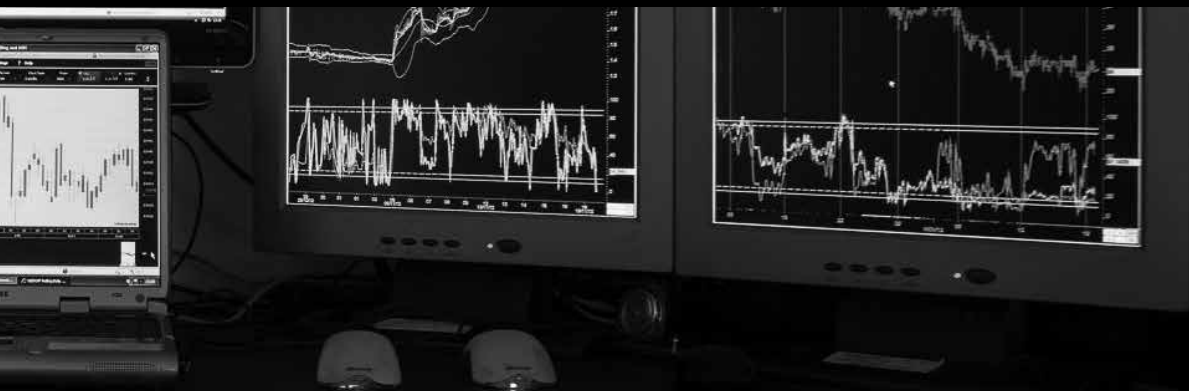


*LE HIGH FREQUENCY TRADING*  
**L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE  
AU SERVICE DE LA  
SPÉCULATION BOURSIÈRE**



**IRIS**

Institut de recherche  
et d'informations  
socio-économiques

Caroline Joly chercheure associée



# INTRODUCTION

---

Lorsque l'on parle de *Bourse* et de *trading*, l'image qui nous vient à l'esprit est généralement celle, quasi mythique, d'une salle de marché remplie d'individus hurlant et agitant les bras dans tous les sens. Or, cette image appartient au passé. Aujourd'hui, les parquets des Bourses sont vides. En effet, l'époque où les titres financiers étaient échangés par des humains est virtuellement révolue. Désormais, plus des deux tiers des transactions financières mondiales sont effectuées par des ordinateurs ultrarapides capables de vendre ou d'acheter plus d'un millier de produits financiers avant qu'un être humain puisse même cligner des yeux. Connue sous le nom de *high frequency trading*, cette pratique consiste à utiliser des intelligences artificielles afin de détecter les micromouvements de marché et d'en tirer un maximum. Loin de ressembler au perfide HAL 9000 du film *2001 : L'odyssée de l'espace* ou au diabolique Skynet de *Terminator*, ces nouveaux robots *traders* transforment néanmoins la sphère financière. Bien qu'ils soient utilisés depuis environ une décennie par certaines firmes spécialisées, ce n'est que depuis le krach éclair de mai 2010 que l'on s'y intéresse. Dans cette brochure, nous tenterons de comprendre le *high frequency trading* (HFT), d'abord en tant que pratique consistant à utiliser des dispositifs techniques ultrasophistiqués à des fins exclusivement spéculatives, puis en tant que contexte dans lequel se déroulent dorénavant les activités boursières. Nous nous intéresserons par la suite aux questionnements et controverses soulevés par ce nouveau phénomène, puis conclurons en présentant les différentes réglementations suggérées afin d'encadrer cette nouvelle pratique.

# 1 QU'EST-CE QUE LE *HIGH FREQUENCY TRADING* ?

---

Il existe plusieurs définitions du HFT. De façon très générale, la Banque du Canada définit cette pratique comme étant « la mise en œuvre très rapide de stratégies de négociation automatisées qui permettent l'exécution d'un grand nombre d'opérations en de courts laps de temps, dans le but de profiter d'écarts de prix ou d'autres inefficiences observés sur les marchés<sup>1</sup> ». De façon plus spécifique, le HFT consiste à utiliser des intelligences artificielles<sup>2</sup>, à savoir de puissants algorithmes mathématiques, afin d'effectuer des transactions boursières le plus rapidement possible. Échangeant des titres avec une rapidité de l'ordre d'un demi-millionième de seconde, soit un million de fois plus vite qu'un être humain, ces robots *traders* sont essentiellement utilisés à des fins spéculatives par des investisseurs qui opèrent pour leur propre compte, sur des horizons d'extrême court terme. Pour bien comprendre cette nouvelle forme de *trading* où l'intelligence artificielle remplace l'humain et devient elle-même un acteur financier, regardons d'abord en quoi consiste la spéculation.

## La spéculation boursière

---

De façon générale, on considère que le rôle de l'activité boursière consiste à évaluer la capacité à long terme des entreprises à faire du profit, afin d'investir dans les plus rentables d'entre elles. Contrairement à ce type de pratique qui est exclusivement tournée vers l'économie productive, la spéculation est quant à elle uniquement centrée sur les marchés financiers eux-mêmes. En effet, plutôt que de s'intéresser aux rendements futurs des firmes cotées, elle ne s'occupe que des variations anticipées des cours boursiers. Pour dire les choses plus simplement, ce sont les fluctuations momentanées des prix des titres financiers qui intéressent le spéculateur ou la spéculatrice, et non le profit à venir que peut lui rapporter son investissement dans une entreprise donnée. Les principales stratégies spéculatives à partir desquelles il est possible de tirer avantage de l'évolution des cours de la Bourse sont le *market making* et l'arbitrage. Ces stratégies ne sont pas nouvelles : elles existent depuis que les marchés financiers se sont institutionnalisés. Ce qui est réellement nouveau avec le HFT, c'est que ces stratégies sont non seulement exécutées par des intelligences artificielles, mais elles le sont à une vitesse qui dépasse largement les capacités humaines. Examinons de plus près ces différentes tactiques.

## LE MARKET MAKING

Le *market making* est une pratique fort simple qui consiste à « acheter à petit prix et à revendre plus cher ». C'est sur le décalage entre le prix offert à la vente d'un titre et le prix offert à son achat – décalage que l'on nomme le *bid-ask spread* ou encore la « fourchette de prix » – que repose cette stratégie. En effet, un investisseur qui désire accomplir une transaction à un moment X peut trouver le prix du titre à échanger trop bas s'il veut le vendre ou trop élevé s'il veut l'acheter. Il doit alors attendre avant d'envoyer un *ordre*, c'est-à-dire avant de transmettre à la place boursière avec qui il fait affaire sa décision de vendre ou d'acheter le titre en question. Le *market making* consiste à tirer avantage de

## QU'EST-CE QU'UN ALGORITHME MATHÉMATIQUE ?

PAR XAVIER VAUTIER

INGÉNIEUR EN SCIENCES COGNITIVES ET INFORMATIQUE AVANCÉE

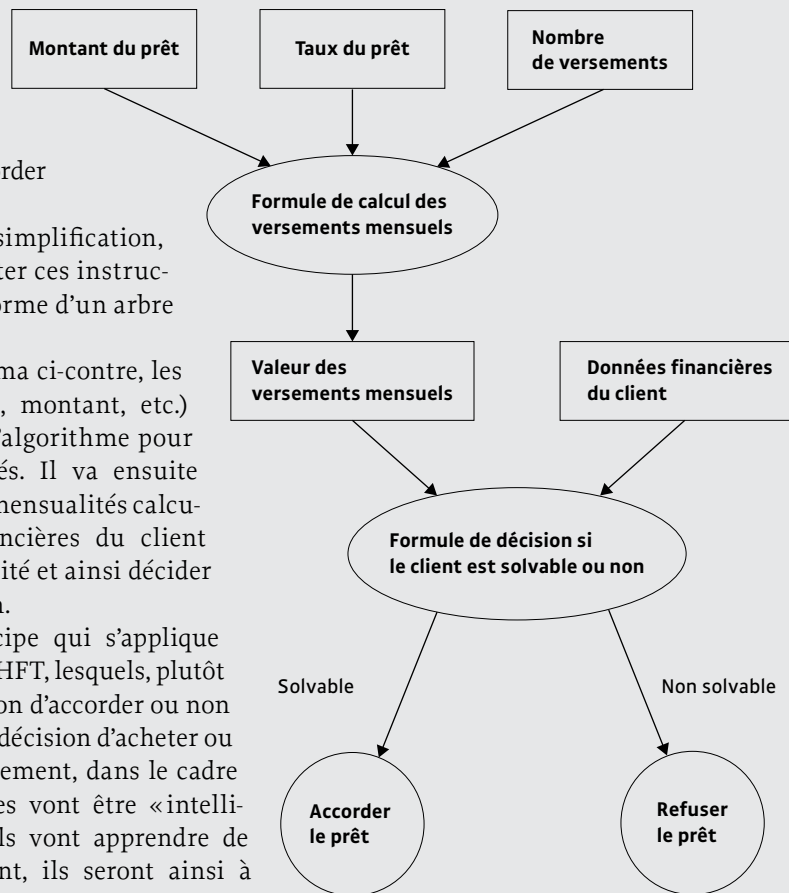
Un algorithme est une suite d'instructions logiques visant à trouver une solution à un problème. L'ordinateur ne fonctionnant que sur une base mathématique, le problème doit impérativement être traduit sous forme de variables, opérations et formules mathématiques. En ce sens, la première tâche d'un informaticien sera de comprendre un problème survenant dans le monde réel et de le transformer en une équation mathématique afin que ledit problème soit résolu par un algorithme.

Par exemple, si un informaticien doit créer un algorithme visant à prendre la décision d'accorder ou non un prêt bancaire à un client, il devra prendre notamment en considération : 1) les variables (le montant du prêt, du taux d'intérêt et le nombre de versements); 2) les informations bancaires du client; 3) les méthodes à partir desquelles se calculent les remboursements mensuels; et 4) la façon dont un banquier prend la décision d'accorder un prêt ou non.

Dans un souci de simplification, nous pouvons représenter ces instructions logiques sous la forme d'un arbre décisionnel.

Comme dans le schéma ci-contre, les données du prêt (taux, montant, etc.) vont être utilisées par l'algorithme pour calculer les mensualités. Il va ensuite comparer la valeur des mensualités calculées aux données financières du client pour estimer sa solvabilité et ainsi décider d'accorder le prêt ou non.

C'est le même principe qui s'applique pour les algorithmes de HFT, lesquels, plutôt que de prendre la décision d'accorder ou non un prêt, vont prendre la décision d'acheter ou de vendre un titre. Seulement, dans le cadre du HFT, les algorithmes vont être «intelligents», c'est-à-dire qu'ils vont apprendre de leurs erreurs. Ce faisant, ils seront ainsi à même de créer dynamiquement de nouvelles feuilles à l'arbre décisionnel. Ces nouvelles décisions seront alors imprédictibles.



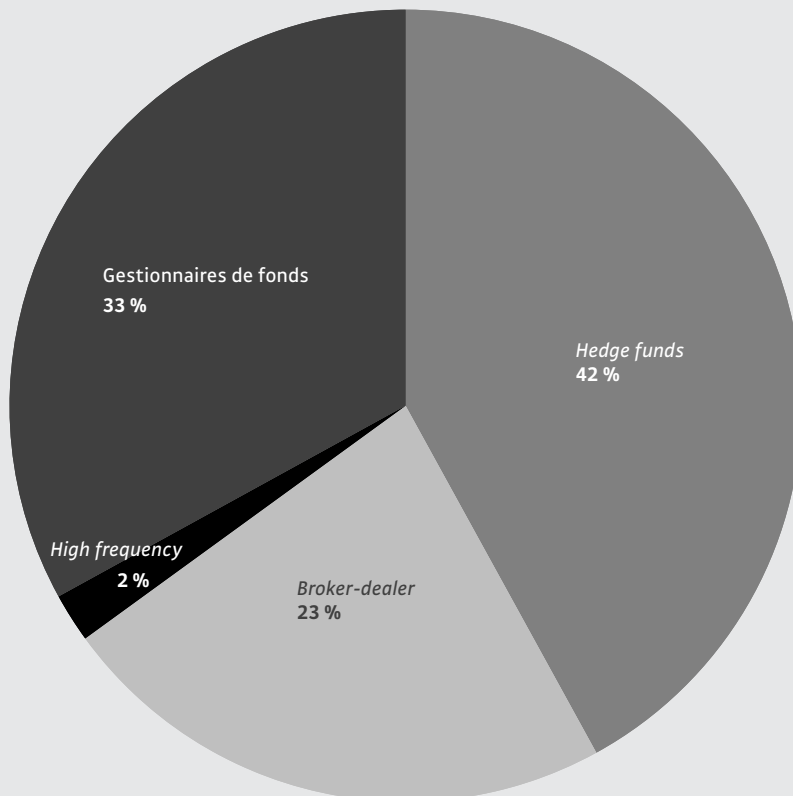
cette situation en achetant le titre à un prix un peu moins élevé que celui qui est offert par un investisseur qui désire vendre et en le revendant à un prix un peu plus élevé que celui auquel l'investisseur désireux d'acheter est prêt à payer. En fait, il est possible de comparer le rôle du spéculateur s'adonnant au *market making* à celui du concessionnaire de voitures usagées qui achète ces dernières à petit prix, non pas dans le but de les conduire lui-même, mais pour les revendre plus cher. Tout comme le concessionnaire ne se soucie guère des caractéristiques de la voiture, le *market maker* n'a aucun intérêt pour le produit à échanger, à savoir le titre et, plus particulièrement, ce qu'il peut rapporter à long terme. Ce qui l'intéresse, c'est le profit qu'il peut tirer de la fourchette de prix. Supposons, par exemple, que la meilleure offre d'achat pour un titre financier soit celle d'un investisseur prêt à payer un maximum de 10,00 \$, et que la meilleure offre de vente soit celle d'un investisseur prêt à s'en départir pour 10,10 \$. Nous sommes devant une situation sans issue, puisque l'acheteur refuse de payer plus de 10,00 \$, alors que le vendeur n'accepte pas de le vendre à moins de 10,10 \$. Afin de tirer profit de cet état de fait, le spéculateur va proposer d'acheter le titre à 10,04 \$ et de le revendre

à 10,06 \$, faisant ainsi un profit de 0,02 \$. Profitant de l'écart entre le prix de vente et le prix d'achat d'un titre financier, le spéculateur le plus rapide, soit celui parvenant à détecter cette fourchette et à l'exploiter le premier, réalise donc un profit de quelques cents sur chaque transaction. Ces maigres gains peuvent paraître dérisoires, mais, multipliés des milliers de fois – 1500 fois par seconde dans le cas des robots *traders* –, ils s'accumulent et deviennent d'importants profits. Par ailleurs, si le *market making* constitue une stratégie spéculative très lucrative, l'arbitrage en représente une autre.

## L'ARBITRAGE

L'arbitrage est la deuxième pratique spéculative à partir de laquelle il est possible de profiter de la fluctuation des cours boursiers. Bien qu'il en existe plusieurs formes, son principe reste toujours le même : tirer avantage de l'écart de prix entre deux produits financiers structurellement ou statistiquement corrélés. Dans le cas de ce que l'on nomme « l'arbitrage structurel », il s'agit essentiellement d'observer le cours d'un même titre financier sur différents marchés et de tirer profit des écarts de prix. Par exemple, supposons qu'un titre financier donné se vende en même temps 4,90 \$ à la Bourse de Toronto et 5,00 \$ à la Bourse de New York. Un spéculateur s'adonnant

**GRAPHIQUE 1** Ensemble des firmes (par catégorie) opérant sur les marchés boursiers aux États-Unis (100% = 20 000 firmes)



Source : Robert Iati, « The Real Story of Trading Software Espionage », *The TABB Group*, 10 juillet 2009.

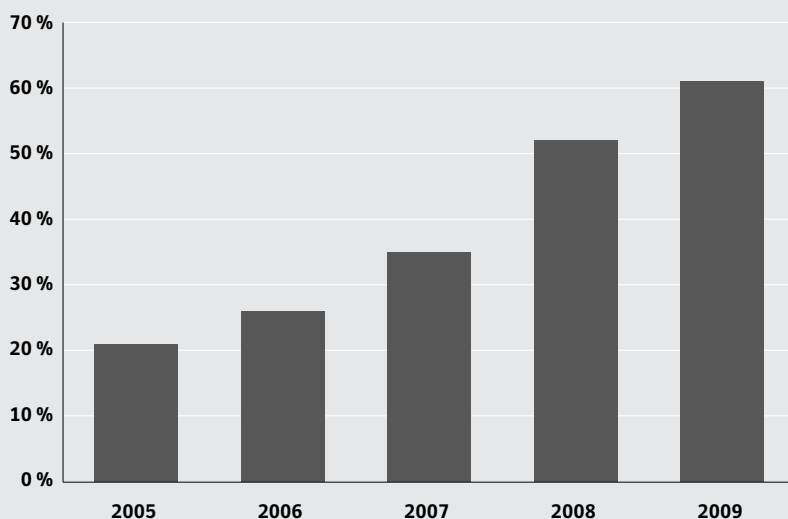
à l'arbitrage structurel tirera dès lors avantage de cette situation en achetant le titre à 4,90 \$ à Toronto et en le revendant aussitôt 5,00 \$ à New York, car cela lui permettra d'empocher un profit de 0,10 \$ sur chaque titre acheté et revendu de cette manière. Dit simplement, il s'agit de détecter les « écarts d'affichage » momentanés survenant sur les marchés et d'en tirer un maximum de profit. Il va de soi que, tout comme dans le *market making*, il est primordial pour profiter de ces écarts que le spéculateur les détecte avant les autres. Ainsi, plus il sera rapide, plus ses opportunités de tirer avantage de ces « écarts d'affichage » seront multipliées.

À côté de cette catégorie d'arbitrage de nature structurelle, il en existe une autre, beaucoup plus complexe et risquée : l'arbitrage statistique. Dans le cadre de cette pratique, il ne s'agit plus seulement de s'intéresser aux « écarts d'affichage », mais bien au comportement de deux instruments financiers qui, bien que différents, évoluent de façon très similaire. On tente alors de pré-

voir le prix de l'un en fonction de l'autre afin d'effectuer un maximum de profit. En d'autres termes, cela consiste, à partir de calculs extrêmement complexes prenant en considération une quantité innombrable d'informations, à établir statistiquement le niveau de corrélation entre deux produits financiers différents et, sur la base de cette même corrélation, à parier que ceux-ci varieront de la même manière dans le temps. Prenons un exemple concret. Coca-Cola et Pepsi sont deux compagnies différentes qui, néanmoins, produisent toutes les deux des boissons gazeuses comparables. On peut donc déduire que si un événement impromptu donné affecte la production de boisson chez Coca-Cola, il perturbera la production chez Pepsi de façon similaire. À partir d'un calcul statistique complexe, on peut alors établir que lorsque le prix des actions d'une compagnie variera, le prix des actions de l'autre tendra à varier dans le même sens. Ainsi, si un événement X vient perturber le cours des actions de Coca-Cola, on peut prédire que le

cours de celles de Pepsi évoluera de la même manière. Sur la base de cette prédiction, le spéculateur s'adonnant à l'arbitrage statistique tentera dès lors de profiter de cette situation en achetant ou en vendant les actions de Pepsi avant même que le prix de celles-ci n'ait encore varié. Encore une fois, la vitesse devient un enjeu important ici, car il s'agit d'avoir accès aux informations pouvant faire varier les cours d'un produit financier le plus rapidement possible, et d'être le premier à prendre le pari et à agir. Cette pratique est cependant risquée, car, aussi élevé que puisse être le niveau de corrélation statistique entre deux produits, il existe toujours une marge d'erreur et, donc, une possibilité plus ou moins élevée pour le spéculateur de perdre son pari.

**GRAPHIQUE 2** Part (en %) du volume des transactions haute fréquence effectuées sur le marché des actions aux États-Unis



Source : Robert Tabb, *Industry Overview: Market Evolution – Where are We and What Will Happen Next?*, The TABB Group, 11 mars 2010, 37 p.

Maintenant que nous avons vu en quoi consistent le *market making* et l'arbitrage structurel et statistique, nous comprenons mieux le lien entre la spéculation boursière et le HFT. En effet, nous voyons qu'il s'agit d'une pratique consistant à utiliser des dispositifs techniques ultrasophistiqués afin de détecter le plus rapidement possible les inefficiences momentanées survenant sur les marchés boursiers et d'en tirer un maximum de profit. Aujourd'hui, plus des deux tiers des transactions financières mondiales sont effectuées par des intelligences artificielles ultrarapides. En fait, si les firmes de HFT représentent seulement 2 % des 20 000 firmes opérant sur les marchés états-uniens, elles effectuent néanmoins plus de 45 % des transactions haute fréquence (lesquelles représentent plus de 70 % du volume total des transactions boursières)<sup>3</sup>. En ce qui concerne l'Europe, le HFT représentait 37 % de l'activité boursière en 2012, contre seulement 1 % en 2005<sup>4</sup>.



## 2 LA TECHNOLOGIE, NERF DE LA GUERRE DU HFT

Le HFT est donc une pratique qui repose sur l'utilisation d'intelligences artificielles agissant sur une échelle de temps de l'ordre d'un demi-millionième de seconde. De façon générale, depuis l'émergence de cette nouvelle catégorie d'activité boursière, ce ne sont plus les humains qui prennent les décisions de vendre ou d'acheter un titre, mais des algorithmes mathématiques autonomes, ultrarapides et dotés d'une capacité supérieure de calcul et d'exécution. Les deux piliers technologiques du HFT sont donc le recours aux algorithmes et la vitesse de traitement des données et des ordres. Examinons ces deux piliers.

### Les algorithmes

Profiter des inefficiences passagères survenant sur les marchés financiers implique plusieurs choses. Dans le cas du *market making* et de l'arbitrage structurel, cela signifie évidemment que soient rapidement repérés les écarts de prix. Dans le cas beaucoup plus complexe de l'arbitrage statistique, cela suppose que soient analysées toutes les informations qui transforment la compréhension que les investisseurs ont des marchés financiers et qui, par conséquent, peuvent affecter les cours boursiers. De nature multiple et différente, ces informations peuvent être regroupées en trois catégories distinctes.

- » **L'actualité.** Ces renseignements sont essentiellement ceux que l'on retrouve dans les médias de masse. Rédigées par des journalistes, ces informations sont réputées fiables et apparaissent dans les journaux à grand tirage ou dans les bulletins de nouvelles radio ou télé.
- » **Les données brutes.** Les données brutes sont celles dont se servent les journalistes pour écrire leur article ou construire leur reportage. Elles proviennent de sources primaires, particulièrement des banques de données d'instances gouvernementales et paragouvernementales, telles que l'Autorité des marchés financiers ou la Banque du Canada. En somme, les données brutes sont celles qui appartiennent au domaine public. Elles peuvent donc concerner autant les données comptables des entreprises cotées que les décisions juridiques concernant ces mêmes entreprises.
- » **Le Web 2.0 et les médias sociaux.** Ces informations proviennent des blogs et des réseaux sociaux. Comme elles peuvent être écrites et lues par à peu près n'importe qui, la qualité de ce type de données est parfois douteuse. Ce faisant, les informations glanées sur ces plate-formes sont donc souvent fausses ou de l'ordre de la rumeur. Cela dit, elles sont très importantes, car elles peuvent considérablement affecter les cours boursiers en modifiant les croyances des investisseurs financiers.

Être le plus rapide à repérer les écarts de prix et à analyser l'ensemble de ces informations est primordial pour l'individu désirant s'adonner à la spéculation. Or, lorsque les marchés financiers

deviennent trop complexes, c'est-à-dire lorsque le nombre d'instruments financiers augmente considérablement et que les places boursières où les échanger se multiplient, les écarts de prix desquels on peut tirer profit deviennent beaucoup trop nombreux pour être repérés par les *traders* humains. Du même coup, les informations à considérer deviennent également trop importantes et trop dispersées pour être récoltées et analysées par l'esprit humain. C'est à ce moment que le recours aux algorithmes devient impératif. Le principe qui sous-tend cette utilisation est fort simple. Il s'agit d'abord d'automatiser le processus linéaire de repérage de prix, de même que celui, beaucoup plus complexe, de recherche et d'analyse de l'information affectant les cours boursiers, afin de pallier aux limites cognitives des *traders*. Dorénavant, ce sont donc les algorithmes qui vont fouiller les bases de données, le Web et les réseaux sociaux. Pour ce faire, ils seront programmés pour lire tant les données numériques que le langage humain (texte).

Mais les algorithmes de HFT ne sont pas seulement destinés à l'exécution de tâches complexes. Ce sont eux qui prennent désormais les décisions de vendre ou d'acheter des titres, alors qu'autrefois, ces mêmes décisions relevaient en dernière instance des *traders* humains. Or, pour agir de façon « éclairée », les algorithmes utilisés par les spéculateurs afin de profiter des inefficiences passagères survenant sur les marchés boursiers ne peuvent pas simplement se limiter à leur capacité supérieure de repérage et de traitement de l'information : ils doivent également être dotés d'une « intelligence », ce qui veut dire qu'ils doivent apprendre de leurs erreurs et agir à la lumière de leur expérience. Autrement dit, c'est la faculté à prendre des décisions « réfléchies », combinée à la capacité d'extraire et d'analyser quantitativement et qualitativement un ensemble de données, qui caractérise l'algorithme de HFT.

Illustrons l'importance de cette faculté d'apprentissage dans le processus décisionnel. Un algorithme conçu pour prendre des décisions qui serait dépourvu de cette faculté ne pourrait agir qu'à l'intérieur du cadre programmé par l'ingénieur. Ainsi, si celui-ci fait une erreur en programmant l'algorithme, ce dernier risque de vendre alors qu'il doit acheter, et d'acheter lorsqu'il est censé vendre. Autre exemple d'erreur : si un événement vient soudainement perturber les cours de la Bourse et que cet événement n'a jamais été intégré à son programme, l'algorithme risque également de prendre de mauvaises décisions. Or, si l'algorithme est doté d'une faculté d'apprentissage, il sera à même d'éviter de prendre une décision contraire au but ultime recherché par les investisseurs, soit faire un maximum de profit. Autrement dit, après avoir agi à l'encontre de la fin pour laquelle il a été programmé, il constatera son erreur et ne la reproduira plus.

Bien qu'il existe plusieurs types d'intelligences artificielles, c'est-à-dire d'algorithmes d'apprentissage, les plus utilisés par les investisseurs sont les algorithmes *génétiques*. Ces algorithmes évoluent d'abord de façon artificielle, suivant le principe de sélection naturelle théorisé par Darwin, et, ensuite, par eugénisme. Penchons-nous sur ce processus d'évolution. Dans un premier temps, il s'agit de concevoir une population de solutions, à savoir un ensemble d'« astuces » différentes destinées à résoudre le même problème, puis de choisir l'« astuce » dominante, soit celle qui est la mieux adaptée à son environnement. Ensuite, il s'agit de former une nouvelle population de solutions constituée uniquement d'« astuces » dominantes, de choisir encore une fois les mieux adaptées, et de refaire cette opération des milliers de fois dans le but d'obtenir, au final, un algorithme optimal pouvant s'adapter idéalement à n'importe quel type d'environnement et de situation<sup>5</sup>. Le comportement des algorithmes génétiques peut donc parfois être difficile à prévoir, car, évoluant en fonction de leurs expériences et de leurs interactions avec leur

environnement, ils s'adaptent et adoptent ainsi des comportements qui n'ont pas été codés par le programmeur. Malgré cela, ces algorithmes demeurent très attrayants pour les investisseurs, et ce, pour deux raisons. D'une part, ils sont guidés par l'optimisation de leur comportement – tropisme qui se marie parfaitement à cette volonté des spéculateurs de toujours optimiser leurs opportunités et leur profit. D'autre part, ils sont polyvalents, dans la mesure où ils peuvent s'adapter à une multitude de situations survenant dans leur environnement.

Dorénavant, ce sont ces algorithmes d'apprentissage qui effectuent l'essentiel des transactions financières sur les marchés boursiers. Devenus des acteurs qui prennent eux-mêmes les décisions de vendre ou d'acheter un titre, ils tendent de plus en plus à remplacer les humains à qui revenait autrefois cette tâche. Toutefois, avec l'arrivée des intelligences artificielles sur les places boursières, c'est le métier de *trader* qui tend à disparaître, et non la présence d'êtres humains. Plus précisément, le HFT n'a pas éliminé l'intervention humaine sur les marchés financiers, il a plutôt déplacé le lieu de cette intervention. En effet, si la profession de *trader* devient de plus en plus obsolète, celles de physicien-ne, de mathématicien-ne et d'ingénieur-e en informatique et en intelligence artificielle s'imposent de plus en plus, et ce, pour deux principales raisons. D'une part, les algorithmes ont besoin d'être construits, testés, puis optimisés, et ce processus requiert une expertise scientifique particulière, soit celle de scientifiques hautement scolarisés. D'autre part, une fois en utilisation, les intelligences artificielles conçues par cette cohorte de Ph.D. ont besoin d'être fréquemment ajustées, voire remplacées, car, évoluant au gré des changements survenant sur les marchés, les algorithmes innovent toujours davantage dans leurs interventions. Ce faisant, ils en viennent eux-mêmes à transformer l'environnement pour lequel ils ont été créés en le portant au-delà de leur propre capacité adaptative. À cette nécessité de modifier les algorithmes afin d'ajuster leur capacité d'adaptation aux marchés boursiers en constante mutation s'en ajoute une autre, soit l'obligation d'altérer les stratégies spéculatives des algorithmes en vue d'éviter que celles-ci ne soient découvertes et déjouées par d'autres algorithmes de HFT. La durée de vie d'un algorithme sur les places boursières n'étant que de quelques jours à quelques mois, l'intervention de ces mathématicien-ne-s, ingénieur-e-s et physicien-ne-s remarquablement qualifiés devient indispensable. Aujourd'hui, la Bourse n'est donc plus un monde de *traders* : elle est devenue un monde de *nerds* et de *geeks*.

## La vitesse d'exécution

Pour être efficace, le HFT requiert que soient utilisées des intelligences artificielles, c'est-à-dire des algorithmes qui apprennent de leurs erreurs et agissent sur les marchés boursiers en fonction de leur expérience. Or, la vitesse est également un des éléments clés dans le cadre de cette pratique. En effet, les inefficacités passagères survenant sur les marchés étant convoitées par tous les spéculateurs, il importe d'être le plus rapide à les détecter afin d'en tirer profit. En ce sens, un algorithme ne doit pas seulement être intelligent, il doit également être rapide. Cette double exigence pose cependant problème dans le cas de l'arbitrage statistique, puisqu'une analyse mathématique rigoureuse des marchés financiers à un moment donné est un processus laborieux qui peut s'avérer long et, par conséquent, désavantageux. Par exemple, si un algorithme adaptatif X est programmé dans le but d'effectuer une analyse optimale de la situation, il prendra nécessairement plus de temps avant de décider de vendre ou d'acheter un titre qu'un algorithme adaptatif Y ne visant pas l'optimalité. Au

moment où l'algorithme X aura terminé son calcul, l'algorithme Y aura déjà effectué une certaine quantité de transactions qui, en plus d'avoir généré un certain profit, aura transformé les marchés boursiers de façon plus ou moins significative. Ce faisant, le résultat obtenu par l'algorithme X à la suite de son analyse ne sera plus adapté à la nouvelle situation résultant des transactions effectuées par l'algorithme Y.

À la lumière de cet exemple, on voit donc qu'un algorithme adaptatif plus rapide, mais moins «intelligent», est beaucoup plus efficace qu'un algorithme adaptatif programmé pour réaliser une analyse optimale. Ainsi, en vue de maximiser la rapidité de l'algorithme, deux mesures seront prises. D'une part, on privilégiera l'utilisation d'algorithmes produisant des analyses boursières «acceptables» plutôt qu'optimales. Autrement dit, une décision «moins éclairée» mais plus rapide sera préférée à une décision «lente» mais «réfléchie». D'autre part, on programmera l'algorithme pour qu'il apprenne à utiliser par lui-même d'autres algorithmes, adaptatifs ou non. En d'autres termes, grâce à cette technique autoréférentielle appelée *Intelligence Amplification*, l'algorithme n'a plus à effectuer lui-même toute l'analyse d'une situation à un moment donné : il peut maintenant économiser du temps en utilisant les résultats obtenus par d'autres algorithmes et ainsi prendre des décisions beaucoup plus rapidement. Nous verrons un peu plus loin que la préférence pour l'«acceptabilité», c'est-à-dire pour les décisions «moins éclairées», et l'*Intelligence Amplification* augmente considérablement les risques de réactions en chaîne perverses pouvant conduire à des paniques boursières et à des krachs éclairs.

## La colocation, pour encore plus de vitesse

---

Comme nous venons de le constater, l'«intelligence» et la rapidité des algorithmes sont essentiellement ce sur quoi repose la pratique du HFT. En effet, il faut non seulement que l'algorithme utilisé apprenne de ses erreurs et puisse s'adapter à son environnement, mais il faut également qu'il soit le plus rapide à détecter les inefficiences. S'il va de soi que le recours à ces intelligences artificielles nécessite l'usage d'ordinateurs ultrapuissants capables de faire toujours plus d'opérations à la seconde, il faut aussi savoir que leur utilisation donne lieu à une pratique inédite, elle aussi destinée à augmenter la vitesse d'exécution des ordres : la colocation. Le principe de cette démarche est fort simple : il consiste à s'assurer que le signal émis par l'algorithme atteigne le serveur central le plus rapidement possible. Or, sachant que la lumière prend environ 3 millièmes de seconde pour parcourir une distance d'un kilomètre, on comprend aisément que plus un acteur financier sera loin d'une place boursière, plus son ordre mettra du temps à atteindre le serveur de cette même place. Du coup, cet acteur sera désavantagé par rapport à un investisseur moins éloigné. Visant à remédier à cette situation, la colocation consiste à réduire au maximum la distance physique qui sépare les différents acteurs financiers des places boursières et, ce faisant, à diminuer le temps que le signal de l'algorithme prend pour s'y rendre. Plus spécifiquement, il s'agit pour les investisseurs de louer un espace à quelques mètres, voire quelques centimètres, du serveur central de la place boursière sur laquelle ils œuvrent afin d'y placer leur propre ordinateur, celui-là même qui fait fonctionner leurs algorithmes. Pour éviter qu'un investisseur n'obtienne un avantage par rapport à un autre, chaque ordinateur individuel est relié au serveur central par un câble de fibre optique de même longueur. Depuis l'émergence du HFT, l'industrie de la fibre optique est d'ailleurs devenue beaucoup plus importante. Pour preuve, un

câble traversant l'Atlantique est actuellement en construction en vue de sauver 5 millisecondes sur les transactions financières entre la Bourse de New York et celle de Londres. Bientôt opérationnel, ce projet confié à la société Hibernia Atlantic aura coûté près de 300 millions de dollars.

En tant que nouveau phénomène, la colocation tend considérablement à transformer le paysage traditionnel des places boursières. En effet, si les différentes Bourses utilisent des serveurs centraux depuis qu'elles se sont informatisées, ces systèmes informatiques sont devenus si gigantesques avec la colocation qu'ils requièrent maintenant d'énormes édifices pour les héberger. Or, en raison de leur immense taille, ces bâtiments ne peuvent plus être situés dans les grands centres financiers, mais doivent être délocalisés dans des régions éloignées. Par exemple, les serveurs d'un des principaux marchés de produits dérivés au monde, le Chicago Mercantile Stock Exchange, ont été transférés dans une ville appelée Aurora, au centre de l'État de l'Illinois. Notons également que la mythique Bourse de New York ne se situe plus à Wall Street, mais au New Jersey. Fait notoire : devant impérativement être refroidis pour éviter qu'ils ne surchauffent, les serveurs centraux des places boursières sont devenus extrêmement énergivores. À cet égard, la Bourse de New York est aujourd'hui le plus grand consommateur d'électricité au New Jersey.



## 3 LE DÉVELOPPEMENT DU HFT

---

Maintenant que nous avons expliqué en quoi le HFT consiste en l'utilisation d'intelligences artificielles ultrarapides à des fins essentiellement spéculatives, nous devons nous intéresser au contexte et aux conditions qui ont participé à son développement. Comme évoqué précédemment, c'est lorsque les marchés financiers sont devenus trop complexes, c'est-à-dire lorsque le nombre d'instruments financiers en circulation a considérablement augmenté, que le recours aux algorithmes est devenu essentiel. Ce processus de complexification a tôt fait de modifier en profondeur les marchés financiers et, partant, de donner naissance à une nouvelle structure générale qui allait favoriser l'apparition du HFT. Regardons de plus près ce processus et ces transformations structurelles.

### La complexification des marchés boursiers

---

C'est au tournant des années 1970, lorsqu'un marché de produits financiers de nature toute nouvelle a vu le jour dans la foulée de la libéralisation financière, que les marchés boursiers se sont complexifiés et que l'utilisation d'algorithmes est devenue impérative. Communément appelés « dérivés », ces nouveaux produits sont des titres financiers qui, agissant à la manière d'une police d'assurance, permettent de transférer le risque anticipé de perte monétaire d'un acteur financier à une contrepartie qui l'achète dans l'anticipation d'un gain. Ce qu'il faut savoir ici, c'est qu'une fois en circulation sur les marchés financiers, les produits dérivés ne sont plus seulement échangés pour remplir une fonction d'assurance, mais deviennent eux-mêmes l'objet de pratiques spéculatives. En effet, comme n'importe quel autre titre financier, chaque produit dérivé possède un prix de vente et un prix d'achat, créant ainsi une fourchette de prix de laquelle on peut tirer profit, notamment à travers la pratique du *market making* ou de l'arbitrage structurel et statistique. Or, comme nous l'avons vu précédemment, profiter des inefficiences passagères survenant sur les marchés implique non seulement que soient repérés les écarts de prix, mais également que soit analysée toute l'information pouvant faire varier les cours boursiers. Avec la libéralisation financière, ces produits sont devenus si nombreux qu'il était maintenant impossible pour un être humain de détecter l'ensemble de ces inefficiences et, conséquemment, de s'adonner efficacement à des activités spéculatives. Inadaptés à ce nouveau contexte, les marchés financiers ont dès lors modifié leur mode de fonctionnement et leur réglementation afin de faciliter les échanges. Ce sont ces transformations structurelles qui allaient en dernière instance permettre l'émergence du HFT.

### La transformation de la réglementation et de la structure des marchés financiers

---

Afin de favoriser le déploiement du marché des produits dérivés et de faciliter les échanges, la plupart des pays occidentaux ont modifié la structure de leur système boursier. Dans cette section, nous dégagerons quelques-uns des changements d'ensemble qui ont contribué à l'apparition et à la généralisation du HFT.

## LA LIBÉRALISATION FINANCIÈRE ET L'EXPLOSION DU MARCHÉ DES PRODUITS DÉRIVÉS

C'est avec la libéralisation des taux de change et des taux d'intérêt au tournant des années 1970 que les marchés financiers ont commencé à se complexifier. En vertu des accords de Bretton Woods, lesquels avaient été signés en 1944 en vue de favoriser la reconstruction économique des pays meurtris par la Seconde Guerre mondiale, les taux de change étaient fixés par rapport au dollar américain, lui-même étant immédiatement convertible en or. Autrement dit, la valeur de la monnaie de chaque pays était déterminée par la valeur de la monnaie américaine, qui était elle-même définie par une parité fixe avec l'or (35 dollars pour une once d'or fin). Ce régime de taux de change fixe assurait alors une certaine certitude quant à la pérennité de la valeur de chaque monnaie domestique, puisqu'une fois convertie en dollars américains, elle pouvait à tout instant être échangée contre ce métal précieux. En ce qui a trait aux taux d'intérêt, ceux-ci étaient pour leur part fixés par la politique monétaire des États. Ainsi, c'étaient les autorités économiques de chaque pays qui encadraient le crédit en déterminant le taux d'intérêt d'un emprunt. Ces mesures rendaient le marché de la dette relativement stable, puisque les taux d'intérêt étaient non seulement fixes, mais relevaient également d'une instance étatique. Or, au tournant des années 1970, la stabilité financière propre à l'époque de l'après-guerre a considérablement été mise à mal par certaines réformes institutionnelles. En effet, les accords de Bretton Woods, qui assuraient jusqu'alors la stabilité des taux de change grâce à la convertibilité de la monnaie en or, ont été rompus alors que les taux d'intérêt ont pour leur part été déréglementés. Dès lors, ce n'étaient plus des mesures politiques qui allaient déterminer les taux, mais le marché lui-même. Autrement dit, les taux de change et les taux d'intérêt allaient dorénavant varier en fonction de l'offre et de la demande sur les marchés financiers.

Le passage d'un régime de taux fixes à un régime de taux fluctuant au gré du marché constitue l'un des principaux facteurs qui ont participé à l'explosion du nombre de produits financiers en circulation. En effet, lorsque les taux ne sont plus prédéterminés ni garantis par les autorités politiques, mais qu'ils varient en fonction de l'offre et de la demande, les risques qu'ils fluctuent soudainement et qu'ils causent d'importantes pertes de profit augmentent de façon considérable. Afin de se prémunir contre les risques liés à de telles fluctuations, un important marché de produits dérivés a vu le jour. En tant que produits assurantiels, ce sont eux qui, dans le contexte de la libéralisation des taux de change et des taux d'intérêt, allaient permettre de transformer, pour une période déterminée, des taux variables en taux fixes. Eux-mêmes instables, ces produits de couverture allaient à leur tour exiger une couverture de risques à l'aide d'un autre produit dérivé (couverture de couverture, produit dérivé de produit dérivé) et, partant, participer à l'augmentation du niveau de complexité des marchés. Si ce type d'instruments était pratiquement insignifiant avant les années 1980, leur nombre a augmenté de façon exponentielle depuis cette même période<sup>6</sup>. En 2002, alors que le volume planétaire total des transactions de biens et de services s'élevait à 32 600 milliards de dollars, soit 32,6 tera dollars, celui des produits dérivés atteignait pour sa part 699 tera dollars<sup>7</sup>, ce qui représente un nombre de transactions 21 fois plus élevé que celui relatif à l'économie réelle.

## L'INFORMATISATION DES DIFFÉRENTES PLACES BOURSIÈRES

Jusqu'à tout récemment, c'était en se présentant sur les parquets d'une place boursière donnée que les *traders* parvenaient à effectuer des échanges. Or, à partir des années 1970, en vue de faciliter l'exécution de transactions toujours plus nombreuses en raison de l'explosion du nombre de titres financiers en circulation, les différentes Bourses ont non seulement commencé à s'informatiser, mais elles se sont également interconnectées<sup>8</sup>. Cette « révolution informatique » allait être l'une des transformations nécessaires à l'apparition du HFT. En effet, en plus d'offrir le support matériel nécessaire à l'exploitation d'algorithmes, elle allait permettre aux *traders* de prendre connaissance de l'évolution de l'ensemble mondial des cours boursiers en temps quasi réel (avec la venue d'Internet) et de passer des ordres à distance, sans avoir à se présenter en chair et en os sur le parquet d'une place boursière. Bref, l'informatisation allait permettre de passer des ordres par delà les contraintes géographiques et temporelles et, partant, de réaliser techniquement l'avènement d'un marché financier globalisé.

## LA PROLIFÉRATION DES PLATES-FORMES DE NÉGOCIATION

Afin de permettre une meilleure circulation des titres financiers, de nouvelles réglementations des marchés boursiers ont été adoptées aux États-Unis et en Europe. Dans le but de favoriser la concurrence, ces nouvelles législations ont entre autres encouragé la mise sur pied de places de négociations alternatives quasi, voire complètement virtuelles – les Alternative Trading System (ATS) et Electronic Common Network (ECN). Permettant aux titres financiers d'être échangés à toujours plus d'endroits simultanément,

la prolifération de ces plate-formes a dès lors multiplié les occasions de tirer avantage des fluctuations de marché liées à des « écarts d'affichage », ce qui a favorisé l'adoption du HFT.

### LA TRANSFORMATION DE LA RÉGLEMENTATION DES MARCHÉS FINANCIERS ET LA MULTIPLICATION DES PLACES DE NÉGOCIATION « OBSCURES »

L'une des conséquences les plus notoires de l'adoption d'une nouvelle réglementation des marchés financiers aux États-Unis et en Europe a été de favoriser la mise sur pied de places alternatives de négociation. De nouvelles plates-formes dites « obscures » ont ainsi fait leur apparition parallèlement à celles clairement définies par la législation. On trouve d'abord les transactions extrêmement opaques dites « OTC » (de l'anglais *over the counter*), lesquelles sont effectuées non pas sur une place publique, mais à huis clos, de sorte que les informations concernant les produits financiers négociés demeurent strictement confidentielles. On trouve aussi les *dark pools*, à savoir des marchés anonymes très peu réglementés vers lesquels certains investisseurs choisissent de se tourner pour effectuer des transactions à moindres coûts, sans avoir à révéler leur identité ou leurs stratégies d'échanges. Sur les marchés américains, le nombre de *dark pools* est ainsi passé d'une dizaine en 2002 à plus d'une cinquantaine en 2009, accueillant ainsi plus de 15 % du volume total des transactions. L'Europe compte quant à elle plus de 20 marchés obscurs de ce type<sup>9</sup>.

### LA MODIFICATION DES RÈGLES DE NÉGOCIATION

Avec l'informatisation des marchés financiers, de nouvelles règles de négociation ont été introduites, dont plusieurs ont participé à l'émergence du HFT. Nous retrouvons parmi celles-ci la règle du « premier arrivé, premier servi ». Autrefois, lorsque les titres étaient échangés sur les parquets de la Bourse, c'était généralement la personne la plus grande, la plus bruyante ou la plus agitée qui parvenait à conclure une transaction donnée. D'ailleurs, il arrivait souvent aux *traders* de porter des talons hauts ou des vestons ultracolorés afin de se démarquer du lot et de remporter l'échange. Or, avec l'introduction du « premier arrivé, premier servi », la priorité

n'allait plus être accordée à la personne affichant le plus d'excentricité. Si plusieurs *traders* voulaient acheter ou vendre un titre à un prix identique, la priorité allait dorénavant être donnée au premier arrivé. Par conséquent, plus un *trader* allait être rapide ou, autrement dit, plus il allait envoyer rapidement un signal électronique au système central de traitement, plus il allait être en mesure de tirer profit des inefficacités passagères survenant sur les marchés boursiers. Faisant de la vitesse un enjeu majeur, la règle du « premier arrivé, premier servi » a donc nécessairement contribué à l'apparition du HFT.

## LA DÉCIMALISATION DES ÉCHANGES

L'affichage des prix des titres financiers sur une échelle décimale est un phénomène très récent. Jusqu'au début des années 2000, les cours boursiers aux États-Unis étaient plutôt affichés en fractions. Sur les Bourses traditionnelles américaines, l'échelon de cotation était de  $1/16^e$  de dollar (0,0625 \$). Or, en avril 2001, la Securities and Exchange Commission (SEC), l'organisme public chargé de surveiller les marchés financiers, a adopté un nouveau règlement édictant une réduction de cet échelon<sup>10</sup>. Dorénavant, les prix allaient être affichés en cent sur l'ensemble des plates-formes existantes : 0,01 cents pour les Bourses traditionnelles et les ATS, et 0,001 cents pour les ECN. Cela signifie que la fourchette de prix allait être considérablement rétrécie. Cette décision a forcément contribué à l'adoption du HFT : désormais, pour empocher un profit appréciable, il fallait nécessairement multiplier la quantité de transactions et, de surcroît, être le plus rapide à le faire en raison de la règle du « premier arrivé, premier servi ». Autrement dit, dans le contexte où, pour accomplir un gain substantiel, il fallait effectuer toujours plus rapidement un maximum de transactions, les robots *traders* allaient nécessairement devenir un outil des plus avantageux pour les spéculateurs avides de profits.

## LA RÉDUCTION DES COÛTS DE TRANSACTION

Une autre transformation majeure ayant affecté les marchés boursiers et participé à l'adoption généralisée du HFT consiste en la réduction des coûts de transaction. Pour bien saisir l'importance de ce changement, il faut d'abord savoir que toute action de vente et d'achat de titres financiers implique un certain nombre de coûts auxquels il est impossible d'échapper. Parmi ces coûts figurent les taxes d'entrée sur le marché, les commissions versées aux intermédiaires (les courtiers) et les coûts de *back office* liés au traitement des ordres et aux ressources humaines et techniques. Or, plusieurs facteurs ont entraîné une diminution considérable de ces coûts, à commencer par l'informatisation des transactions et l'émergence des nouvelles plates-formes de négociation. Premièrement, comme il fallait de moins en moins de ressources humaines pour traiter les ordres, l'automatisation des échanges a considérablement réduit les coûts de *back office*. Ensuite, l'intensification de la concurrence induite par la multiplication des systèmes de négociation a affecté les différents acteurs intermédiaires, qui ont tôt fait de diminuer leurs taxes et leurs commissions pour demeurer dans la course. Notons également que, dans la mesure où la fourchette de prix constitue une part considérable des coûts de transactions implicites, la décimalisation des échanges a également contribué à la réduction des coûts. Une telle diminution générale allait nécessairement favoriser l'apparition et la généralisation du HFT, puisqu'en empêchant désormais un profit de seulement quelques centièmes, voire millièmes, de cent par transaction, les spéculateurs allaient impérativement devoir multiplier les échanges pour réaliser des gains substantiels. Et pour qu'une telle multiplication soit rentable, il fallait que les coûts de transactions soient relativement bas.

## 4 LES QUESTIONNEMENTS ET CONTROVERSES SUSCITÉS PAR LE HFT

---

C'est au tournant des années 2000 que le HFT a fait son apparition sur les marchés boursiers. À l'origine, seuls les spéculateurs s'intéressaient à ce phénomène. À leurs yeux, les robots *traders* présentaient plusieurs avantages. En effet, faisant prétendument moins d'erreurs que les humains, améliorant la qualité d'exécution des ordres et réduisant la fourchette de prix, ils facilitaient selon eux les échanges<sup>11</sup> et, par conséquent, permettaient de rendre les marchés plus efficaces. Or, en mai 2010, lorsque le Dow Jones a chuté de près de 400 points en trois minutes lors d'une réaction en chaîne provoquée par les robots *traders*, ces mêmes avantages ont été considérablement remis en question. Depuis cet événement que l'on a qualifié de *krach éclair*, le HFT sème la controverse dans les milieux financiers, de sorte que plusieurs personnes se questionnent aujourd'hui à propos de la légitimité de cette pratique. Nous verrons dans cette section quelques-uns de ces questionnements.

### Les risques systémiques

---

Une question importante soulevée par le HFT concerne les risques de dysfonctionnements techniques. Effectivement, plusieurs personnes considèrent qu'en plus de rendre les marchés financiers beaucoup plus vulnérables à certains types d'événements catastrophiques de nature opérationnelle (pannes d'électricité, cyber-attaques ou surcharges des serveurs informatiques), cette nouvelle forme de *trading* complètement informatisée introduit des risques beaucoup plus inquiétants de défaillances systémiques. Le premier des risques associés à un tel type de défaillance concerne le mode opératoire des intelligences artificielles. En effet, en plus d'être sujets à des erreurs de programmation, ces nouveaux acteurs de la finance sont des algorithmes génétiques (voir la section 2) qui, visant l'« acceptabilité » plutôt que l'optimalité, évoluent en fonction de leurs expériences et s'adaptent à leur milieu au-delà des limites initiales de leur programme. Ce faisant, ils adoptent des comportements difficiles à prévoir et, par conséquent, risqués. Comme ces robots *traders* sont tous connectés entre eux en réseau, dans un système financier global et informatisé, leurs actions – qu'elles relèvent d'une erreur d'encodage ou qu'elles soient fortuites – peuvent dès lors contaminer tout le système, dans une réaction en chaîne échappant au contrôle humain. C'est exactement ce qui s'est produit lors du krach éclair du 6 mai 2010.

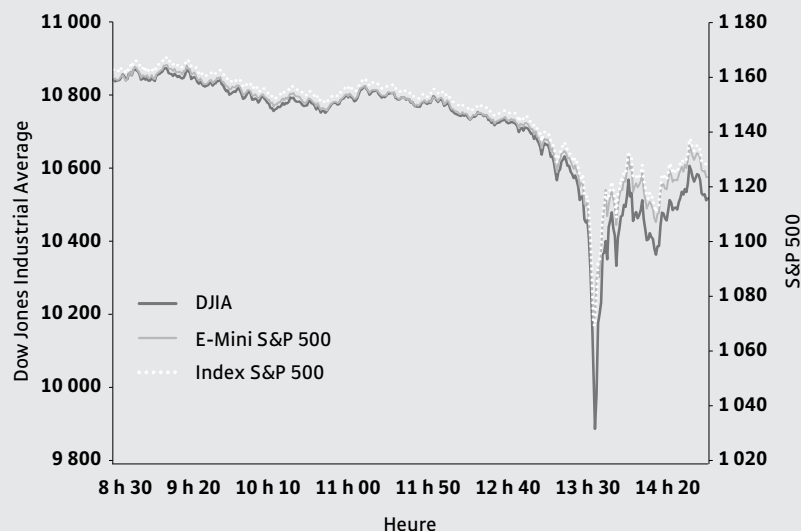
En plus des risques de réactions en cascade causées par une erreur de programmation ou un comportement déviant inopiné, il existe un autre type de risques systémiques qui concernent cette fois le processus automatisé d'extraction et d'analyse d'information. En effet, pour tirer profit des corrélations statistiques, il faut que soit analysée toute l'information qui, en transformant les croyances des investisseurs, peut affecter les cours boursiers. Or, lorsque ce travail est accompli par un algorithme, les risques que celui-ci considère comme pertinente une information qui ne l'est pas, ou qu'il établisse des liens indus entre certaines données augmentent considérablement. Ces « erreurs de jugement », aussi minimes soient-elles, peuvent dès lors avoir des conséquences très néfastes, puisqu'elles se propagent à la vitesse de l'éclair à tout le système financier. De telles erreurs peuvent

en effet créer des paniques boursières sans fondement et ultimement conduire à des krachs boursiers.

Un événement survenu en septembre 2008 montre comment de telles erreurs peuvent être dramatiques. Pour une raison ou une autre, un article datant de 2002 portant sur une possible faillite de la compagnie aérienne United Airlines a été détecté par un algorithme de HFT. Réagissant à cette nouvelle vieille de six ans en vendant d'un seul coup l'ensemble des actions de la compagnie aérienne, l'algorithme a du coup provoqué une panique qui s'est presque instantanément propagée à l'ensemble du marché, conduisant en six minutes à une dégringolade de 76 % du prix des actions de l'United Airlines.

Autre exemple : le 23 avril 2013, le compte Twitter de l'agence Associated Press (AP), alors victime d'un pirate informatique, a publié un *tweet* piraté annonçant que la Maison-Blanche venait d'être la cible d'une explosion terroriste et que, dans la foulée, le président Obama avait été grièvement atteint. Si les *tweets* constituent une catégorie d'informations plus ou moins fiables, ils sont néanmoins surveillés par les algorithmes de HFT. Ce canular a donc immédiatement déclenché une réaction en chaîne : en quelques secondes, des milliards d'ordres ont été retirés des marchés boursiers. Résultat : Wall Street a aussitôt perdu quelque 136 milliards de dollars, avant de se rétablir trois minutes plus tard.

GRAPHIQUE 3 Variation des indices boursiers lors du krach éclair du 6 mai 2010



Source : Andrei Kirilenko et collab., *The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on an Electronic Market*, 12 janvier 2011, p. 49, <http://ssrn.com/abstract=1686004>.

## La manipulation des marchés boursiers

Les questionnements soulevés par le HFT ne concernent pas seulement les risques systémiques. Selon plusieurs, cette forme de *trading* accroît également la faculté d'abus des marchés, en particulier la possibilité de manipulation des cours. En effet, les algorithmes étant trop complexes et trop rapides pour être compris par la plupart des êtres humains, il s'avère presque impossible pour les autorités des marchés financiers de détecter certaines pratiques douteuses et d'y remédier. En conséquence, les robots deviennent de véritables machines à fourberies. Les techniques de manipulation les plus utilisées sont les suivantes :

- » **Le brouillage ou *smoking*.** C'est la stratégie la plus utilisée et la plus controversée. Dans le but de découvrir clandestinement à quel prix un investisseur est prêt à vendre ou à acheter un titre, l'algorithme décompose un ordre en petites pièces (entre 100 et 500) ayant chacune des prix différents. Par la suite, il les envoie au serveur central d'une plate-forme de négociation donnée, puis les annule rapidement une fois que le prix recherché a été trouvé.

L'algorithme achète ou vend alors le titre juste avant l'investisseur, puis le lui revend ou rachète quelques millisecondes plus tard, avec un léger profit.

- » **L'ordre flash.** L'ordre *flash* repose sur l'accès privilégié à une information avant que celle-ci ne devienne publique. Moyennant une commission, les Bourses révèlent à certains clients des informations confidentielles sur les intentions de vente ou d'achat d'un investisseur une fraction de seconde avant que celui-ci ne transmette officiellement son ordre au système central d'une plate-forme de négociation rivale. Ce faisant, les algorithmes de HFT de ces clients privilégiés peuvent ainsi exécuter l'ordre en question avant que le reste du marché n'en ait pris connaissance.
- » **Le quote stuffing.** Dans le but de ralentir ses concurrents, le robot *trader* va envoyer des rafales d'ordres au système central d'une plate-forme de négociation afin d'en saturer le serveur. Autrement dit, il va passer une multitude d'ordres inutiles pour remplir le carnet d'ordres et ainsi forcer ses concurrents à les analyser. Cette technique va nécessairement ralentir les algorithmes rivaux, car, plus le flux de données à analyser sera grand, plus ils auront de calculs et d'analyses à effectuer. Au final, le *quote stuffing* permet au robot non seulement de freiner les adversaires dans leur lecture du carnet d'ordres, mais également de « prendre le pouls » du marché tout en masquant ses propres intentions.

## Le problème d'équité

---

Une autre controverse suscitée par le HFT concerne le problème de l'équité concurrentielle. Plusieurs se questionnent à savoir si les robots *traders* ne donneraient pas un avantage déloyal à leurs utilisateurs. En effet, tel que nous l'avons expliqué précédemment, depuis l'introduction de la règle du « premier arrivé, premier servi », il est primordial pour un spéculateur qui souhaite profiter des inefficiences passagères survenant sur les marchés boursiers d'être le premier à les découvrir. Ce nouvel enjeu que constitue la vitesse entraîne une véritable course à l'armement, car, pour devenir plus rapide que les autres, un spéculateur doit obligatoirement investir dans des dispositifs technologiques toujours plus puissants, tels que des ordinateurs ultrarapides, des algorithmes adaptatifs et des services de connexion plus performants. Sans ces instruments, il lui sera impossible de rivaliser en vitesse et il sera évincé de la course. Or, ces dispositifs technologiques étant extrêmement coûteux, ils demeurent la prérogative de ceux qui peuvent se les offrir. Dans la mesure où le HFT élimine les « petits joueurs » de la course, beaucoup se demandent si cette nouvelle pratique ne conduirait pas à la mise en place d'un marché financier à « deux vitesses ».

# CONCLUSION : QUELLE RÉGLEMENTATION POUR LE HFT ?

Dans la présente brochure, nous avons vu que le HFT consistait à utiliser de puissants algorithmes mathématiques, particulièrement des intelligences artificielles dotées d'une faculté d'adaptation, dans le but de tirer profit des inefficiences passagères survenant sur les marchés boursiers. Loin de faire l'unanimité, le HFT soulève toutefois maintes controverses, et ce, pour diverses raisons : 1) il comporte des risques systémiques graves liés à des réactions en chaîne perverses causées par des erreurs de programmation ou des comportements algorithmiques déviants *impromptus*; 2) il augmente considérablement la faculté d'abus des marchés, particulièrement la possibilité de manipulation des cours; et 3) il pose un problème d'équité concurrentielle, dans la mesure où il donne un avantage significatif aux spéculateurs détenant les moyens de s'y adonner.

À ce jour, il n'existe pas de réglementation assez solide pour encadrer le HFT. Il est donc actuellement impossible de remédier aux problèmes d'abus des marchés et de concurrence déloyale. Selon plusieurs, une telle absence de législation s'explique par la vitesse d'exécution des ordres et par la complexité des algorithmes. En effet, les robots *traders* sont tellement sophistiqués que personne ne peut les comprendre, hormis les mathématicien-ne-s, physicien-ne-s et ingénieur-e-s qui les programment. De ce fait, il devient virtuellement impossible pour les autorités de savoir si des pratiques frauduleuses y sont intégrées.

Quelques propositions de réglementation ont néanmoins été proposées par l'Organisation internationale des commissions de valeurs (OICV), dont l'implantation d'une limite de vitesse et l'imposition d'une taxe sur chaque transaction. En juillet 2013, une première sanction liée à des opérations frauduleuses effectuées par un algorithme de *trading* a été appliquée. Pour la première fois dans la courte histoire du HFT, un spéculateur accusé d'avoir manipulé le marché en plaçant des milliers d'ordres d'achat factices a été condamné par les autorités américaines et britanniques à verser une somme de 3,7 millions de dollars. S'il s'agit là du premier pas vers une véritable réglementation du HFT, beaucoup de travail reste néanmoins à faire en ce sens. En effet, à l'heure actuelle, très peu de connaissances ont été produites sur ce nouveau phénomène pour réellement en mesurer les conséquences. Il est donc difficile de rédiger une réglementation qui prenne acte de toutes les transformations induites par l'arrivée des robots *traders* et qui soit par conséquent véritablement adaptée à la nouvelle réalité structurelle et institutionnelle des marchés financiers. Mais, en dépit de toutes ces lacunes de connaissances sur le HFT, la vraie question demeure tout de même celle-ci : voulons-nous vraiment remettre des décisions financières cruciales entre les mains d'un dispositif technique, aussi « intelligent » puisse-t-il être ?



## Notes

- 1 Wiliam Barker et Anna Pomeranets, « La croissance de la négociation haute fréquence : implications pour la stabilité financière », *Revue du système financier*, Banque du Canada, juin 2011, p. 54.
- 2 L'intelligence artificielle, en plus d'être le nom donné à un algorithme d'apprentissage, est une discipline académique qui a vu le jour en 1955, dans la foulée des conférences de Dartmouth. Discipline bien ancrée dans les théories cybernétiques, son but premier était de recréer l'esprit humain. Aux yeux des ingénieurs, celui-ci n'était qu'un ordinateur biologique qui, s'il était suffisamment bien compris, pouvait être reproduit.
- 3 Michael McGowan, « The Rise of Computerized High Frequency Trading: Use and Controversy », *Duke Law and Technology Review*, 2010, n° 16.
- 4 Finance Watch, « High frequency trading », *Investing, not betting*, avril 2012.
- 5 Pour comprendre en quoi consiste un algorithme génétique et son processus d'évolution, voir le vidéo suivant du chercheur Karl Sim, affilié au MIT : <http://www.youtube.com/watch?v=FoOHycypSG8>
- 6 Ici, il faut non seulement savoir que l'explosion du nombre de produits dérivés est, entre autres choses, ce qui a permis la massification du crédit à la consommation, mais également que cet endettement de masse contribue lui-même à l'augmentation du nombre de produits dérivés en circulation. À ce propos, voir Éric Pineault, « Financiarisation, crédit et théorie critique du capitalisme avancé » dans Francis Dupuis-Déri, *Par-dessus le marché! Réflexions critiques sur le capitalisme*, Montréal, Écosociété, p. 49 à 89.
- 7 François Morin, *Le nouveau mur de l'argent. Essai sur la finance globalisée*, Paris, Seuil, 2006. p. 87.
- 8 Une précision s'impose ici. En faisant exploser le nombre de produits financiers en circulation, la libéralisation des taux de change et des taux d'intérêt a favorisé et rendu nécessaire l'informatisation des marchés financiers. Mais les places boursières plus ou moins automatisées existaient bien avant, quoique de façon tout à fait marginale. La Bourse de Toronto fut d'ailleurs la première à se doter d'un dispositif informatique, en 1969.
- 9 Erik Banks, *Dark Pools: The Structure and Future of Off-exchange Trading and Liquidity*, New York, Palgrave, 2010.
- 10 Il faudra attendre la fin des années 2000 pour constater ce même mouvement sur les marchés européens.
- 11 Dans le jargon du monde de la finance, on dira qu'ils participaient à « l'augmentation générale de la liquidité ».

## CRÉDITS PHOTOS

**page couverture** : Andrew Macpherson, « The Zone Trading Desk », 19 novembre 2012, Flickr.

**p. 6** : JMR\_Phography, « Mike trading stocks on the Hong Kong Exchange », 18 mai 2009, Flickr.

**p. 11** : Rog b, « stock exchange », 28 octobre 2008, Flickr.

## Bibliographie

- AFP, « Trading haute fréquence : première amende britannique », *Le Monde*, Paris, 22 juillet 2013, [http://www.lemonde.fr/economie/article/2013/07/22/trading-a-haute-frequence-premiere-amende-britannique\\_3451228\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2013/07/22/trading-a-haute-frequence-premiere-amende-britannique_3451228_3234.html).
- ANGEL, James J., et Douglas MCCABE, « Fairness in Financial Market: The Case of High Frequency Trading », *Journal of Business Ethics*, 2013, p. 585 à 595.
- BANKS, Eric, *Dark Pools: The Structure and Future of Off-exchange Trading and Liquidity*, New York, Palgrave, 2010.
- BARKER, Wiliam et Anna POMERANETS, « La croissance de la négociation haute fréquence : implications pour la stabilité financière », *Revue du système financier*, Banque du Canada, juin 2011, p. 53 à 59.
- BASTIDON GILLES, Cécile, Jacques BRASSEUL, et Philippe GILLES, *Histoire de la globalisation financière*, Paris, Armand Colin, 2010.
- BHUPATHI, Tara, « Technology's Latest Market Manipulator? High Frequency Trading: The Strategies, Tools, Risks and Responses », *North Carolina Journal of Law and technology*, vol. 11, n° 2, 2010, p. 377 à 400.
- BULLOCK, Seth, « Prospects for Large-scale Financial System Simulation », *UK Government's Foresight Project*, Driver Review DR 14, 2011.
- CASEY, Jean-Pierre et Karel LANOO, *The MiFID Revolution*, Cambridge University Press, Cambridge, 2009.
- CLIFF, Dave, Dan BROWN, et Philip TRELEAVEN, « Technology Trends in the Financial Market: A 2020 Vision », *UK Government's Foresight Project*, Driver Review DR 3, 2010.
- CLIFF, Dave et Linda NORTHPROP, « The Global Financial Market: an Ultra-large-scale Systems Perspective », *UK Government's Foresight Project*, Driver Review DR 4, 2010.
- DANIELSON, Jon, et Ilknur ZER, « Systemic Risk Arising from Computer Based Trading and Connections to the Empirical Literature on Systemic Risk », *UK Government's Foresight Project*, Driver Review DR 29, 2012.
- DE LUCA, Marco, et collab., « Studies of Interactions Between Human Traders and Algorithmic Trading System », *UK Government's Foresight Project*, Driver Review DR 13, 2011.
- EPSTEIN, Gerald A., *Financialization and the World Economy*, Northampton, Edward Elgar, 2005.
- ERB, Jean-Philippe, *Les opportunités et les menaces liées à l'émergence et au développement des dark pools*, Université de Strasbourg, Mémoire de maîtrise en droit bancaire et financier, 2011.
- FINANCE WATCH, « High frequency trading », *Investing, not betting*, avril 2012.
- GODECHOT, Olivier, *Les traders : essai de sociologie des marchés financiers*, Paris, La Découverte, 2005.
- GOLDBERG, Dave, *Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning*, Boston, Addison-Wesley, 1989.
- GOMBER, Peter, et collab., *High-Frequency Trading*, Frankfurt am Main, Goethe Universität, 2011.
- KNORR CETINA, Karin, et Alex PREDA, *The Sociology of Financial Markets*, Oxford, Oxford University Press, 2005.
- LEINWEBER, David J., *Nerds on Wall Street. Math, Machines and Wired Markets*, New Jersey, Wiley, 2009.
- LENGLET, Marc, « Conflicting Codes and Coding: How Algorithmic Trading Is Reshaping Financial Regulation », *Theory, Culture and Society*, vol. 28, n° 44, 2011, p. 44 à 66.
- MACKENZIE, Donald, et collab., « Drilling Through the Allegheny Mountains: Liquidity, Materiality and High-Frequency Trading », *Journal of Cultural Economy*, vol. 5, n° 3, 2012, p. 279 à 296.

MCGOWAN, Michael, « The Rise of Computerized High Frequency Trading: Use and Controversy », *Duke Law and Technology Review*, n° 016, 2010, p. 1 à 24.

MITRA, Gautam, et collab., « Automated Analysis of News to Compute Market Sentiment: Its Impact on Liquidity and Trading », *UK Government's Foresight Project*, Driver Review DR 8, 2011.

MORIN, François, *Le nouveau mur de l'argent. Essai sur la finance globalisée*, Paris, Seuil, 2006.

ORLÉAN, André, *Le pouvoir de la finance*, Paris, Odile Jacob, 1999.

PINEAULT, Éric, « Financiarisation, crédit et théorie critique du capitalisme avancé » dans DUPUIS-DÉRI, Francis, *Par dessus le marché! Réflexions critiques sur le capitalisme*, Montréal, Écosociété, p. 49 à 89.

PFLIMLIN, Edouard, « Trading haute fréquence : mobilisation contre la "menace" des ordinateurs boursiers », *Le Monde*, Paris, 23 mai 2013, [http://www.lemonde.fr/economie/article/2013/05/20/trading-algorithmique-mobilisation-contre-la-menace-des-ordinateurs-boursiers\\_3196716\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2013/05/20/trading-algorithmique-mobilisation-contre-la-menace-des-ordinateurs-boursiers_3196716_3234.html).

TABB, Robert, *Industry Overview: Market Evolution – Where are We and What Will Happen Next?*, The TABB Group, 11 mars 2010, 37 p.

ZIGRAND, Jean-Pierre, « Feedback Effects and Changes in the Diversity of Trading Strategies », *UK Government's Foresight Project*, Driver Review DR 2, 2011.







L'Institut de recherche et d'informations socio-économiques (IRIS), un institut de recherche indépendant et progressiste, a été fondé à l'automne 2000. Son équipe de chercheur-e-s se positionne sur les grands enjeux socio-économiques de l'heure et offre ses services aux groupes communautaires et aux syndicats pour des projets de recherche spécifiques.

**Institut de recherche et d'informations socio-économiques**

1710, rue Beaudry, bureau 2.0, Montréal (Québec) H2L 3E7

514.789.2409 • [www.iris-recherche.qc.ca](http://www.iris-recherche.qc.ca)

**ISBN 978-2-923011-36-3**