérations boursières, exécuter des ordres et gérer ces ordres » (cité dans Brogaard, 2010, p. 3). Pour Jarnecic, Elvis, Snape et Mark, « le trading algorithmique est l'utilisation d'algorithmes informatiques pour exécuter des décisions de trading générées par des humains, et conçus spécifiquement pour minimiser l'impact sur le prix » (cité dans Gomber, Arndt, Lutat & Uhle, 2011, p. 74).

Enfin, dans leurs recherches d'une définition correcte du trading algorithmique, Gomber, Arndt, Lutat et Uhle (2011, p. 14) ont mis en avant les différentes caractéristiques propres au trading algorithmique reprises ci-dessous dans le tableau 1 :

Caractéristiques propres au trading algorithmique
1. Trading pour des clients
2. Minimiser l'impact des ordres volumineux sur le marché
3. Le but est d'atteindre un impact sur le marché inférieur à un niveau prédéfini
4. Période de détention des titres: jours/semaines/mois
5. Gestion des ordres en fonction du temps et à travers différentes plateformes
Source : (Gomber et al., 2011, p. 14)

Tableau 1

Du fait de leur complexité, beaucoup d'acteurs de marché rencontrent des difficultés dans le développement de tels algorithmes. Toutefois, il fut estimé en 2013

²⁷ Cfr. Annexe 3

que 75% des institutions financières et 95% des traders font appel au trading algorithmique (Gayraud, 2014, p. 157).

1.2.2 : Trading à haute fréquence

Comme le souligne Aldridge (2013, pp. 13-15), étant donné la diversité des acteurs et des stratégies basées sur ce système de trading, il est relativement difficile d'établir une définition exhaustive du trading à haute fréquence. Toutefois, le Technology Subcommittee de la CFTC a défini le trading à haute fréquence en juin 2012 comme étant :

Une forme de trading automatisé utilisant :

- des algorithmes pour la prise de décision, l'initiation, la production, l'orientation ou encore l'exécution d'ordres, sans intervention humaine
- une technologie à faible temps de latence conçue pour minimiser le délai de réponse des ordres en incluant la colocation et la proximité physique
- une connexion à haut débit avec le marché pour l'exécution des ordres
- un taux élevé de messages²⁸ (ordres, cotations et annulation).

(cité dans Aldridge, pp. 13-14).

Selon Brogaard (2010, p.1), le trading à haute fréquence se définit comme étant « un type de stratégie d'investissement qui tente de réaliser des profits en achetant et vendant rapidement des actions, avec une période de détention des titres exprimée en millisecondes²⁹. » Quant à Rijper et al. (2010, p. 3), ils définissent le trading à haute

²⁸ Un message est un langage formaté interprétant une instruction précise.

²⁹ 1 milliseconde = 0,001 seconde ; 1 microseconde = 0,000001 seconde ; 1 nanoseconde = 0,000000001 seconde.

24.

fréquence comme étant « l'exécution de stratégies de trading basées sur des programmes ou algorithmes informatiques pour capturer des opportunités de trading qui sont minimales ou qui n'existent que pendant un très court instant. »

Comme spécifié dans cette dernière définition, le trading à haute fréquence se réalise par l'intermédiaire d'algorithmes informatiques propres au trading algorithmique. Le trading à haute fréquence constitue donc un sous-ensemble du trading algorithmique (Aldridge, 2013, p. 13 ; Brogaard, 2010, p. 3 ; Kaya, 2016, p. 2)

Dans leur étude sur le trading à haute fréquence, Gomber et al. (2011, p. 16) ont d'ailleurs mis en avant les caractéristiques communes au trading algorithmique et au trading à haute fréquence reprises dans le tableau 2 ci-dessous :

Caractéristiques communes au trading algorithmique et au trading à haute fréquence
1. Stratégies de trading préconçues
2. Utilisés par des traders professionnels
3. Observation des données du marché en temps réel
4. Envoi automatique des ordres
5. Gestion automatique des ordres
6. Absence d'intervention humaine
7. Utilisation d'un accès direct au marché
Source : (Gomber et al., 2011, p. 16)

Tableau 2

Le trading algorithmique et le trading à haute fréquence sont similaires dans le sens où ils font tous deux appel à une technologie basée sur des algorithmes informatiques pour l'implémentation de stratégies prédéfinies et l'exécution d'ordres. Cependant, comme le souligne Brogaard (2010, p. 3), ils diffèrent sur plusieurs points. Les traders utilisant le trading algorithmique peuvent avoir une période de détention des titres allant de la minute jusqu'au mois. De leur côté, les traders à haute fréquence sont caractérisés par une période de détention beaucoup plus réduite, allant de quelques millisecondes à une journée entière. Les traders à haute fréquence ont

d'ailleurs pour caractéristique de clôturer une journée de trading sans position. Néanmoins, cette dernière caractéristique n'est pas la seule caractéristique distinctive du trading à haute fréquence. Ainsi, dans leurs recherches d'une définition du trading à haute fréquence, Gomber et al. (2011, p. 15) ont mis en avant les différentes caractéristiques propres au trading à haute fréquence reprises dans le tableau 3 :

Caractéristiques propres au trading à haute fréquence
1. Nombre élevé d'ordres
2. Annulation rapide des ordres
3. Trading pour compte propre
4. Profit en tant que teneur de marché
5. Absence de position significative en fin de journée
6. Période de détention des titres très courte
7. Faible marge bénéficiaire par opération
8. Temps d'exécution des ordres très court
9. Utilisation des services de colocation, de proximité physique, et du Proprietary Data Feed
10. Focalisation sur les titres très liquides.
Source : (Gomber et al., 2011, p. 15)

Tableau 3

Les caractéristiques les plus importantes du trading à haute fréquence font l'objet d'une analyse approfondie au chapitre suivant.

Chapitre 3 : Caractéristiques du trading à haute fréquence

Après avoir défini le trading à haute fréquence et sommairement évoqué ses différentes caractéristiques, nous allons désormais étudier les plus importantes d'entre elles. En 2014, la SEC émet une liste comprenant les cinq caractéristiques du trading à haute fréquence (SEC, 2014, p.4). Chacune de ces cinq caractéristiques sera analysée dans une des sections suivantes :

1.3.1 : Algorithmes informatiques

La SEC (2014, p. 4) stipule que le trading à haute fréquence est caractérisé par l'utilisation d'algorithmes informatiques ultra rapides destinés à générer, orienter et exécuter des ordres. Cette caractéristique, comme nous l'avons vu, est également valable pour le trading algorithmique. Les algorithmes informatiques utilisés dans le trading à haute fréquence et dans le trading algorithmique ayant déjà fait l'objet d'une analyse approfondie dans la section 2 du chapitre précédent, nous ne réitérerons pas une telle analyse dans cette section.

1.3.2 : Colocation

Afin de disposer des données du marché plus rapidement que d'autres, de nombreuses firmes de trading à haute fréquence font appel à la colocation. Concrètement, la colocation revient, pour une firme de trading à haute fréquence, à placer ses serveurs informatiques à l'intérieur même de la Bourse, à proximité des serveurs informatiques de celle-ci. Comme l'explique Narang (2013, p. 253), lorsque les serveurs de la firme de trading à haute fréquence sont reliés à ceux de la Bourse, au sein du même bâtiment, les serveurs sont dits *cross-connected*. A l'inverse, lorsqu'une firme de trading à haute fréquence ne désire pas payer le loyer mensuel pour placer ses serveurs à l'intérieur même du bâtiment, elle peut décider de les placer dans un autre bâtiment à proximité de celui de la Bourse. Cette pratique est connue comme étant du *proximity housing*.

La colocation engendre une accélération de la transmission des données (Nille & Colmant, 2014, p. 82) et une exécution des ordres plus rapide. En permettant de recevoir les données de marché quelques microsecondes avant les autres acteurs du marché, la colocation est d'une importance capitale pour les firmes de trading à haute fréquence (Kaya, 2016, p. 3). En effet, comme le démontrera l'analyse des stratégies des traders à haute fréquence, l'avantage temporel que confère la colocation est un des éléments clés.

1.3.3 : Courte durée de détention des titres

Le 8 juillet 2014, lors d'une session du *Banking, Housing and Urban Affairs Committee* du Sénat Américain, la sénatrice du Massachusetts, Elizabeth Warren, révéla que les firmes de trading à haute fréquence détiennent leurs titres en moyenne moins d'une minute (cité dans Lucet, 2012). Toutefois, comme nous le démontrera l'analyse des différentes stratégies basées sur le trading à haute fréquence³⁰, la période de détention des titres est fonction de la stratégie utilisée. Ainsi, une firme de trading à haute fréquence peut détenir des titres pendant une période allant de quelques millisecondes à une journée entière.

1.3.4 : Emission d'un grand nombre d'ordres rapidement annulés

Cette caractéristique propre au trading à haute fréquence, émane de l'une des pratiques controversées des traders à haute fréquence. Baptisée *quote stuffing* celle-ci vise à envoyer un nombre important d'ordres sur un titre avant de rapidement les annuler. En ayant recours à cette pratique, le trader à haute fréquence ralentit les algorithmes concurrents qui doivent procéder à l'analyse de tous les ordres émis. Narang (2013, p. 287) considère que cette stratégie s'apparente à une manipulation de marché. De nombreux auteurs (Narang, 2013, p. 287 ; Rijper et al., 2010, p. 10 ; Rosov, 2015, p. 8) considèrent également que cette pratique apporte une fausse liquidité sur le marché et trompe ainsi les différents acteurs du marché.

1.3.5 : Absence de positions de trading durant la nuit

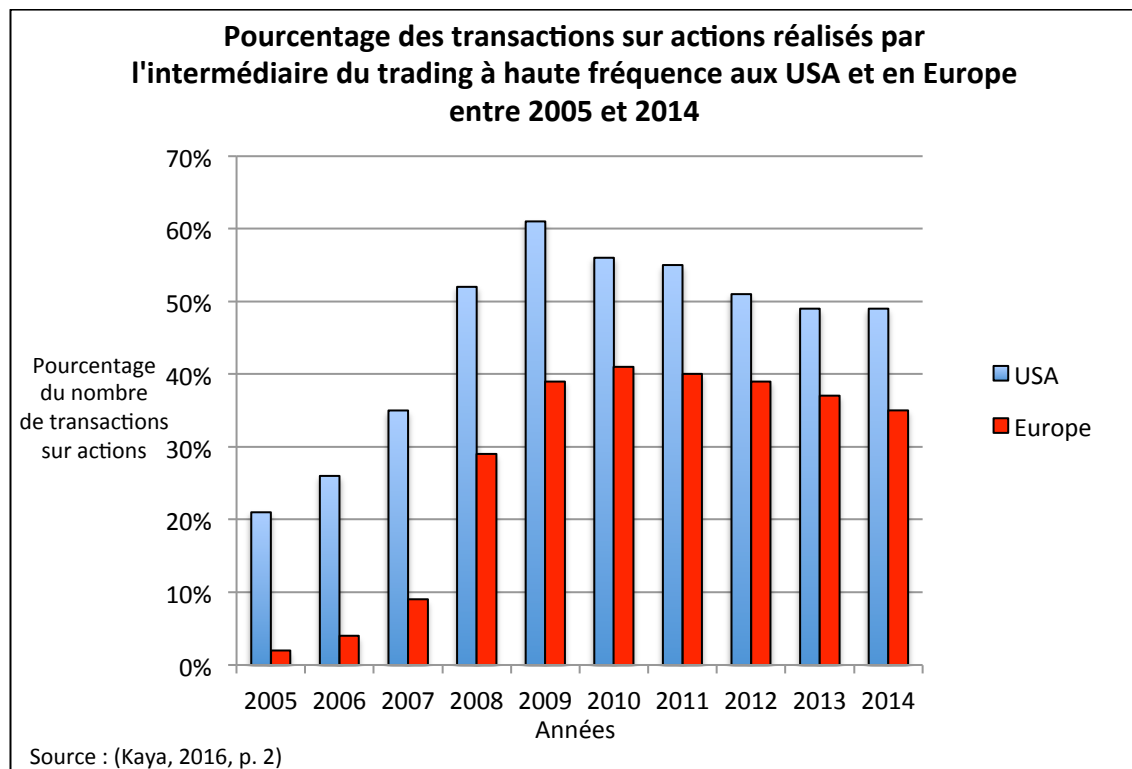
Comme le souligne Narang (2013, p. 239), hormis les données macroéconomiques, la majorité des informations relatives aux sociétés cotées sont publiées soit avant l'ouverture ou soit après la fermeture de la Bourse. De ce fait, lorsque la Bourse est fermée, tout trader à haute fréquence ayant en portefeuille une action sujette à la publication d'une information impactant négativement le cours de

³⁰ Cfr. Partie II

celle-ci est exposé à une perte latente. Afin d'éviter d'être confronté à ce type de perte latente les traders à haute fréquence clôturent systématiquement leurs positions de trading en fin de journée. Ils évitent ainsi ce qu'on appelle l'*overnight risk*.

Chapitre 4 : Evolution du trading à haute fréquence

L'évolution du trading à haute fréquence se divise en deux phases selon Kaya (2016, p. 2). Une phase pré-crise³¹ et une phase post-crise. Ainsi, comme le montre le graphique 2, en 2005 aux Etats-Unis, 21% des transactions effectuées sur des actions étaient réalisés par des traders à haute fréquence. Ce pourcentage culmina à 61% en 2009. Suite à la crise de 2008, ce chiffre retomba pour se stabiliser aux alentours de 50% en 2013 et 2014.



Graphique 2

En Europe, l'évolution est différente. Le trading à haute fréquence est quasi inexistant avant la crise des *subprimes* en 2008. En effet, en 2007, seuls 9% des

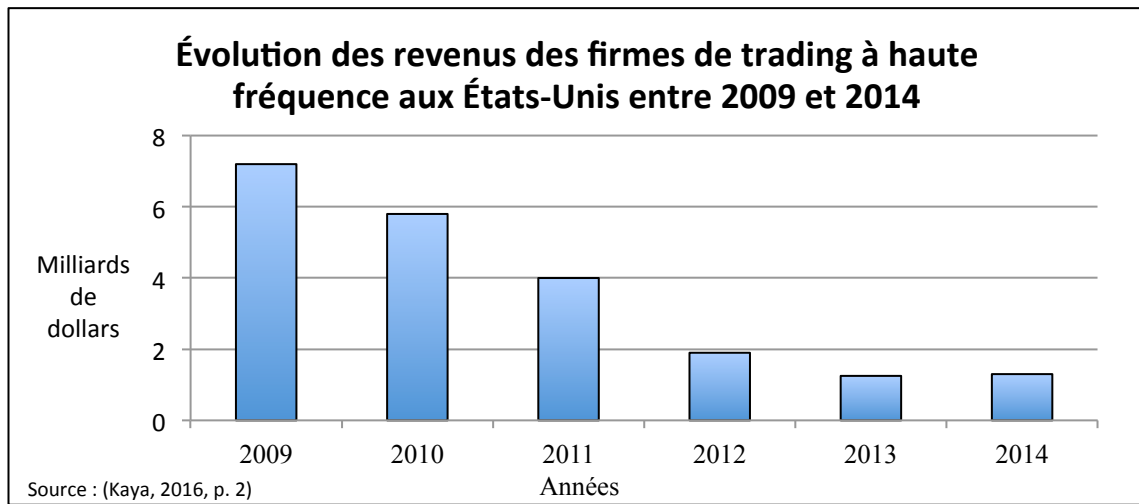
³¹ Il est ici fait référence à la crise des *subprimes* de 2007-2008.

transactions sur actions sont réalisés par l'intermédiaire du trading à haute fréquence. Ce pourcentage augmenta à 29% en 2008, pour culminer à 41% en 2010. Depuis, la tendance s'est inversée pour atteindre 35% en 2014.

Selon Kaya (2016, pp. 2-3), tant en Europe qu'aux Etats-Unis, plusieurs facteurs expliquent le déclin des transactions sur actions réalisées par l'intermédiaire du trading à haute fréquence.

- L'augmentation du nombre de *dark pools* dont certains limitent parfois la capacité des traders à haute fréquence à appliquer leurs stratégies aux ordres volumineux qui y sont exécutés.
- Les futures réglementations européennes et américaines visant à mieux encadrer les pratiques des firmes de trading à haute fréquence.
- La compétition impitoyable entre les firmes de trading à haute fréquence qui diminue la rentabilité de chacune d'entre elles.
- La diminution des revenus des firmes de trading à haute fréquence suite à un accroissement des frais liés aux infrastructures et services qu'elles utilisent. A titre d'exemple, entre 2010 et 2015, les Bourses nationales ont doublé ou triplé les tarifs de leurs services de colocation contribuant ainsi à cette diminution des revenus des firmes de trading à haute fréquence aux Etats-Unis. Ceux-ci sont passés de 7,2 milliards de dollars en 2009 à 1,3 milliards de dollar en 2014.

Le graphique 3 ci-dessous montre cette diminution des revenus des firmes de trading à haute fréquence aux Etats-Unis entre 2009 et 2014.



Graphique 3

Partie 2 : Stratégies des traders à haute fréquence

Comme expliqué précédemment, le trading à haute fréquence est un système de trading utilisé pour l'implémentation de diverses stratégies. Il ne constitue pas une stratégie en lui-même. La diversité ainsi que l'opacité des stratégies implémentées par le biais du trading à haute fréquence rendent l'analyse de l'ensemble de celles-ci complexe (Gomber et al., 2011, p. 24). C'est pourquoi notre étude se focalisera sur celles les plus couramment utilisées sur le marché des actions américain. Comme le suggère un rapport de la SEC, elles sont divisées en quatre catégories reprises dans la figure 4 (SEC, 2014, p. 7) :

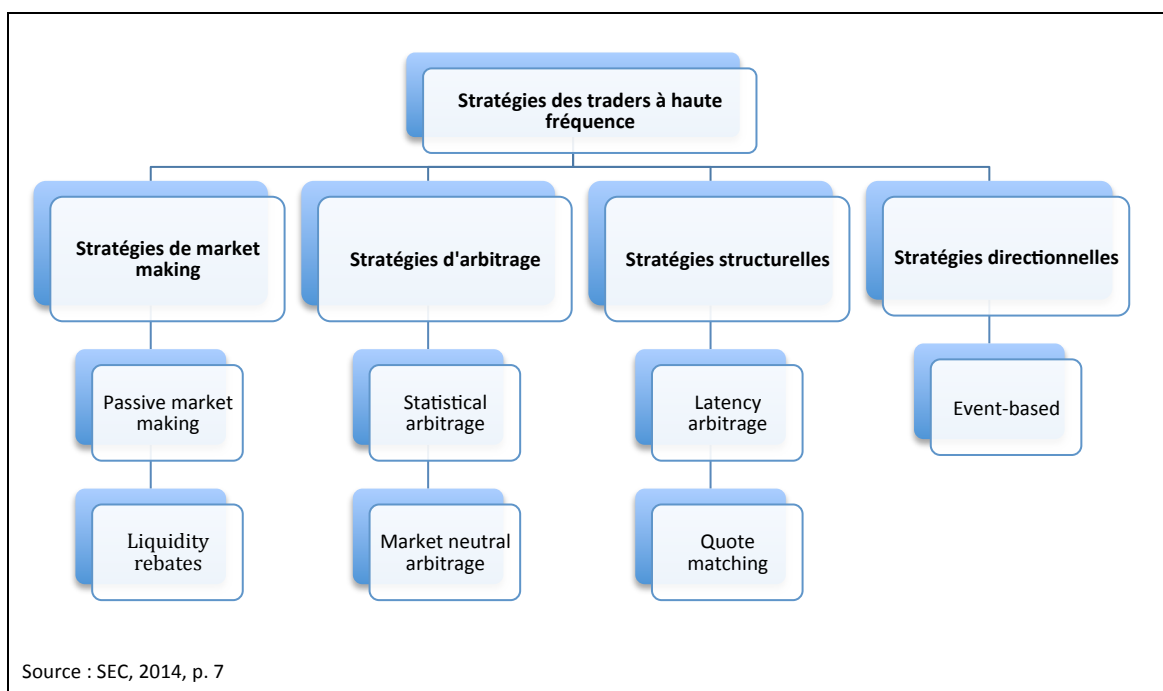


Figure 4

Cette classification des stratégies sert également de base pour classer les firmes de trading à haute fréquence entre elles. Chacune de ces catégories fera l'objet d'une analyse approfondie dans l'un des chapitres suivants.

Chapitre 1 : Stratégies de market making³²

Cette catégorie regroupe les stratégies des teneurs de marché les plus couramment implémentées à l'aide du trading à haute fréquence sur le marché des actions américain. La SEC décrit les teneurs de marché comme étant : « des entreprises qui sont prêtes à acheter et vendre un titre particulier sur une base régulière et continue à un prix coté en bourse. » (SEC, 2000). Il existe deux types de teneurs de marché. D'une part, des teneurs de marché qui sont contractuellement liés avec une Bourse et qui sont par conséquent attitrés à une ou plusieurs actions échangées sur cette Bourse. Ces teneurs de marché ont l'obligation de fournir continuellement une cotation à l'achat et à la vente pour l'action ou les actions dont ils sont les teneurs de marchés attitrés.

A titre d'exemple, les teneurs de marché officiels³³ du New York Stock Exchange sont les firmes suivantes :

1. Citadel Securities LLC
2. IMC Financial Markets
3. Virtu Financial Capital Markets LLC
4. Brendan E. Cryan & Co.
5. GTS Securities, LLC
6. J Streicher & Co. LLC

D'autre part, il existe des teneurs de marché qui ne sont pas contractuellement liés à une Bourse. Ils apportent de la liquidité sur une ou plusieurs actions sur base volontaire.

³² *Market making* est la terminologie anglophone pour déterminer l'activité des teneurs de marché.

³³ Citadel Securities LLC, IMC Financial Markets et Virtu Financial Capital Markets LLC sont trois acteurs majeurs dans le monde des firmes des trading à haute fréquence.

La firme Optiver³⁴, qui se présente elle-même comme un teneur de marché ayant recours au trading à haute fréquence pour l'exécution de ses ordres, décrit ainsi le rôle d'un teneur de marché attiré : il doit veiller à la cotation continue d'un titre en plaçant à la fois des ordres limites d'achat et des ordres limites de vente, assurant ainsi la liquidité du titre et l'exécution des ordres des investisseurs (Rijper et al., 2010, p. 5).

Dans leur rapport commun sur le *flash crash* du 6 mai 2010, la SEC et la CFTC (2010b, p. 37) classifient de teneur de marché traditionnel les firmes dont le *business model* est de saisir le *bid-ask spread* en plaçant systématiquement des ordres limites d'achat et de vente dits passifs. Cette stratégie appelée *Passive Market Making* fait l'objet d'une analyse approfondie dans la section suivante.

2.1.1 : Passive market making

Afin d'assurer la liquidité d'un titre, le teneur de marché va placer continuellement des ordres limites d'achat inférieurs au cours du marché et des ordres limites de vente à des cours supérieurs au cours du marché (McGowan, 2010, p. 11). Un ordre d'achat équivaut dans le chef du teneur de marché à un ordre de vente dans le chef de l'investisseur. A l'inverse, un ordre de vente dans le chef du teneur de marché équivaut à un ordre d'achat dans le chef de l'investisseur. Le caractère passif ou agressif d'un ordre détermine la proximité du cours auquel l'ordre doit être exécuté par rapport au cours du marché (Aldridge, 2013, p. 43). Comme le montre la figure 5, plus le cours d'un ordre limite d'achat est éloigné du cours du marché, plus cet ordre sera dit passif. Enfin, plus un ordre limite de vente est agressif, plus le cours spécifique auquel il doit être exécuté est proche du cours de marché. En plaçant des ordres limites passifs, les teneurs de marché assurent en profondeur la liquidité du carnet d'ordres.

³⁴ Optiver est une firme de trading à haute fréquence pour compte propre spécialisée dans les stratégies de *market making* sur plusieurs classes d'actifs financiers.

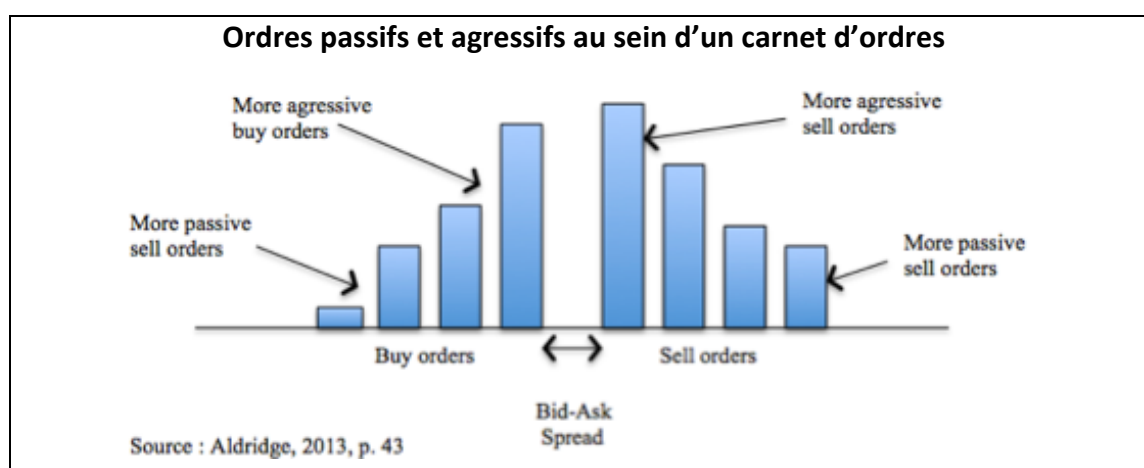


Figure 5

Les teneurs de marché dégageront un profit de leur activité grâce au *spread* (SEC, 2014, p. 7), c'est-à-dire la différence entre le prix d'achat d'un actif et le prix de vente de ce même actif.

Imaginons la situation suivante reprise dans le tableau 4³⁵ : au temps $t=1$, l'investisseur A passe un ordre de vente de 100 actions du titre XYZ au prix du marché. A ce moment précis, la demande pour ce titre n'est que de 20 actions au prix unitaire de \$100,90. Afin d'assurer la liquidité du titre, le teneur de marché officiel du titre XYZ place plusieurs ordres limites d'achat aux prix suivants : 100 actions du titre XYZ à \$100,89 ; 100 actions du titre XYZ au prix de \$100,88 ; 100 actions du titre XYZ à \$100,87. Dès lors, l'ordre de l'investisseur A sera exécuté comme suit : 20 actions sur les 100 seront vendues au prix du marché. Les 80 actions restantes seront vendues au teneur de marché au prix unitaire de \$100,89 devenu le nouveau prix du marché. Après exécution de son ordre, le teneur de marché possède désormais 80 actions du titre XYZ achetées au prix unitaire de \$100,89.

Investisseur A		Vend 20 XYZ à \$100,90 Vend 80 XYZ à \$100,89
Teneur de marché	Achète 80 XYZ à \$100,89	

Tableau 4

³⁵ Dans le but de faciliter la compréhension de cet exemple, il est fait l'hypothèse que le nombre d'actions vendues par l'investisseur A est égal au nombre d'actions achetées par l'investisseur B, omettant ainsi les risques auxquels sont généralement confrontés les teneurs de marché détenant un stock d'une action particulière. Il est également fait l'hypothèse d'une absence de variation du prix de cette action entre t_1 et t_2 .

Au temps $t=2$, comme le montre le tableau 5, l'investisseur B passe un ordre d'achat de 100 actions du titre XYZ au prix du marché qui est de \$101. A ce prix, l'offre sur le marché n'est que de 20 actions. Toujours afin d'assurer la liquidité du titre XYZ, le teneur de marché place plusieurs ordres limites de vente aux prix suivants : 100 actions du titre XYZ au prix unitaire de \$101,01 ; 100 actions du titre XYZ au prix unitaire de \$101,02 ; 100 actions du titre XYZ au prix unitaire de \$101,03. Dès lors, l'ordre de l'investisseur B sera exécuté comme suit : 20 actions du titre XYZ seront achetées au prix du marché égal à \$101. Les 80 actions restantes seront achetées au teneur de marché au prix unitaire de \$101,01.

Investisseur B	Achète 20 XYZ à \$101 Achète 80 XYZ à \$101,01	
Teneur de marché		Vend 80 XYZ à \$101,01

Tableau 5

En plus d'avoir respecté son obligation d'apporter de la liquidité pour le titre XYZ, le teneur de marché a réalisé un profit. En effet, au temps $t=1$, le teneur de marché a acheté 80 actions XYZ au prix unitaire de \$100,89. Au temps $t=2$, il les a revendues à l'investisseur B au prix unitaire de \$101,01. Le profit engendré par le teneur de marché est de :

$$(80 \times \$101,01) - (80 \times \$100,89) = \$8080,80 - 8071,20 = \$9,60$$

Les teneurs de marché ayant recours au trading à haute fréquence programment leurs algorithmes afin que ceux-ci génèrent automatiquement les ordres limites adéquats en fonction de l'évolution du prix du titre. Cette automatisation du processus permet aux teneurs de marché de reproduire une telle opération à haute fréquence, contribuant ainsi à la réalisation de larges profits (McGowan, 2010, p. 11)

2.1.2 : Liquidity rebates

Cette stratégie est basée sur le modèle « fournisseurs/preneurs de liquidité³⁶ » ; ce modèle établit que les Bourses ou autres *dark pools* paient une prime aux fournisseurs de liquidité et imposent des frais aux preneurs de liquidité (Arnuk & Saluzzi, 2012, pp 26-27 ; Lewis, 2013, p. 36).

En effet, plus un teneur de marché ou un investisseur apporte de la liquidité sur un titre notamment par le placement d'ordres limites, plus il renforce la confiance des autres investisseurs quant au fait de pouvoir exécuter des ordres volumineux sur ce même titre. A l'inverse, le placement d'ordres au prix du marché retire de la liquidité sur ce titre et est de ce fait pénalisé par les Bourses et *dark pools* via le chargement de frais (Vaananen, 2015, p. 200). A titre d'exemple, le NYSE paie les teneurs de marché à raison de \$0,13 à \$0,30 par lot de 100 actions placées en ordres limites (Aldridge, 2013, p. 198).

Cette stratégie vise donc pour les traders à haute fréquence à tirer profit des primes de liquidité ainsi attribuées. Par ailleurs, il est à noter que la prime de liquidité augmente aussi la concurrence entre les Bourses puisque celles-ci cherchent par son intermédiaire à augmenter leurs volumes de transactions.

Etrangement, certaines Bourses ou *dark pools* paient une prime lorsque des investisseurs retirent de la liquidité. Ainsi, la Bourse BATS paie une prime aux preneurs de liquidité et charge les fournisseurs de liquidité. Cela s'explique par le fait que la Bourse BATS attire les investisseurs dont les ordres sont analysés par les traders à haute fréquence présents sur cette Bourse. Ayant connaissance de ces ordres, les traders à haute fréquence ont la capacité technologique de devancer leur exécution et d'agir en conséquence (Lewis, 2013, pp. 36-39).

³⁶ Le terme anglophone de ce modèle est *maker/taker model*

Chapitre 2 : Stratégies d'arbitrage

Les firmes de trading à haute fréquence ont également recours à diverses stratégies d'arbitrage sur actions. Comme nous le verrons dans la partie suivante, toutes ces stratégies n'ont pas le même impact sur la qualité du marché des actions américain. Dans son rapport sur le trading à haute fréquence, la SEC (2014, p. 8) décrit l'arbitrage comme étant l'exploitation d'une disparité des prix entre deux actifs corrélés, entre un produit dérivé et son sous-jacent ou encore entre les prix d'un même actif coté simultanément sur deux Bourses différentes. Ces opportunités d'arbitrage ayant une durée de vie de l'ordre de la seconde, seules les firmes de trading à haute fréquence ont actuellement la capacité technologique de les saisir. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle l'arbitrage est l'une des stratégies les plus exploitées par les traders à haute fréquence (Gomber et al., 2011, p. 27).

2.2.1 : Statistical arbitrage³⁷

Selon Narang (2013, p. 71), la stratégie d'arbitrage statistique est la plus répandue parmi les firmes de trading à haute fréquence. Elle compare la valeur d'un instrument financier dont le sous-jacent est un indice boursier, à la valeur d'un autre instrument financier ayant le même sous-jacent ou à la valeur des composants du sous-jacent. En toute logique, ces deux instruments financiers devraient avoir une corrélation proche de 1. C'est le cas par exemple de l'E-Mini S&P 500³⁸, un contrat à terme sur l'indice S&P 500, et du SPY qui est un Exchange Traded Fund dont le sous-jacent est également l'indice S&P 500. Si l'E-Mini S&P 500 est en hausse de 1% alors que le SPY ETF n'est en hausse que de 0,6%, la firme de trading à haute fréquence peut vendre l'E-Mini S&P 500 et acheter le SPY ETF, s'assurant ainsi un rendement plus que probable de 0,4%. La disparité des prix entre ces deux instruments financiers peut par exemple être due au fait qu'un important ordre d'achat a été exécuté sur l'E-mini S&P 500. Les firmes de trading à haute fréquence, à l'inverse des autres acteurs du marché,

³⁷ Cette terminologie anglophone fait référence aux stratégies d'arbitrage statistiques

³⁸ Un contrat futures, également appelé contrat à terme, est « un accord entre deux parties pour acheter ou vendre un actif donné à une date future pour un prix convenu » (Hull, 2007, p. 6).

ont la capacité technologique de déceler rapidement de telles opportunités et de les exploiter à leur avantage (Arnuk & Saluzzi, 2012, p. 28-29)

2.2.2 : Market neutral arbitrage

La stratégie *Market Neutral Arbitrage* est une forme d'arbitrage statistique. Les traders à haute fréquence ayant recours à cette stratégie tentent simultanément d'acheter un actif X et vendre un actif Y. Ces deux actifs doivent entre eux avoir une corrélation proche ou égale à 1 afin que les pertes sur un actif soient compensées par les gains réalisés sur l'autre actif. Il est également nécessaire que l'actif Y vendu par le trader à haute fréquence possède une valeur intrinsèque inférieure à l'actif X. Ainsi, le profit de cette stratégie résultera de la différence entre la valeur intrinsèque de chaque actif au moment où ils entreront en portefeuille, et leur valeur intrinsèque normalisée au moment où la position sera liquidée (Gomber et al., 2011, p. 28).

La mise en pratique d'une telle stratégie se fait par l'utilisation du *Capital Asset Pricing Model*³⁹ développé par Sharp (1964), Linter (1965), Mossin (1966) et Treynor (1961). Hull, Godlewski & Merli (2012, p. 12) décrivent la relation fondamentale du *CAPM*⁴⁰ comme suit : « L'excès d'espérance de rentabilité par rapport au taux sans risque de tout investissement est mesuré par β fois l'excès d'espérance de rentabilité du portefeuille de marché ». Ainsi, la rentabilité attendue d'un actif est liée à la rentabilité attendue du marché et du taux sans risque. Selon Aldridge (2013, p. 137) le *CAPM* est basé sur l'idée que les rendements des actions sont influencés par le rendement du marché. A titre d'exemple, des actions de sociétés du secteur du luxe ont un rendement positif lorsque le rendement du marché est également positif. A l'inverse, les actions de sociétés du secteur des divertissements tendent à fournir des rendements positifs lorsque les rendements du marché sont à la baisse. Pour l'explication de la stratégie de *Market Neutral Arbitrage*, Aldridge utilise la version suivante de l'équation du *CAPM* :

³⁹ Le Capital Asset Pricing Model (CAPM) est connu en français sous le nom du Modèle d'Equilibre des actifs financiers (MEDAF)

⁴⁰ $E(R) = R_F + \beta[E(R_M) - R_F]$

$$R_{i,t} - R_{f,t} = \alpha_i + \beta_i(R_{M,t} - R_{f,t}) + \varepsilon_t$$

Source : Aldridge, 2013, p. 137

Tableau 6

Où,

$R_{i,t}$ est le rendement de l'action i au temps t

$R_{f,t}$ est le rendement du taux sans risque⁴¹ valable au temps t

$R_{M,t}$ est le rendement du marché au temps t

β_i et α_i sont des constantes où β_i est la sensibilité de l'action i au marché et α_i la valeur intrinsèque de l'action i

ε_t est le terme d'erreur

Pour mettre en pratique cette stratégie sur des actions, les traders à haute fréquence doivent trouver deux actions qui sont d'une part fortement corrélés, c'est-à-dire qui ont des β théoriques proches ou identiques, et qui d'autre part, ont des α théoriques les plus éloignés possible l'un de l'autre et dont la différence est au moins supérieure aux frais de transaction. Or, ces α et β étant théoriques, il est nécessaire de les estimer. Ainsi, pendant une période de temps donné, les traders à haute fréquence disposant de la capacité technologique d'analyser rapidement un grand nombre d'actions vont mesurer les rendements de diverses actions. Partant de ces observations, et grâce à la méthode des moindres carrés⁴², ils vont pouvoir estimer les α et β de chaque action. Ceci fait, les traders à haute fréquence vont choisir deux actions dont les β estimés sont les plus proches possible, dont les α sont les plus éloignés possible et dont la différence des α est au minimum supérieure aux frais de transaction.

⁴¹ Le Fed Funds rate par exemple.

⁴² Méthode qui permet de trouver la droite de régression minimisant la distance moyenne de chacune des observations à la droite.

Exemple :

Au temps $t = 1$, c'est-à-dire au moment où les actions sont hors valeur normale, le trader à haute fréquence vend l'action 2 à \$100 et achète l'action 1 à \$100

L'action 1 a un α de + 5% et un β de 1

L'action 2 a un α de - 5% et un β de 1

Comme il vend l'action 2, il reçoit en échange \$100 qu'il utilise pour acheter l'action 1.

Au temps $t = 2$, c'est-à-dire au moment du retour à la normale, imaginons que le marché soit en hausse de 10%.

L'action 1 vaut $\$100 + \$5 + (1 \times \$10) = \115

L'action 2 vaut $\$100 - \$5 + (1 \times \$10) = \105

Le trader à haute fréquence revend à \$115 l'action 1 qu'il a achetée à \$100 et rachète à \$105 l'action 2 qu'il a vendue à \$100. Le profit réalisé suite à cette opération est de :

$$(\$115 - \$100) - (\$100 - \$105) = \$10$$

Par leur capacité à analyser simultanément un grand nombre d'actions, les traders à haute fréquence sont les plus à même de trouver des actifs répondant à la fois au critère de la corrélation et à celui de la valeur intrinsèque. Enfin, comme cette stratégie offre une protection contre les mouvements du marché, elle est très attractive tant pour les arbitragistes traditionnels que pour les traders à haute fréquence (Aldridge, 2010, pp. 193 – 195).

Chapitre 3 : Stratégies structurelles

Selon la SEC (2014, p. 8) cette catégorie regroupe des stratégies qui visent à exploiter les vulnérabilités structurelles du marché ou de certains participants au marché. A titre d'exemple, les traders disposant de technologies de pointe et d'un

accès plus rapide aux données de marché peuvent exploiter cet avantage temporel contre les acteurs du marché plus lents.

2.3.1 : Latency⁴³ arbitrage

Comme son nom l'indique, cette stratégie est une stratégie d'arbitrage. Toutefois, étant basée sur les vulnérabilités structurelles du marché, la SEC a répertorié cette stratégie comme stratégie structurelle et non comme stratégie d'arbitrage (SEC, 2014, p. 4). Elle est basée sur la différence de vitesse à laquelle les participants au marché reçoivent les données du marché (Vaananen, 2015, p. 202). Pour Gomber et al, (2011, p. 29), le *latency* arbitrage est « une forme moderne d'arbitrage où les traders à haute fréquence sont capables de voir et d'interpréter les données du marché avant même que les autres participants au marché ne les reçoivent » (Gomber et al., 2011, p. 29). Etant les acteurs du marché les plus rapides dans l'obtention des données, seules les firmes de trading à haute fréquence utilisent cette stratégie d'arbitrage. Leur avantage temporel dans la réception et la réaction aux données est dû aux technologies de pointe⁴⁴ qu'elles utilisent ainsi qu'à l'utilisation des services de colocation qui consiste à placer leurs serveurs informatiques à proximité des serveurs informatiques de la Bourse.

C'est grâce au *NBBO* que cette stratégie est mise en pratique par les firmes de trading à haute fréquence. Comme expliqué en partie I, les traders à haute fréquence sont à même d'obtenir le *NBBO* avant les autres acteurs du marché. Ils sont capables de savoir quand un ordre volumineux va modifier le *NBBO* dans une certaine direction, avant même que le nouvel *NBBO* ne soit modifié et transmis aux acteurs du marché. A titre d'exemple, prenons le cas d'un titre dont le *NBBO* actuel est égale à \$100 et qui verra son prix augmenter à \$102 suite à un ordre d'achat volumineux au prix du marché. Ayant connaissance de cet ordre avant les autres, notamment grâce à la colocation, les traders à haute fréquence savent que le *NBBO* va passer de \$100 à

⁴³ Le terme *latency* fait ici référence à la vitesse de transmission des données de marché.

⁴⁴ Ces technologies comprennent l'utilisation de micro-ondes ou de fibres optiques au tracé le plus rectiligne possible afin de minimiser le temps de latence entre deux ou plusieurs plateformes de transaction.

\$102. Ils vont donc placer des ordres d'achat au prix de l'ancien *NBBO* pour acheter aux acteurs de marché qui n'ont pas encore eu le temps d'adapter leurs ordres d'achat au nouvel *NBBO*. Une fois en possession de ces titres, les traders à haute fréquence vont les revendre à un prix légèrement supérieur à l'investisseur ayant placé l'important ordre d'achat. (Arnuk & Saluzzi, p. 31).

2.3.2 : Quote matching

En ayant recours à une telle stratégie, les traders à haute fréquence essaient de tirer profit des ordres limites des autres participants au marché (Rosov, 2015, p. 9). Les traders à haute fréquence détectant un ordre limite d'achat volumineux sur un titre spécifique vont utiliser cette information pour placer un ordre limite d'achat à un prix légèrement supérieur dans le but de profiter de la hausse que l'ordre limite d'achat volumineux déclenchera sur ce titre (Gomber et al., 2011, p. 29). Cette stratégie repose sur la capacité des traders à haute fréquence à observer les ordres limites des autres participants au marché et de définir parmi ces ordres lesquels sont les plus à même de modifier le prix de l'actif concerné. Toutefois comme le souligne Aldridge (2013, p. 200) rien ne garantit que l'impact de l'ordre limite d'achat sera suffisant pour garantir un profit aux traders à haute fréquence.

Chapitre 4 : Stratégies directionnelles

Selon la SEC (2014, p. 8) ces stratégies directionnelles sont caractérisées par une prise de positions sur un ou plusieurs actifs donnés suite à l'anticipation d'un changement de prix de ces actifs. Les investisseurs ayant recours à ce type de stratégie sont des gestionnaires de fonds ou des traders pour compte propre utilisant le trading à haute fréquence. Ils jouissent également d'un accès plus rapide à l'information et ont les capacités d'évaluer immédiatement n'importe quelle situation de marché (Aldridge, 2013, p. 131).

2.4.1 : Event-based

Cette stratégie est la plus communément utilisée par les traders à haute fréquence dans la catégorie des stratégies directionnelles. Elle revient pour un trader à haute fréquence à acheter ou à vendre un ou plusieurs actifs suite à un événement précis. Cet événement peut-être la publication de données macroéconomiques ou la publication d'une information relative à un titre spécifique. Il est toutefois nécessaire que l'événement choisi soit répétitif afin que les données de marché relatives à la dernière publication puissent être exploitées pour essayer de déterminer l'impact que la nouvelle publication aura sur les prix des actifs. Le but de cette stratégie est de définir, après analyse des données historiques liées aux publications précédentes, des portefeuilles qui offrent un rendement positif sur l'intervalle de temps entourant la publication de la nouvelle information.

Comme l'explique Aldridge (2013, p. 148), une stratégie directionnelle basée sur la publication d'une information suit un développement en trois étapes :

1. Pour chaque type d'événement, identifier les dates et heures précises des publications précédentes afin d'obtenir les données de marché relatives à ces publications.
2. Avec les données historiques, calculer à fréquence désirée, l'impact que la publication de cette information a eu sur les prix des actifs étudiés.
3. Estimer la variation attendue des prix des actifs étudiés en se basant sur la variation des prix enregistrée lors des publications précédentes.

La vitesse de réaction à la publication d'une information détermine souvent le gain réalisé.

En effet, plus vite un trader à haute fréquence est à même d'analyser l'information publiée, plus vite il sera susceptible d'agir en conséquence et de prendre part à la hausse ou à la baisse du marché engendrée par cette publication.

Chapitre 5 : Stratégies illégales ou controversées

Les stratégies étudiées jusqu'à présent sont toutes parfaitement légales aux yeux du régulateur américain. A titre purement indicatif, nous allons maintenant procéder à une explication sommaire de quelques stratégies illégales ou controversées parfois utilisées par certains traders à haute fréquence.

2.5.1 : Spoofing

Selon la Financial Industry Regulatory Authority (FINRA, 2016), le *spoofing*⁴⁵ est une forme de manipulation de marché qui implique le placement d'ordres sans réelle intention de les exécuter. Lorsqu'un trader à haute fréquence détient des titres sur une action précise et qu'il exerce le *spoofing*, il va dans un premier temps placer un nombre important d'ordres d'achat sur ce titre donné, laissant ainsi croire aux algorithmes des autres traders à haute fréquence à un accroissement de la demande pour ce titre. Dans un deuxième temps, il annulera ses ordres d'achat juste avant leur exécution, laissant les algorithmes concurrents acheter un titre dont la demande a été faussée. Enfin, dans un troisième temps, le trader à haute fréquence va placer des ordres de vente pour les titres dont il disposait initialement. Il sera ainsi à même de revendre ses titres à un prix plus élevé aux traders à haute fréquence concurrents dont les algorithmes ont été piégés par cette manipulation de marché (Aktas, 2014, p. 89). Cette pratique fut formellement interdite suite à l'adoption de la loi Dodd-Frank Act signée le 21 juillet 2010 et ayant pour but de renforcer la régulation des marchés financiers (SEC, 2012, p. 364)

2.5.2 : Quote stuffing

Le *quote stuffing* est une pratique utilisée par les traders à haute fréquence afin d'obstruer l'accès aux serveurs informatiques des Bourses et de ralentir les algorithmes des autres traders à haute fréquence.

⁴⁵ Cfr. Annexe 4

Le professeur Harvey en donne la définition suivante :

Une pratique consistant à placer un nombre anormal d'ordres d'achat ou de vente sur une action particulière et d'aussitôt les annuler. Cela peut créer de la confusion sur le marché et dans les opportunités de trading pour les traders algorithmiques (cité dans Lucet, 2012).

En pratique, un trader à haute fréquence va émettre par le biais d'un algorithme une grande quantité d'ordres limites aussitôt annulés. Ces ordres limites vont devoir être analysés par les algorithmes des traders à haute fréquence concurrents avec pour effet de ralentir ceux-ci. En ralentissant les algorithmes concurrents, le trader à haute fréquence s'assure un avantage temporel dont il peut tirer profit. Comme déjà mentionné précédemment, pour de nombreux auteurs, cette pratique apporte une liquidité fantôme susceptible de tromper les acteurs du marché (Narang, 2013, p. 287 ; Rijper et al. 2010, p. 10 ; Rosov, 2015, p. 8)

2.5.3 : Layering

Le *layering* est une stratégie légale utilisée par les courtiers ou les teneurs de marché. Elle consiste à placer dans un carnet d'ordres des ordres limites à des limites différentes avec l'intention de sauvegarder l'exécution prioritaire de ces ordres quand le cours du marché atteint la limite fixée. En effet, dans le carnet d'ordres, il est donné priorité aux ordres limites selon leur temps d'arrivée. Ainsi, dans l'exécution des ordres limites, un ordre d'achat au prix limite de \$10 arrivé au temps $t=1$ sera prioritaire à un même ordre d'achat au prix limite de \$10 arrivé au temps $t= t_1+\Delta t$. Une fois ces ordres limites placés, le courtier ou le teneur de marché a deux possibilités lorsque le prix du marché arrive au prix limite de cet ordre. Soit il exécute une partie ou la totalité de son ordre limite car un de ses clients souhaite acquérir ou vendre le titre à ce prix limite. Soit il annule simplement l'ordre limite. Cette stratégie

visé donc à garantir aux teneurs de marché ou aux courtiers l'exécution prioritaire d'ordres limites au profit de leurs clients (Aldridge, 2013, p. 200).

Toutefois, cette stratégie peut également servir à manipuler le marché. Dans ce cas, elle est illégale comme toute autre manipulation de marché⁴⁶. A titre d'exemple, la société *Hold Brothers* fut condamnée le 25 septembre 2010 à une amende de \$7.3 millions pour avoir permis à ses traders de réaliser ce genre de manipulation. Concrètement, le 4 juin 2010 à 11h08, 55secondes et 152 millisecondes, un algorithme de cette société plaça un ordre limite de vente de 1.000 actions W.W. Grainger à \$101,34 l'action. Avant cet ordre limite, le prix d'achat était de \$101,37 et le prix de vente était de \$101,27. L'offre de la société à \$101,34 devint donc la meilleure offre disponible sur le marché, soit le meilleur prix auquel un acheteur peut acquérir le titre. Dans les 170 millisecondes suivantes, l'algorithme de la société *Hold Brothers* a placé pour un total de 2.600 actions, 11 ordres limites d'achat progressifs jusqu'au cours de \$101,33 laissant penser à un algorithme concurrent que la demande pour ce titre était en hausse et que l'offre à \$101,34 allait disparaître. L'algorithme concurrent a donc décidé d'acheter les 1.000 actions initialement proposées. Une fois les 1.000 actions détenues par *Hold Brothers* vendues au prix de \$101,34 à la place de \$101,27, l'algorithme de la société a annulé les 11 ordres limites faisant ainsi retomber le prix d'achat et le prix de vente aux prix initiaux. Comme la société *Hold Brothers* a vendu à découvert ces 1.000 actions, il était nécessaire qu'elle rachète celles-ci. Pour ce faire, à 11h09, 0 secondes et 881 millisecondes, l'algorithme de la société *Hold Brothers* a placé un ordre limite d'achat de 1.000 actions W.W. Grainger au prix de \$101,30 alors qu'à ce moment là le prix de vente sur le marché était de \$101,27. En plus de cet ordre, l'algorithme de *Hold Brothers* a à nouveau piégé l'algorithme concurrent en plaçant pour l'équivalent de 2.600 actions, 11 ordres limites de vente progressifs jusqu'au cours de \$101,30, laissant ainsi croire à l'algorithme concurrent qu'il y avait une pression vendeuse sur le marché et que le prix de vente de l'action allait passer sous les \$101,30. L'algorithme concurrent, qui avait donc initialement acheté ces 1.000 actions au prix de \$101,34, va revendre à 11h09, 0 secondes, 977 millisecondes, celles-

⁴⁶ Le 25 septembre 2012, la société de courtage *Hold Brothers* fut condamnée à une amende de \$7.3 million.

48.

ci au prix de \$101,30. L'algorithme de *Hold Brothers* a donc dans un premier temps vendu 1000 actions à \$101,34 pour racheter celles-ci quelques instants plus tard au prix de \$101,30 (Lelièvre & Pilet, 2013, pp. 82-84). Empochant en l'espace de quelques secondes un gain de :

$$(\$101,34 \times 1000) - (\$101,30 \times 1000) = \$40$$

Partie 3 : Les effets des stratégies des traders à haute fréquence

Après avoir décrit les différents événements historiques et régulations qui ont mené à l'essor du trading à haute fréquence en partie 1 ainsi que les stratégies les plus couramment utilisées en partie 2, nous allons nous intéresser maintenant aux effets de celles-ci. En effet, la troisième et dernière partie a pour objectif, à l'aide d'une revue de littérature, d'étudier les effets des stratégies des traders à haute fréquence sur la qualité du marché des actions américain.

Pour ce faire, dans un premier temps, nous définirons et étudierons les critères les plus couramment utilisés dans la littérature scientifique pour évaluer la qualité d'un marché d'actions. Bien qu'il en existe une multitude, nous nous pencherons sur les quatre critères suivants : la volatilité, la liquidité, le *spread* et la formation des prix.

Dans un deuxième temps, pour chacun de ces critères, nous recouperons les résultats des différentes études scientifiques récemment publiées sur le sujet afin d'en dégager des conclusions quant aux effets des stratégies des traders à haute fréquence sur la qualité du marché des actions américain.

Chapitre 1 : Critères de la qualité d'un marché d'actions

Les études scientifiques visant à comprendre les effets des stratégies utilisées par les traders à haute fréquence sur le marché des actions américain ont eu recours à divers critères. Chacun des quatre principaux critères fait l'objet d'une section dans ce chapitre.

3.1.1 : Liquidité

La liquidité représente l'un des critères les plus fréquemment utilisés pour évaluer la qualité d'un marché. Celle-ci est définie par la SEC comme étant : « Une mesure de la relative facilité et rapidité avec laquelle un titre peut-être acheté ou vendu sur un marché secondaire » (SEC, s.d.). Quant à McGowan (2010, p. 2), il en donne la définition suivante :

La liquidité est la capacité d'un actif à être acheté ou vendu sans provoquer de mouvement significatif du prix de cet actif et avec une perte de valeur minimale. La liquidité d'un actif est caractérisée par un haut niveau de transactions sur cet actif. (McGowan, 2010, p. 2)

Par ailleurs, Rosov (2015, p. 5) qui a étudié l'impact des stratégies de *Market Making* sur la liquidité de différents marchés d'actions en donne une définition plus technique :

La liquidité inclut l'étendue du marché qui est mesurée par largeur du *bid-ask spread* ainsi que sa profondeur mesurée par les quantités disponibles à l'achat et à la vente tant au sommet du carnet d'ordres qu'à travers celui-ci. (Rosov, 2015, p. 5)

La liquidité d'un actif peut donc être caractérisée comme étant la facilité avec laquelle il est possible d'acheter ou de vendre cet actif en fonction de l'offre et de la demande pour celui-ci. Lorsque l'offre ou la demande pour un titre est trop faible, l'investisseur risque de se retrouver dans l'impossibilité d'effectuer la transaction désirée. Ce type de risque est appelé le risque de liquidité de trading (Hull, 2013, pp. 427-428).

3.1.2 : Spread

Pour rappel, la SEC définit le *spread* comme étant « la différence entre le prix d'achat et le prix de vente d'un actif. » (SEC, 2002). Le *spread* représente en fait la différence entre le prix le plus élevé qu'un investisseur est prêt à payer pour acquérir un titre et le prix le plus faible auquel un autre investisseur est disposé à vendre ce même titre.

Par ailleurs, il est à noter que différentes variantes du *spread* sont évoquées dans la littérature. Ainsi par exemple, Zhang & Riordan (2011, p. 8) mentionnent les notions suivantes :

- *Quoted spread* : c'est une mesure *ex-ante* de la liquidité qui est calculée comme étant la différence entre le meilleur prix d'achat et le meilleur prix de vente au moment d'une transaction.
- *Effective spread* : est une mesure *ex-post* de la liquidité qui est calculée comme étant la différence entre le prix d'exécution de la transaction et le cours médian entre le meilleur prix d'achat et le meilleur prix de vente au moment de la transaction.

Selon ces deux auteurs, l'*effective spread* peut être lui-même décliné en deux variantes : le *realized spread* et le *price impact*.

- Le *realized spread* est calculé comme étant la différence entre le prix d'exécution de la transaction et le cours médian entre le meilleur prix d'achat et le meilleur prix de vente à un intervalle de temps donné après l'exécution de la transaction.
- Le *price impact* est calculé comme étant la différence entre le cours médian du meilleur prix d'achat et le meilleur prix de vente au moment de l'exécution de la transaction et ce même cours médian à un intervalle de temps spécifié après l'exécution de la transaction.

Dans le chapitre suivant, nous verrons quels sont les effets des stratégies des traders à haute fréquence sur certaines de ces notions.

Le *bid-ask spread* est une mesure de la liquidité d'un titre, il varie en fonction de l'offre et de la demande de ce titre. Ainsi, plus un titre est liquide, c'est-à-dire plus l'offre et la demande pour ce titre sont importantes, plus la valeur du *spread* sera

faible. A titre d'exemple, la valeur du *spread* sur une paire de devises est très faible car ces actifs sont très liquides. A l'inverse, les titres des sociétés à petite capitalisation boursière ont souvent un *spread* plus élevé car la liquidité de ce genre de titres est moins importante (Curtis, 2015, p. 1). La volatilité, par l'intermédiaire de l'offre et de la demande, va également influencer la valeur du *spread*. En effet, dans un contexte de chute brutale du marché, l'offre spécifique à un titre va augmenter sous la pression des vendeurs, alors que la demande pour ce titre va diminuer. A ce déséquilibre entre l'offre et la demande, le teneur de marché attiré va réagir en augmentant le *spread* à la fois pour dissuader les investisseurs de réaliser des transactions qui l'obligeraient à se retrouver dans une position d'acheteur sur un marché baissier, et à la fois pour atténuer le risque de perte plus élevé du fait de la volatilité du marché.

Enfin, bien que cela ne soit pas toujours limpide pour les investisseurs novices, le *spread* constitue un coût caché lié aux transactions. Demsetz fut d'ailleurs le premier en 1968 à relier le concept du *spread* aux coûts de transaction (cité dans, Amihud & Mendelson, 1986, p. 224). En effet, le *spread* c'est le coût dont un investisseur doit s'acquitter pour revendre un actif immédiatement après l'avoir acheté. Si l'investisseur garde cet actif en portefeuille, le *spread* viendra diminuer le bénéfice réalisé ou augmenter la perte éventuelle au moment où l'investisseur revendra cet actif.

3.1.3 : Volatilité

La volatilité représente une mesure statistique de la dispersion des rendements d'une action ou d'un indice de marché lui-même composé de plusieurs actions. Elle peut être calculée à partir de l'écart-type ou de la variance entre les rendements de cette action ou de cet indice de marché.

Selon Hull,

La volatilité d'une action, notée σ , est une mesure de l'incertitude sur la

rentabilité du titre. La volatilité des actions est généralement comprise entre 20% et 50%. A partir de l'équation suivante, la volatilité d'une action est l'écart-type des rentabilité sur une année quand ces dernières sont exprimées en taux composé continu. (Hull 2007, p. 292)

$$\eta \sim \phi \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}; \frac{\sigma}{\sqrt{T}} \right)$$

où le taux de rentabilité annuel composé en continu (η) suit une loi normale dont la moyenne est $\mu - \sigma^2/2$ et dont l'écart-type est σ/\sqrt{T} . T représente la période d'observation des rentabilités (Hull, 2007, p. 290)

Plus communément, la volatilité d'un actif est une mesure de la variation du cours de cet actif sur une période de temps donnée. Plus cet actif est volatile, c'est-à-dire plus le prix de cet actif varie sur une période de temps donnée, plus cet actif sera considéré comme risqué. En effet, plus la volatilité d'un actif est importante, plus il y a d'incertitude pour un investisseur quant à la rentabilité de cet actif.

3.1.4 : Formation des prix

La formation des prix est le processus par lequel le prix d'une action est formé sur base des interactions entre acheteurs et vendeurs. Quelques études scientifiques ont étudié les effets des stratégies des traders à haute fréquence sur ce critère de la qualité du marché des actions américain.

Chapitre 2 : Revue de littérature

Cette revue de littérature reprend les diverses études scientifiques récemment publiées et ayant pour vocation d'étudier les effets des stratégies des traders à haute fréquence sur la qualité du marché des actions américain. Celle-ci est divisée en quatre sections dont chacune correspond à l'un des critères expliqués au chapitre précédent. De cette manière, au sein de chacune des sections, nous serons à même de confronter les conclusions des différentes études scientifiques et d'établir ainsi un consensus sur les effets des stratégies.

Il est toutefois nécessaire d'établir plusieurs remarques préliminaires concernant ces études.

Tout d'abord, tout comme le précise la SEC (2014, pp. 8-9) dans un rapport sur le trading à haute fréquence, les scientifiques sont confrontés à la difficulté d'obtenir des données fiables et exploitables sur les pratiques des traders à haute fréquence. Les données publiques sur les ordres et les transactions ne révèlent pas l'identité des acheteurs ou des vendeurs. En conséquence, il est impossible pour les scientifiques d'identifier les ordres et transactions exécutés par les traders à haute fréquence. A l'inverse, les données privées, c'est-à-dire celles qui sont détenues par les différentes Bourses et autres plateformes de transaction, permettent l'identification des ordres et des transactions effectués. Jusqu'à présent, seul le Nasdaq a mis à disposition des scientifiques une telle base de données. Celle-ci est composée d'échantillons de 40 actions à large capitalisation boursière⁴⁷, 40 actions à capitalisation boursière moyenne⁴⁸ et 40 actions à petite capitalisation boursière⁴⁹. Cette base de données inclut l'ensemble des ordres et transactions qui ont été effectués sur cet échantillon de 120 actions en 2008, 2009 et lors de la première semaine de l'année 2010. Le Nasdaq a identifié 26 firmes de trading à haute fréquence actives sur ces actions entre 2008 et 2010. Pour identifier ces traders, le Nasdaq a utilisé trois critères. Tout d'abord, le

⁴⁷ Large capitalisation boursière (*large-cap*) : plus de 10 milliards de dollars

⁴⁸ Moyenne capitalisation boursière (*mid-cap*) : entre 2 et 10 milliards de dollars

⁴⁹ Petite capitalisation boursière (*small-cap*) : en dessous de 2 milliards de dollars

nombre de fois par jour où la position nette de trading de ces firmes était égale à zéro, ensuite la durée des ordres placés sur ces actions et, finalement, le ratio du nombre d'ordres annulés sur le nombre d'ordres placés. Douze articles scientifiques ont été rédigés grâce à cette base de données. Toutefois, tous n'ont pas pour sujet d'étude les effets des stratégies des traders à haute fréquence sur la qualité du marché des actions américain. Par conséquent, seuls ceux ayant ce sujet d'étude seront repris dans la revue de littérature.

Pour ce qui concerne l'impact des stratégies des traders à haute fréquence sur le marché des actions américain lors du *flash crash* du 6 mai 2010, il existe deux bases de données. L'une, fournie par la FINRA, reprend minute par minute les transactions effectuées sur ce marché par les douze plus grandes firmes de trading à haute fréquence le jour du *flash crash*. Ensemble ces douze firmes représentent 46% des transactions qui ont été effectuées lors du *flash crash* (SEC, 2014, pp. 17-18). La seconde, utilisée par la SEC et la CFTC dans leur rapport conjoint sur ce *flash crash*, est constituée de toutes les transactions exécutées sur les Bourses nationales et sur *Direct Edge*⁵⁰ sur une période allant du 3 au 10 mai 2010 inclus. Les données ont été consolidées par intervalle de 15 minutes et les ordres des traders à haute fréquence ont été classés en quatre catégories : les ordres de vente agressifs, les ordres d'achat agressifs, les ordres de ventes passifs et les ordres d'achat passifs. Grâce à cette base de données, la SEC et la CFTC ont identifié 17 firmes de trading à haute fréquence actives ce jour-là. L'observation des ordres placés par ces firmes révèle que 51,5% des ordres étaient agressifs, c'est-à-dire, nuisibles à la liquidité du marché (SEC, & CFTC, 2010b, pp. 76-83).

Enfin, ce n'est qu'à la suite du *flash crash* que les scientifiques se sont réellement intéressés au trading à haute fréquence et à ses conséquences pour les marchés financiers (Chlistalla et al., 2011, p. 1). Par conséquent, les premières études scientifiques basées sur l'analyse de données empiriques datent de 2010 (SEC, 2014, pp. 9-10). Ainsi, à titre d'exemple, Cvitanic & Kirilenko, furent les premiers à proposer

⁵⁰ A cette époque *Direct Edge* était un ECN, aujourd'hui cet ECN est devenu l'une des douze Bourses nationales enregistrées auprès de la SEC

un modèle théorique pour comprendre l'impact des stratégies des traders à haute fréquence sur la qualité du marché des actions (cité dans Gomber et al., 2011, p. 32). De nombreuses autres études scientifiques suivirent cette première publication. Pour chaque critère de la qualité du marché des actions américain, les conclusions de celles-ci sont confrontées entre elles dans l'une des sections suivantes.

3.2.1 : Effets sur la liquidité

L'étude d'Angel, Harris & Spatt (2010, pp. 6, 28, 52) analyse les conséquences de l'émergence du trading algorithmique et du trading à haute fréquence sur plusieurs critères de la qualité du marché des actions américain. Selon ces auteurs, les traders à haute fréquence sont à même d'apporter une meilleure liquidité sur le marché des actions grâce à leurs algorithmes et leurs stratégies. En effet, dans leurs stratégies de *passive market making*, ils ont la capacité technologique de suivre plus rapidement l'évolution du cours d'un titre. Ainsi, en cas de hausse du titre, ils peuvent rapidement annuler leurs ordres limites d'achat passifs pour en placer d'autres à un prix limite plus proche du cours du marché. Les auteurs concluent en expliquant que, grâce à leur plus grande efficacité, ces acteurs fournissent aujourd'hui la majeure partie de la liquidité sur le marché des actions américain.

Une étude de Jovanovic & Menkevld (2011, pp. 35-36) vient confirmer les conclusions de l'étude précédemment citée. Ils affirment que les traders à haute fréquence ont la capacité de traiter plus rapidement les informations que les autres traders. Dans leurs stratégies de *passive market making*, ils peuvent donc plus rapidement modifier les ordres limites qu'ils ont placé dans le carnet d'ordres d'un titre spécifique dans le but de suivre l'évolution du cours de celui-ci. En faisant cela, ils assurent une meilleure liquidité pour ce titre et réduisent le risque d'*adverse selection*⁵¹ propre aux ordres limites. Toutefois, les auteurs avertissent aussi le lecteur que les traders à haute fréquence peuvent très bien utiliser cette capacité d'analyse

⁵¹ Lorsqu'un investisseur place un ordre limite pour acheter ou vendre un titre, à moins que le prix limite ne soit le prix du marché, cet ordre ne sera pas immédiatement exécuté. Tant que cet ordre sera en attente d'exécution, celui-ci sera visible par les autres investisseurs qui pourront en prendre connaissance et utiliser cette information à leur profit.

plus rapide de l'information pour devancer les ordres limites des traders plus lents. Ils concluent donc en stipulant que les traders à haute fréquence ont la capacité, du point de vue de la liquidité, d'être bénéfiques ou nuisibles pour les autres investisseurs.

L'étude de Castura, Litzenberger, Gorelick et Dwivedi (2010, pp. 15-18) analyse l'efficacité et l'évolution de la microstructure du marché des actions américain. Pour cela, ils ont basé leur étude sur l'analyse des actions composant les indices *Russel 1000* et *Russel 2000* entre 2006 et 2010. Pour l'indice *Russel 1000*, 200 actions sont listées sur le Nasdaq alors que les 800 actions restantes sont listées sur le NYSE. Quant à l'indice *Russel 2000*, 1300 actions sont cotées sur le Nasdaq, les 700 actions restantes étant cotées sur le NYSE. En 2006 la majorité des actions cotées sur le NYSE étaient encore échangées sur le parquet alors que les actions échangées sur le Nasdaq l'étaient déjà électroniquement. Dès 2008, le NYSE rattrapa son retard technologique sur le Nasdaq. A l'aide de divers tests statistiques, les auteurs ont comparé la qualité du marché des actions en 2006 avec celle de 2010. Ils en ont conclu que l'amélioration observée de la liquidité du marché des actions américain correspond à l'avènement du trading à haute fréquence. Toutefois, cette étude est à prendre en considération de manière critique suite à son absence de preuve empirique entre ces deux faits.

L'une des études sur l'impact du trading à haute fréquence les plus fréquemment citées est celle de Brogaard (2010, pp. 37-40). En ayant recours à la base de données du Nasdaq mentionnée ci-dessus, l'auteur a été à même de vérifier l'hypothèse selon laquelle les traders à haute fréquence contribuent à l'amélioration de la liquidité du marché. Dans 51,4% des transactions réalisées sur les actions de l'échantillon utilisé les traders à haute fréquence fournissent de la liquidité. L'auteur conclut en expliquant que les traders à haute fréquence fournissent les meilleurs prix d'achat et de vente pour une partie significative de la journée de transaction mais seulement dans une proportion égale à un quart du carnet d'ordres.

Une autre étude de Brogaard coécrite avec Moyaert et Riordan a analysé la relation entre le trading à haute fréquence et des événements ayant engendré une forte volatilité sur le marché des actions. En ayant eux aussi recours aux données du

Nasdaq évoquées précédemment, ils ont pu conclure à un accroissement de l'activité des traders à haute fréquence aux alentours d'événements ou de publications macroéconomiques susceptibles d'engendrer une forte volatilité sur le marché. D'après les auteurs, cet accroissement suggère que les traders à haute fréquence ont la capacité de traiter l'information plus rapidement que les autres traders et d'agir en tant que principal fournisseur de liquidité en ces temps caractérisés par une asymétrie de l'information (Brogaard, Moyaert, & Riordan, 2014, pp. 17-18).

Quant à Hasbrouck & Saar (2013, p. 677), ils ont également publié une étude relative aux effets du trading à haute fréquence sur la qualité du marché des actions. Pour ce faire, ils ont établi une nouvelle mesure de l'activité des traders à haute fréquence en analysant des séries de messages reliés entre eux que ces mêmes traders à haute fréquence envoient aux plateformes de transactions. En appliquant cette nouvelle mesure aux données fournies par le Nasdaq et en se focalisant sur les transactions réalisées en octobre 2007 et en juin 2008, les auteurs ont eux aussi pu conclure qu'une augmentation de l'activité des traders à haute fréquence est favorable à la liquidité du marché.

Enfin, Rosov (2015, pp. 8-9) étudia l'impact de la stratégie de *passive market making* sur la liquidité du marché des actions américain. Comme l'auteur le résume, la littérature scientifique semble formelle quant à la participation des traders à haute fréquence dans l'amélioration de la liquidité de ce marché. L'auteur nuance cependant en affirmant que toutes les stratégies des traders à haute fréquence n'ont pas les mêmes effets sur la liquidité du marché. Il estime en effet que cette hausse de la liquidité ne peut être due qu'aux traders à haute fréquence appliquant une stratégie de *passive market making* remplaçant ainsi les teneurs de marchés traditionnels plus lents. En effet, contrairement à leurs prédécesseurs, ces nouveaux teneurs de marché sont capables de placer et d'annuler rapidement un grand nombre d'ordres limites dans le carnet d'ordres, limitant pour eux le risque d'*adverse selection* auquel tout ordre limite est confronté. Cette réduction du risque permet également à ces teneurs de marché de réduire leur *spread*.

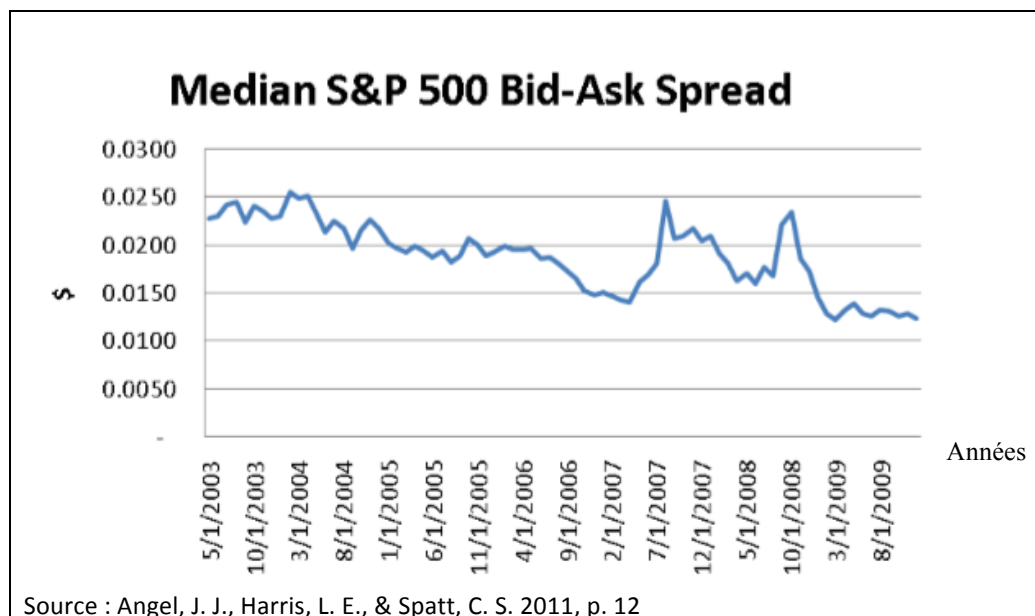
En conclusion, il semble que la majorité des études scientifiques récemment publiées confirment les effets positifs des traders à haute fréquence sur la liquidité du marché des actions américains. Comme le soulignent Gomber et al., (2011, p. 33), seule l'étude de Jovanovic & Menkevld (2011) semble remettre en cause ces conclusions. Dans la littérature académique, Chlistalla et al. (2011, p. 4) ont confirmé l'absence d'étude scientifique apportant la preuve d'une détérioration de la liquidité du marché suite aux stratégies des traders à haute fréquence.

3.2.2 : Effets sur le spread

Comme le suggère un rapport de la SEC (2014, p. 23) sur le trading à haute fréquence, les études scientifiques qui ont spécifiquement analysé les effets des stratégies des traders à haute fréquence sur le *spread* du marché des actions américain semblent être très peu nombreuses. Le *spread* étant une mesure de la liquidité⁵², les nombreuses études ayant observé l'accroissement de la liquidité en ont déduit que celui-ci avait pour conséquence une diminution du *spread*. Toutefois, il semble qu'aucune preuve empirique basée sur des données du marché des actions américain n'ait vérifié cette diminution.

L'étude d'Angel et al. (2010, pp. 5,11) relève une diminution du *spread* depuis le début des années 2000. Les auteurs font remarquer aux lecteurs que, lors de la crise des *subprimes*, l'augmentation de la volatilité sur les marchés financiers engendra une augmentation la valeur du *spread*. Le graphique 4 retrace l'évolution du *spread* médian de l'indice S&P 500 entre 2003 et 2009.

⁵² Par conséquent, le *spread* est également une mesure de la profondeur du carnet d'ordres d'un titre.



Graphique 4

L'étude de Jovanovic & Menkeveld (2011, p. 35) a mis en avant la preuve empirique, mais sur le marché des actions hollandais, que l'apparition d'un trader à haute fréquence plaçant des ordres limites passifs (caractéristique d'une stratégie de *passive market maker*) sur ce marché a diminué l'*effective spread* de 13%, réduisant ainsi les frais de transaction pour les autres investisseurs.

Quant à Bershova et Rakhlin (2013, pp. 34-37), en se servant de données venant du *Bloomberg European 500 index* et du *Nikkei 225*, ils ont pu prouver que les activités de teneurs de marché augmentent la volatilité *intraday*, engendrant ainsi une augmentation du *spread*. Toutefois, ils ont également mis en avant que ces mêmes activités de teneurs de marché engendraient aussi une compression du *spread* supérieure à l'augmentation du *spread* engendrée par la volatilité *intraday*.

Zhang et Riordan (2011, pp. 8-11) ont utilisé la base de données du Nasdaq mentionnée au chapitre précédent, non pas pour déterminer l'impact du trading à haute fréquence sur le *spread*, mais pour comprendre la relation entre le *spread* et les stratégies des traders à haute fréquence. Les auteurs ont trouvé qu'en général ces traders tendent à placer des ordres passifs lorsque la valeur du *spread* est élevée et à placer des ordres agressifs lorsque la valeur du *spread* est faible.

Quant à Carrion, il confirme les conclusions de Zhang et Riordan. Selon lui également, les traders à haute fréquence placent des ordres agressifs lorsque les *spreads* sont faibles et placent des ordres passifs lorsque les *spreads* sont plus importants. Il a également découvert que les *realized spreads* sont plus négatifs quand les traders à haute fréquence placent des ordres agressifs (Carrion, 2013, p. 710).

En conclusion, selon ces études, la diminution de la valeur du *spread* semble être due à l'utilisation des stratégies de *market making* par les traders à haute fréquence. En effet, en améliorant la liquidité sur le marché et en réduisant le risque d'*adverse selection* sur leurs ordres limites, ceux-ci sont à même de réduire la valeur du *spread* qui, pour rappel, est une mesure de la liquidité. Toutefois, il semble qu'aucune étude scientifique ne quantifie la proportion de la diminution du *spread* due aux stratégies de *market making*.

3.2.3 : Effets sur la volatilité

Dans leur étude analysant l'impact du trading algorithmique⁵³ sur la formation des prix des 30 actions composant l'indice DAX, Henderschoot et Riordan (2009, p. 13) n'ont pu fournir aucune preuve empirique pour étayer l'hypothèse selon laquelle le trading algorithmique exacerbe la volatilité.

Dans une étude utilisant des données empiriques provenant du London Stock Exchange, Jarnecic et Snape (2010) ont quant à eux réussi à démontrer que les traders à haute fréquence sont peu susceptibles d'augmenter la volatilité des actions.

Il faudra toutefois attendre l'étude de Brogaard (2010, pp. 41-44) sur l'impact du trading à haute fréquence pour avoir une preuve empirique de l'effet des stratégies des traders à haute fréquence sur la volatilité. Dans un premier temps, il a démontré que les stratégies des traders à haute fréquence sont influencées par la volatilité du marché. Ainsi, à titre d'exemple, en cas de hausse de la volatilité, les traders à haute fréquence appliquant les stratégies de *market making* diminuent leur offre de liquidité

⁵³ Nous rappelons ici que le trading à haute fréquence est un sous-ensemble du trading algorithmique

et en augmentent leur demande. Dans un deuxième temps, il démontre l'impact des traders à haute fréquence sur la volatilité des actions. Pour ce faire, il analyse l'interdiction de procéder à des ventes à découvert⁵⁴ sur les stratégies des traders à haute fréquence. En effet, celles-ci nécessitent de rapidement pouvoir acheter ou vendre des actions. N'ayant plus l'autorisation de procéder à des ventes à découvert, de nombreuses firmes de trading à haute fréquence mirent dès lors fin à certaines de leurs stratégies. L'auteur put ainsi analyser le retrait de ces traders à haute fréquence sur un échantillon d'actions et Il démontra que les traders à haute fréquence n'ont pas d'impact sur la volatilité des actions.

L'étude de Groth (2011, pp. 76-77), à l'appui d'une base de données à haute fréquence, s'intéresse aux effets du trading algorithmique dont le trading à haute fréquence est un sous-ensemble. Celle-ci fournit de solides preuves empiriques que ce type de trading n'augmente pas de manière excessive la volatilité du marché par rapport aux traders plus traditionnels. Cependant, les auteurs avertissent le lecteur que cette conclusion peut s'avérer être inexacte lors de variations extrêmes du marché. Ceci vient directement soutenir la conclusion de Kirilenko, Kyle, Samadi et Tunzun (2011, pp. 19,35) qui dans une étude sur le *flash crash* ont trouvé des preuves empiriques que le trading à haute fréquence a augmenté la volatilité à court-terme lors de cet événement.

Dans une étude plus récente, Boehmer, Li et Saar (2016, pp. 1, 36, 38) ont étudié la corrélation existante entre les diverses stratégies appliquées par les firmes de trading à haute fréquence. Ils se sont également intéressés à la concurrence entre les firmes appliquant les mêmes stratégies. Ils ont découvert que cette concurrence est bénéfique aux investisseurs car elle réduit la volatilité des actions. C'est principalement la concurrence existante sur les stratégies de *market making* qui engendre cette baisse de la volatilité.

Les études scientifiques précédemment citées semblent en majorité conclure

⁵⁴ Lors de la crise des subprimes, pour une période allant du 19 septembre 2008 au 9 octobre 2008, la SEC interdit la vente à découvert sur actions.

que les stratégies des traders à haute fréquence n'influent pas sur la volatilité du marché. Toutefois, deux études scientifiques ont mis en avant le fait que le trading à haute fréquence peut accroître la volatilité du marché en cas de variation extrême.

3.2.4 : Effets sur la formation des prix

En ayant recours à la base de données du Nasdaq évoquée précédemment, Brogaard, Hendershott et Riordan (2014, pp. 2303-2304) ont réalisé une étude sur le trading à haute fréquence et le processus de formation des prix. Ils ont réussi à démontrer que les traders à haute fréquence facilitent la formation des prix en réalisant un grand nombre de transactions dans le sens de la variation générale du prix tout en effectuant des transactions de moindre importance dans le sens opposé. Les traders à haute fréquence font cela à l'aide d'ordres agressifs, c'est-à-dire d'ordres qui sont immédiatement exécutables au prix du marché. Ces ordres agressifs sont exécutés en contrepartie des ordres limites passifs placés par les traders plus lents. Cela résultera pour les traders plus lents à un coût lié à l'*adverse selection* de leurs ordres limites passifs. Les auteurs de cette étude n'ont pas été en mesure de déterminer si les gains réalisés sur la formation des prix sont supérieurs aux coûts liés à l'*adverse selection* des ordres passifs des traders plus lents.

Zhang (2013, pp. 22-23) a examiné l'impact sur la formation des prix de l'annonce de divers types d'informations traitées à la fois par des traders à haute fréquence et par des traders qui ne sont pas des traders à haute fréquence. L'auteur a mis en avant le fait que, lors d'une annonce ou d'une publication relative à un titre spécifique, les ordres agressifs des traders à haute fréquence dominent la formation du prix pendant les 10 secondes suivant cette publication. A l'inverse, sur le plus long terme, c'est-à-dire deux minutes, il semble que ce soient les autres traders avec leurs ordres passifs qui contribuent majoritairement à la formation du prix.

En plus d'avoir étudié l'impact du trading à haute fréquence sur la liquidité et la volatilité du marché, Brogaard (2011, pp. 31-36) étudia également l'impact de celui-ci sur le processus de la formation des prix. Il posa un test d'hypothèse afin de

déterminer si les traders à haute fréquence participent ou non au processus de formation des prix. Pour cela, il utilisa trois mesures développées par Hasbrouck⁵⁵ et put en tirer les conclusions suivantes. Premièrement, les traders à haute fréquence fournissent plus d'informations privées au marché que les autres types de traders. Deuxièmement, les résultats montrent que les traders à haute fréquence sont plus importants que les autres type de traders dans le processus de formation des prix. Troisièmement, les traders à haute fréquence fournissent substantiellement plus d'informations au processus de formation des prix que les autres types de traders. L'analyse de ces trois mesures lui a donc permis de conclure que les traders à haute fréquence jouent un rôle positif et important dans le processus de la formation des prix.

Comme l'explique Chlistalla et al. (2011, p. 7) le processus de formation des prix bénéficie des acteurs de marché capables de rapidement détecter et corriger rapidement les anomalies dans les prix des actions. Cette pratique s'apparente aux stratégies d'arbitrage statistique utilisées par les traders à haute fréquence.

Carrion (2013, p. 710) en se basant sur la base de données de Nasdaq stipule que les prix des actions incorporent mieux l'information quand la participation des traders à haute fréquence est importante.

En conclusion, l'ensemble des études citées ci-dessus confirme l'impact positif des traders à haute fréquence sur le processus de formation des prix des actions. En effet, ces acteurs ont la capacité d'analyser plus rapidement les informations de marché et de réagir en conséquence. Cette capacité est principalement utilisée dans leurs stratégies d'arbitrage et dans leurs stratégies directionnelles. Toutefois, comme l'a souligné Zhang, il semblerait que les traders à haute fréquence n'améliorent le processus de formation des prix que pendant un relativement court instant entourant la publication d'une information.

⁵⁵ Price impact (impulse response function) ; Aggregate Information Variance Decomposition ; Information Share Approach

Conclusions

Dans notre recherche des effets des stratégies des traders à haute fréquence sur le marché des actions américain, nous avons tout d'abord présenté les événements historiques et les diverses régulations qui ont permis l'avènement du trading à haute fréquence aux États-Unis. A ce titre, la *Regulation National Market System* de 2007 semble y avoir joué un rôle primordial. En effet, elle est à la base de l'actuelle fragmentation du marché des actions américain si propice aux stratégies d'arbitrage des traders à haute fréquence. Ensuite, après avoir défini le trading à haute fréquence, nous en avons analysé les principales caractéristiques. Parmi celles-ci, la colocation semble être la plus importante. Elle consiste pour une firme de trading à haute fréquence à placer ses serveurs informatiques à proximité immédiate des serveurs de la Bourse au sein même du bâtiment de celle-ci. Cette pratique confère aux traders à haute fréquence l'avantage temporel à la base de plusieurs de leurs stratégies.

Il fut ensuite procédé à l'analyse des stratégies les plus couramment utilisées par les traders à haute fréquence. Celles-ci sont réparties en quatre catégories dont la première regroupe les stratégies de *market making*. Par ces stratégies, ces traders agissent en tant que teneurs de marché, notamment en plaçant des ordres limites passifs dans le carnet d'ordres des actions dont ils assurent la liquidité. Une autre de ces stratégies, appelée *liquidity rebates* vise à profiter des primes que les Bourses offrent aux traders qui y apportent de la liquidité. La deuxième catégorie de stratégies regroupe les stratégies d'arbitrage. Celles-ci exploitent la différence de prix entre des actifs corrélés ou entre une action échangée simultanément sur plusieurs Bourses. Les stratégies visant à exploiter la vulnérabilité structurelle du marché ou de certains participants au marché constituent la troisième catégorie de stratégies. Enfin, la dernière catégorie reprend les stratégies directionnelles. Celles-ci consistent pour un trader à haute fréquence à acheter ou vendre un titre suite à la publication de toute information susceptible d'en faire bouger le prix.

Enfin, nous avons répondu à notre question de recherche par l'intermédiaire d'une revue de littérature. Par l'absence d'études scientifiques analysant séparément les effets de chacune de ces stratégies sur les marchés d'actions, nous avons adopté la méthodologie suivante. Nous avons d'abord sélectionné quatre critères de la qualité d'un marché d'actions : la liquidité, le *spread*, la volatilité et la formation des prix. Ceux-ci ont d'ailleurs fait l'objet d'une présentation détaillée. Pour chacun d'entre eux, nous avons regroupé les différentes études scientifiques susceptibles de nous apporter des preuves empiriques quant aux effets des stratégies des traders à haute fréquence sur ceux-ci. Il est ici primordial de faire remarquer que ces études sont postérieures à 2010. En effet, comme expliqué dans ce mémoire, ce n'est qu'à la suite du *flash crash* du 6 mai 2010 et des questions qu'il souleva que la communauté scientifique s'intéressa réellement aux effets du trading à haute fréquence. De plus, la difficulté d'obtention des données de marché constituait également un frein à la publication de telles études. Pour palier à ce problème, le Nasdaq a mis à disposition de la communauté scientifique une base de données comprenant les ordres et les transactions réalisées sur 120 actions au cours des années 2008, 2009 et lors de la première semaine de transaction de l'année 2010. La majorité des études scientifiques de notre revue de littérature est basée sur cette base de données. Une fois ces études scientifiques regroupées par critère, nous avons été à même d'établir le consensus scientifique relatif aux effets des stratégies des traders à haute fréquence sur chacun de ces critères.

Ainsi, la majorité des études scientifiques récemment publiées ont conclu à un effet positif des stratégies de *market making* sur la liquidité du marché des actions américain. Comme expliqué, cela est dû à la capacité technologique des traders à haute fréquence de pouvoir placer ou annuler rapidement des ordres limites passifs au sein du carnet d'ordres d'une action.

Bien qu'il semble qu'aucune étude scientifique n'apporte la preuve empirique de la contribution des stratégies des traders à haute fréquence sur la diminution du *spread* enregistrée depuis le début des années 2000, la majorité des études

scientifiques s'accordent à dire que, par l'intermédiaire des stratégies de *market making*, ceux-ci ont contribué à la diminution générale du *spread*.

Quant aux effets des stratégies des traders à haute fréquence sur la volatilité du marché, les conclusions des études scientifiques semblent être partagées. La majorité des études ont mis en avant que ces stratégies n'exacerbent pas la volatilité du marché. D'autres, moins nombreuses, ont en revanche souligné le fait que ces traders peuvent participer à un accroissement de la volatilité du marché en cas de variation extrême de celui-ci.

Enfin, l'ensemble des études scientifiques examinées ont conclu à un effet positif des stratégies d'arbitrage et des stratégies directionnelles sur le processus de formation des prix. En effet, les traders à haute fréquence ont la capacité technologique d'analyser plus rapidement les informations de marché et de réagir en conséquence. Toutefois, comme l'a souligné Zhang, il semblerait que les traders à haute fréquence n'améliorent le processus de formation des prix que pendant un relativement court instant entourant la publication d'une information.

En conclusion, il semble que les études scientifiques utilisées dans notre revue de littérature s'accordent à dire que les stratégies de *market making* employées par les traders à haute fréquence ont un effet positif sur le *spread* et sur la liquidité du marché des actions américain. Les stratégies d'arbitrage et les stratégies directionnelles semblent quant à elles également avoir un effet positif sur le processus de formation des prix. Quant aux stratégies structurelles, nous avons été confronté à un manque d'études scientifiques analysant les effets de celles-ci sur le marché des actions américain. En effet, nous n'avons pas été en mesure de trouver une étude scientifique analysant en tout ou en partie les quelconques effets de telles stratégies. Nous n'avons pas pu déterminer si ce manque d'étude scientifique est dû à une trop grande complexité dans l'analyse des données liées à ce type de stratégie ou simplement à l'absence de données de marché relatives à ce type de stratégie. Il serait intéressant qu'à l'avenir de telles études scientifiques viennent combler ce manque.

Bibliographie

- Aguilar, A. (2015). *Shedding light on dark pools*. En ligne <https://www.sec.gov/news/statement/shedding-light-on-dark-pools.html>, consulté le 16 juin 2016.
- Aldridge, I. (2010). *High-frequency trading: A practical guide to algorithmic strategies and trading systems*. Hoboken, NJ: Wiley & sons.
- Aldridge, I. (2013). *High-frequency trading: A practical guide to algorithmic strategies and trading systems* (2^e éd.). Hoboken, NJ: Wiley & sons.
- Amihud, Y., & Mendelson, H. (1986). Asset pricing and the bid-ask spread. *Journal of financial Economics*, 17(2), 223-249.
- Angel, J. J., Harris, L. E., & Spatt, C. S. (2011). Equity trading in the 21st century. *The Quarterly Journal of Finance*, 1(01), 1-53.
- Arnuk, S., & Saluzzi, J. (2012). *Broken Markets: How high frequency trading and predatory practices on Wall Street are destroying investor confidence and your portfolio*. Upper Saddle River, NJ: FT Press.
- Bershova, N., & Rakhlin, D. (2013). High-frequency trading and long-term investors: a view from the buy-side. *Journal of Investment Strategies*, 2(2), 25-69.
- Boehmer, E., Li, D., & Saar, G. (2016). Correlated high-frequency trading. *Working Paper*.
- Brogaard, J. (2010). High frequency trading and its impact on market quality. *Northwestern University Kellogg School of Management Working Paper*.

72.

Brogaard, J., Hendershott, T., & Riordan, R. (2014). High-frequency trading and price discovery. *Review of Financial Studies*, 27(8), 2267-2306.

Brogaard, J., Moyaert, T., & Riordan, R. (2013). High frequency trading and market stability. *European Central Bank Working Paper series*, 1602.

Carlson, M. A. (2007). *A brief history of the 1987 stock market crash with a discussion of the Federal Reserve response*. En ligne <https://www.federalreserve.gov/pubs/feds/2007/200713/200713pap.pdf>, consulté le 14 mars 2016.

Carrion, A., (2013). Very fast money: high-frequency trading on the Nasdaq. *Journal of Finance Markets*, 16(4), 680-711.

Castura, J., Litzenberger, R., Gorelick, R., & Dwivedi, Y. (2010). Market efficiency and microstructure evolution in US equity markets: A high-frequency perspective. *Russell The Journal Of The Bertrand Russell Archives*, 24, 1-18.

Chlistalla, M., Speyer, B., Kaiser, S., & Mayer, T. (2011). High-frequency trading. *Deutsche Bank Research*, 7.

Degryse, H., & Van Achter, M. (2001). Alternative trading systems and liquidity. *Katholieke Universiteit Leuven, Center for Economic Studies, Discussion paper series*.

Curtis, G. (2015). *The basics of the bid-ask spread*. En ligne <http://www.investopedia.com/articles/trading/121701.asp?ad=dirN&qo=investopediaSiteSearch&qsrc=0&o=40186>, consulté le 23 avril 2016.

Ding, S., Hanna, J., & Hendershott, T. (2014). How slow is the NBBO ? A comparison with direct exchange feeds. *The financial Review*, 49, 313-332.

Financial Industry Regulatory Authority. (2016). *FINRA Issues First Cross-Market Report Cards Covering Spoofing and Layering*. En ligne

<http://www.finra.org/newsroom/2016/finra-issues-first-cross-market-report-cards-covering-spoofing-and-layering>, consulté le 10 mai 2016.

Gayraud, J-F. (2014). *Le nouveau capitalisme criminel*. Paris: Odile Jacob.

Gomber, P., Arndt, B., Lutat, M., & Uhle, T. (2011). High-frequency trading. *Goethe Universität, Working Paper*

Groth, S. (2011). Does algorithmic trading increase volatility? Empirical evidence from the fully-electronic trading platform xetra. *Wirtscha informatik Proceedings. Paper 112.*

Hasbrouck, J., & Saar, G. (2013). Low-latency trading. *Journal of finance markets*, 16, 646-679.

Hendershott, T. (2003). Electronic trading in financial markets. *IT Professional Magazine*, 5(4), 10-14.

Hendershott, T., & Riordan, R. (2009). Algorithmic trading and information. *Manuscript, University of California, Berkeley.*

Hoste, O., (2015). *L'impact du trading à haute fréquence sur la stabilité et l'intégrité des marchés financiers* (Mémoire de master). Louvain School of Management, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve. En ligne <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:2532>, consulté le 10 mai 2016.

Hull, J. (2013). *Gestion des risques & institutions financières* (3è éd.), (C. Godlewski & M. Merli, Trad.). Montreuil: Pearson France. (Œuvre originale publiée en 2012).

Hull, J. (2007). *Options, futures et autres actifs dérivés* (6è éd.), (P. Roger, C. Hénot, & L. Deville, Trad.). Paris: Pearson Education France. (Œuvre originale publiée en 2006)

Jarnecic, E., & Snape, M. (2010). An analysis of trades by high frequency participants on the London Stock Exchange. In *17th Annual Conference of the Multinational Finance Society MFS*, 30.

Jovanovic, B., & Menkveld, A. J. (2011). Middlemen in limit order markets. *Western finance association (WFA)*.

Kaya, O. (2016). High-frequency trading: Reaching the limits. *Deutsche Bank Research, Working paper*.

Kirilenko, A. A., Kyle, A. S., Samadi, M., & Tuzun, T. (2016). The flash crash: The impact of high frequency trading on an electronic market. *Journal of finance, Working paper*.

Lelièvre, F. & Pilet, F. (2013). *Krach machine: Comment les traders à haute fréquence menacent de faire sauter la Bourse*. Paris: Calmann-Lévy.

Lewis, M. (2014). *Flash boys: A Wall Street revolt*. New-York: Norton

Lucet, E. (Réalisateur). (2012) *Cash investigation – La finance folle: l'attaque des robots traders*. France : France 2. En ligne <http://www.francetvinfo.fr/replay-magazine/france-2/cash-investigation/2.html>, consulté le 20 novembre 2015.

McAndrews, J., & Stefanadis, C. (2000). The emergence of electronic communications networks in the US equity markets. *Current Issues in Economics and Finance*, 6(12), 1-6.

McGowan, M. J. (2010). Rise of computerized high frequency trading: Use and controversy.

Duke Law & Technology Review.

Narang, R.K. (2013). *Inside the black box: A simple guide to quantitative and high-frequency trading* (2è éd.). Hoboken, NJ : Wiley & sons.

Nille, J. & Colmant, B. (2014). *La Bourse, une machine infernale: Histoire de la Bourse du XVII^e au XXI^e siècle*. Waterloo, Belgique: Renaissance du livre.

Rijper, T., Sprekeler, W., & Kip, S. (2011). *High frequency trading*. Position paper. En ligne <http://www.optiver.com/corporate/hft.pdf>, consulté le 10 février 2016.

Rosov, S. (2015). Liquidity in Equity Markets: Characteristics, Dynamics, and Implications for Market Quality. *Codes, Standards, and Position Papers, 2015(7)*, 1-47.

U.S. Securities and Exchange Commission, & U.S. Commodity Futures Trading Commission. (2010a). *Preliminary findings regarding the market events of May 6, 2010*. En ligne <https://www.sec.gov/sec-cftc-prelimreport.pdf>, consulté le 10 février 2016.

U.S. Securities and Exchange Commission, & U.S. Commodity Futures Trading Commission. (2010b). *Findings regarding the market events of may 6, 2010*. En ligne <https://www.sec.gov/news/studies/2010/marketevents-report.pdf>, consulté le 21 février 2016.

U.S. Securities and Exchange Commission. (1998). *Regulation of exchanges and alternative trading systems*. En ligne <https://www.sec.gov/rules/proposed/34-39884.pdf>, consulté le 14 mars 2015.

U.S. Securities and Exchange Commission. (2000). *Fast answers*. En ligne <https://www.sec.gov/answers/mktmaker.htm>, consulté le 18 mai 2016.

U.S. Securities and Exchange Commission. (2002). *Fast answers*. En ligne <https://www.sec.gov/answers/spread.htm>, consulté le 20 mai 2016.

U.S. Securities and Exchange Commission. (2004). *Regulation National Market System*. En ligne <https://www.sec.gov/rules/final/34-51808.pdf>, consulté le 18 mars 2016.

U.S. Securities and Exchange Commission. (2010c). *Concept release on equity market structure*. En ligne <https://www.sec.gov/rules/concept/2010/34-61358.pdf>, consulté le 21 mars 2016.

U.S. Securities and Exchange Commission. (2012). *Dodd-Franck Wall Street Reform and Consumer Protection Act*. En ligne <https://www.sec.gov/about/laws/wallstreetreform-cpa.pdf>, consulté le 14 avril 2016.

U.S. Securities and Exchange Commission. (2013). *Equity market structure literature review. Part I : Market fragmentation*. En ligne, <https://www.sec.gov/marketstructure/research/fragmentation-lit-review-100713.pdf>, consulté le 10 avril 2016.

U.S. Securities and Exchange Commission. (2014). *Equity market structure littérature review. Part II : High frequency trading*. En ligne https://www.sec.gov/marketstructure/research/hft_lit_review_march_2014.pdf, consulté le 8 avril 2016.

U.S. Securities and Exchange Commission. (s.d.). *Liquidity (or marketability)*. En ligne https://www.investor.gov/glossary/glossary_terms/liquidity-or-marketability, consulté le 12 avril 2016.

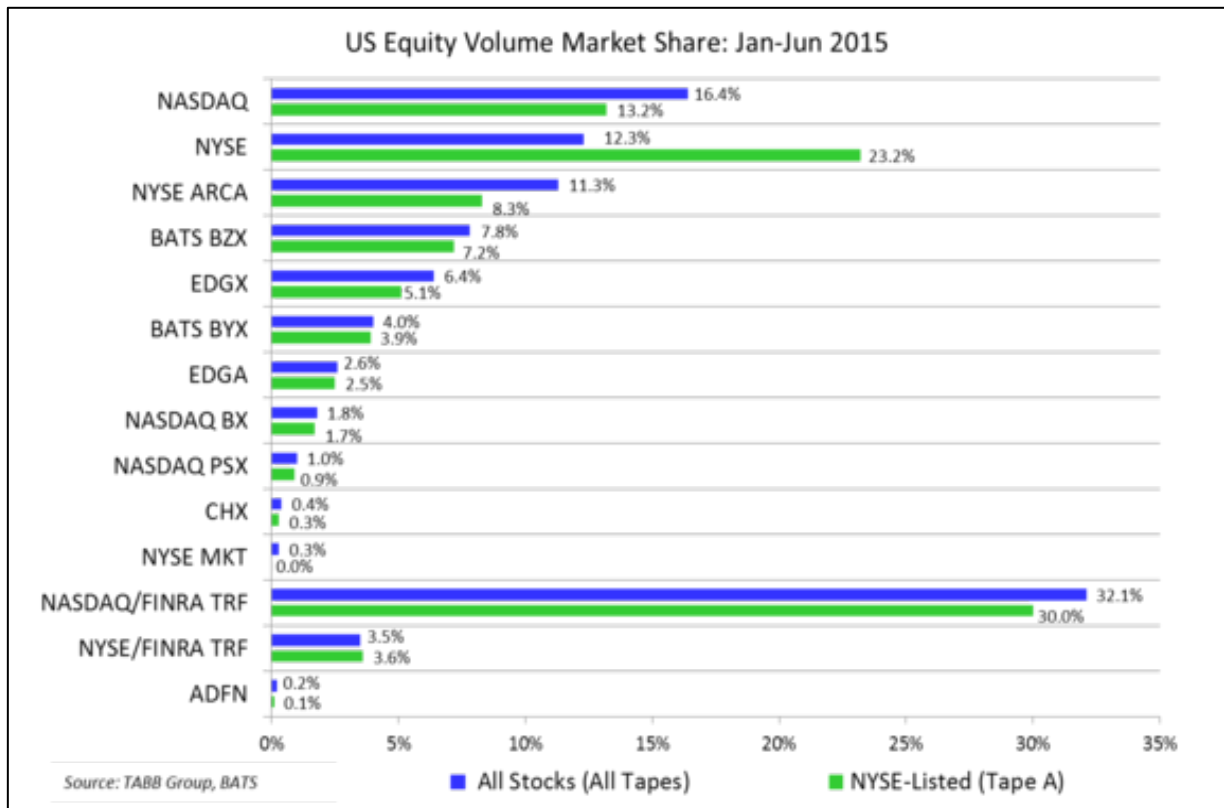
Vaananen, J. (2015). *Dark pools & high frequency trading for dummies*. Chichester, Angleterre: Wiley & sons.

Wah, E., & Wellman, M. P. (2013). Latency arbitrage, market fragmentation, and efficiency: A two-market model. In *Proceedings of the fourteenth ACM conference on Electronic commerce*, 855-872.

Zhang, S. (2012). Need for speed: An empirical analysis of hard and soft information in a high frequency world. *Manchester Business School, University of Manchester, Working paper*.

Zhang, S., & Riordan, R. (2011). Technology and market quality: the case of high frequency trading. *Technology and Market*.

Annexe 1 : Parts de marché des transactions sur actions aux Etats-Unis



Annexe 2 : Définitions du trading algorithmique

Academic Definitions Algorithmic Trading			
Authors	Title	Year	Def. Algorithmic Trading
Jarnecic, Elvis; Snape, Mark	An analysis of trades by high frequency participants on the London Stock Exchange	2010	Algorithmic trading is the use of computer algorithms to execute human generated, pre-designated trading decisions and is designed specifically to minimize price impact.
Hendershott, Terrence; Riordan, Ryan	Algorithmic Trading and Information	2009	The speed and quality of access to such markets encourages the use of algorithmic trading (AT denotes algorithmic traders as well), commonly defined as the use of computer algorithms to automatically make trading decisions, submit orders, and manage those orders after submission.
Prix, Johannes; Loistl, Otto; Huetl, Michael	Algorithmic Trading Patterns in Xetra Orders	2007	Computerized trading controlled by algorithms.
Chaboud, Alain; Benjamin, Chiquoine; Hjalmarsson, Erik; Vega, Clara	Rise of the Machines: Algorithmic Trading in the Foreign Exchange Market	2009	[...] algorithmic trading, where computer algorithms directly manage the trading process at high frequency [...]; [...] In algorithmic trading (AT), computers directly interface with trading platforms, placing orders without immediate human intervention. The computers observe market data and possibly other information at very high frequency, and, based on a built-in algorithm, send back trading instructions, often within milliseconds. A variety of algorithms are used: for example, some look for arbitrage opportunities, including small discrepancies in the exchange rates between three currencies; some seek optimal execution of large orders at the minimum cost; and some seek to implement longer-term trading strategies in search of profits. Among the most recent developments in algorithmic trading, some algorithms now automatically read and interpret economic data releases, generating trading orders before economists have begun to read the first line.
Domowitz, Ian; Yegerman, Henry	The Cost of Algorithmic Trading: A First Look at Comparative Performance	2006	Like Grossman [2005], we generally define algorithmic trading as the automated, computer-based execution of equity orders via direct market-access channels, usually with the goal of meeting a particular benchmark.
Hendershott, Terrence; Jones, Charles M.; Menkveld, Albert J.	Does Algorithmic Trading Improve Liquidity?	2009	Many market participants now employ AT, commonly defined as the use of computer algorithms to automatically make certain trading decisions, submit orders, and manage those orders after submission.
Brownlees, Christian T.; Cipollini, Fabrizio; Gallo, Giampiero M.	Intra-daily Volume Modeling and Prediction for Algorithmic Trading	2010	The last few years have witnessed a widespread development of automated order execution systems, typically known in the financial industry as algorithmic (or algo) trading. Such algorithms aim at enhancing order execution by strategically submitting orders: computer-based pattern recognition allows for instantaneous information processing and for subsequent action taken with limited (if any) human judgment and intervention.
Foucault, Thierry; Kadan, Ohad; Kandel, Eugene	Liquidity Cycles and Make/Take Fees in Electronic Markets	2009	The automation of monitoring and orders submission.
Gsell, Markus; Gomber, Peter	Catching up with technology – The impact of regulatory changes on ECNs/MTFs and the trading venue landscape in Europe	2006	Algorithmic Trading emulates a broker's core competence of slicing a big order into a multiplicity of smaller orders and of timing these orders to minimize market impact via electronic means.

Source : (Gomber et al., 2014, p. 74)

Annexe 3 : Définitions du trading à haute fréquence

Academic Definitions High-Frequency Trading			
Authors	Title	Year	Definition of High-Frequency Trading
Jovanovic, Boyan; Menkveld, Albert J.	Middlemen in Limit Order Markets	2010	Electronic limit order markets enable agents to automate trading decisions. Computer algorithms are used to either minimize transaction cost when trading into position ('working' an order through time and across markets or to simply profit from buying and selling securities as a middleman). This latter type is the focus of our study and is often referred to as high-frequency trading (HFT).
Jarncic, Elvis; Snape, Mark	An analysis of trades by high frequency participants on the London Stock Exchange	2010	HFT is the use of high-speed computer algorithms to automatically generate and execute trading decisions for the specific purpose of making returns on proprietary capital.
Cvitani, Jaksá; Kirilenko, Andrei	High Frequency Traders and Asset Prices	2010	HFT typically refers to trading activity that employs extremely fast automated programs for generating, routing, canceling, and executing orders in electronic markets. HF traders submit and cancel a massive number of orders and execute a large number of trades, trade in and out of positions very quickly, and finish each trading day without a significant open position.
Brogaard, Jonathan A.	High Frequency Trading and its Impact on Market Quality	2010	HFT is a type of investment strategy whereby stocks are rapidly bought and sold by a computer algorithm and held for a very short period [...] HFT is a subset of algorithmic trading (AT). AT is defined as "the use of computer algorithms to automatically make trading decisions, submit orders, and manage those orders after submission" (Hendershott and Riordan, 2009). AT and HFT are similar in that they both use automatic computer generated decision making technology. However, they differ in that ATs may have holding periods that are minutes, days, weeks, or longer, whereas HFTs hold their position for a very short time and try to close the trading day in a neutral position. Thus, HFT is a subset of AT, but not all AT is HFT.
Kirilenko, Andrei; Samadi, Mehrdad; Kyle, Albert S.; Tuzun, Tugkan	The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on an Electronic Market	2010	We define Intermediaries as those traders who follow a strategy of buying and selling a large number of contracts to stay around a relatively low target level of inventory. Specifically, we designate a trading account as an Intermediary if its trading activity satisfies the following two criteria. First, the account's net holdings fluctuate within 1.5% of its end of day level. Second, the account's end of day net position is no more than 5% of its daily trading volume. Together, these two criteria select accounts whose trading strategy is to participate in a large number of transactions, but to rarely accumulate a significant net position. We define high frequency traders as a subset of intermediaries, who individually participate in a very large number of transactions. Specifically, we order Intermediaries by the number of transactions they participated in during a day (daily trading frequency), and then designate accounts that rank in the top 3% as high frequency traders. Once we designate a trading account as a HFT, we remove this account from the Intermediary category to prevent double counting.

Source : (Gomber et al., 2014, p. 76)

Annexe 4 : How spoofing works

How Spoofing Works

Traders spoof by offering an artificial price for a contract, profiting when they dupe others into buying or selling at that price, as in the hypothetical below.

Part 1

Spoofers offer to sell a large order of E-mini S&P 500 contracts at **\$2,091.75** each.

Other **sellers** offer to join him at that price, thinking that the current selling price of **\$2,092.25** is going down.

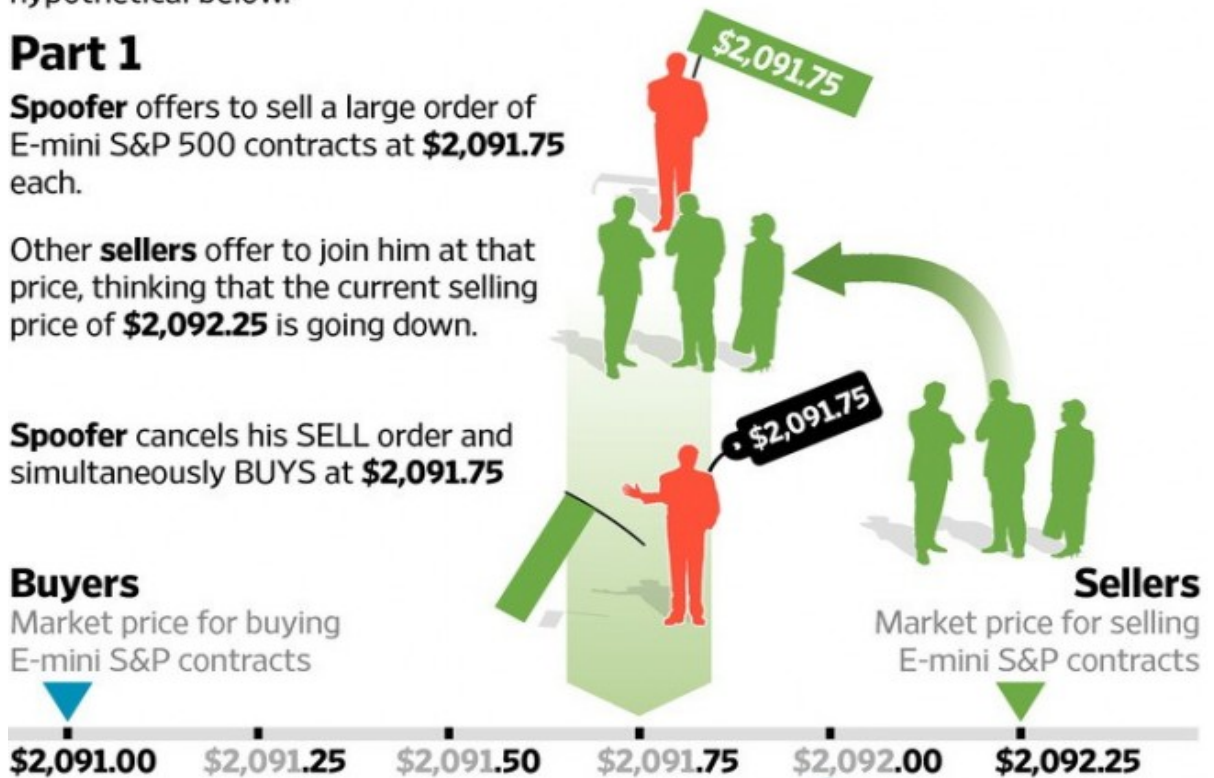
Spoofers cancel his SELL order and simultaneously **BUY**s at **\$2,091.75**

Buyers

Market price for buying E-mini S&P contracts

Sellers

Market price for selling E-mini S&P contracts



Part 2

(reverse of Part 1)

Spoofers put in a large order to **BUY** at **\$2,092.00**

Buyers join him at this price.

He then cancels this **BUY** order and simultaneously **SELLS** an order at **\$2,092.00**.



The result is that the spoofer bought contracts at **\$2,091.75** and then turned around and sold for **\$2,092.00**, making a profit of **\$0.25** on each of thousands of contracts. Using this method to buy and sell numerous large orders can net the spoofer big cumulative profits in just a few hours.



Sources: WSJ review of exchanges guidelines; U.S. Commodity Futures Trading Commission

THE WALL STREET JOURNAL.