

Projet de Master

Romain Mencattini

6 août 2017

Table des matières

1	État de l'art	3
1.1	Introduction	3
1.2	Finance	4
1.2.1	<i>FOREX</i>	4
1.3	Cadre théorique des algorithmes de <i>Machine Learning</i>	6
1.3.1	Introduction	6
1.4	<i>Machine Learning</i> dans le cadre de la finance	7
1.5	Conclusion	7
2	Projet	8
3	Bibliographie	9

1 État de l'art

1.1 Introduction

Avant la démocratisation de l'informatique et de son utilisation, toutes les opérations financières étaient réalisées par des humains. Ce système pouvait avoir des inconvénients :

- L'émotionnel pouvait influencer les transactions. En effet, ces dernières étant effectuées par des humains, il y avait une risque non négligeable que l'état de la personne agisse sur sa décision.
- Un problème sous-jacent était de maintenir une discipline de *trading*. Afin de minimiser les pertes et de maximiser les gains, il fallait se tenir à ce plan afin de ne pas ce laisser influencer par des paramètres extérieurs. Cela pouvait être très difficile.
- Le *backtesting*¹ était impossible. Tester la qualification ainsi que la qualité de *trading* d'une personne était compliquée. De même pour un *trading plan*.

Ces éléments ont, en partie, favorisé l'émergence et l'utilisation d'algorithmes dans la finance. En 2014 aux USA, 84% des transactions étaient accomplies par des algorithmes¹. Ce qui représente environ 100000 réalisations, ou *ticks*, par secondes¹. De part l'utilisation intensive de cet outil informatique, le monde de la finance a suivi l'évolution de ce domaine. Afin de perfectionner leurs algorithmes. On retrouve donc des méthodes d'optimisations poussées ainsi que les récentes découvertes de *data mining* et de *machine learning*, abrégé *ML*. Des propositions de plus en poussées dans les deux domaines voient le jour. L'algorithme qui sera au coeur de ce projet en fait partie. Il s'agit d'un réseau de neurones avec plusieurs couches prenant en compte des paramètres particuliers à la finance.

Afin d'approcher aux mieux ces notions, nous allons discuter des éléments nécessaires à la compréhension. Nous allons en premier lieu introduire le domaine financier ainsi que ces outils. Puis nous parlerons de plusieurs méthodes de *ML*. Voici celles vont être développées dans cet état de l'art :

- Les réseaux de neurones.
- Les arbres de décision.
- Les algorithmes *SVM*⁶.
- *Logistic Regression*.
- *Naive Bayes*.
- Descente du Gradient⁸ ainsi que sa version dite stochastique⁷.

Finalement, nous lierons les deux domaines en montrant comment adapter les modèles mathématiques de *ML* pour les utiliser comme techniques de *trading*.

1. Backtesting is the process of testing a trading strategy on relevant historical data to ensure its viability before the trader risks any actual capital. ¹⁴

1.2 Finance

1.2.1 FOREX

Afin de comprendre le fonctionnement du *FOREX*, il est important de mentionner certaines décisions historiques. Ces dernières ont façonné le marché des devises actuel.

Jusqu'à la première guerre mondiale, le système en vigueur se base sur l'or, que l'on nomme l'étalon-or². S'en suit une période d'instabilité notamment due aux pertes occasionnées par la guerre, un après-guerre compliqué, la crise boursière de 1929 et la seconde guerre mondiale.

C'est au sortir de cette dernière, que la nécessité de "*mettre en place une organisation monétaire mondiale et de favoriser la reconstruction et le développement économique des pays touchés par la guerre*"¹⁶, est apparue. Le but était également "*d'aplanir les conflits économiques, reconnaissant par là les problèmes engendrés par les disparités économiques*"¹⁷.

Plusieurs propositions furent proposées, mais ce fût celle de Harry Dexter White qu'on mit en place. Cette dernière prévoyait entre autre :

- le choix du Dollar américain comme étalon, ce dernier étant rattaché à l'or³.
- Création de la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (BIRD) qui deviendra la banque mondiale.
- Le Fond monétaire international (FMI).
- Création de l'Organisation mondial du commerce⁴.

On remarque que ces institutions sont toujours en activité, cela démontre l'importance de ces accords pour comprendre le système financier. Cela est également vrai pour le marché des taux de changes, où le USD est toujours utilisé entre deux échanges. Il n'est en effet pas possible de faire CHF/EUR⁵. Le passage par le USD entre les deux est obligatoire ; nous aurons donc CHF/USD⁶ puis USD/EUR⁷

Le marché *FOREX* porte sur les devises. La valeur d'une devise ne peut être exprimée qu'en fonction d'une autre. Par exemple 1 franc suisse vaut 1.05 euro.⁸ La transaction porte donc sur deux monnaies comme CHF/EUR. On va vendre des francs suisses pour acheter euros ou l'inverse. Le nom du marché vient d'ailleurs de ces échanges. On échange une monnaie contre une autre, c'est un *FOreign EXchange*, ou *FOREX*.

Il y a deux variations de la monnaie possibles :

- La monnaie peut subir une dépréciation.
- La monnaie peut subir une appréciation.

2. Source : 17.

3. Suspension l'équivalence or pour le dollar américain en août 1971 puis abandon définitif en mars 1973¹⁶.

4. Ne verra le jour qu'en 1995 faute d'accord¹⁶.

5. Franc Suisse - Euro

6. Franc Suisse - Dollar Américain

7. Dollar Américain - Euro

8. Taux fictif utilisé pour l'exemple.

Lorsque le prix d'une monnaie augmente par rapport à une monnaie étrangère augmente, on parle d'appréciation. Ainsi dans le cas contraire, on parlera d'une dépréciation.

La mondialisation a facilité ce marché. En effet, toutes les devises sont accessibles depuis n'importe où. Il devient donc possible d'avoir des marchés avec des devises plus exotiques.

Les principaux acteurs financiers sont 18 :

- Les banques commerciales. Elles peuvent pratiquer des interventions directes car elles gèrent des dépôts et veulent opérer des transactions sur ces derniers. Il est également possible de réaliser le rôle d'intermédiaire financier.
- Les entreprises. Ces dernières vont pratiquer des transactions directes, si elles disposent d'un accès aux marchés sinon via des banques.
- Les institutions financières non-bancaires. On peut citer les fonds de pensions, les sociétés d'assurances ou les *hedge funds*. Ce sont surtout dans un but de spéculation, d'arbitrage ou de couverture de risque qu'elles interviennent.
- Les banques centrale. Il peut y avoir des interventions directes, dans le but de modifier l'appréciation de la monnaie.
- Les ménages. Surtout dans une optique de voyage, d'achat ou de spéculation.

Henry Bourguinat a énoncé "*la règle des trois unités*" qui correspondent aux unités de temps, de lieu et d'opérations et d'acteurs. Le *FOREX* répond à ces trois unités 19 :

- Ce marché fonctionne 24h/24 et les transactions s'effectuent presque en continue.
- Il fonctionne à l'échelle mondiale tout en étant décentralisé. De part l'évolution des technologies, l'information circule aisément malgré son statut.
- L'uniformité des procédés ainsi que des produits est présente. Les acteurs malgré nationalité sont de même nature.

Il existe principalement deux horizon temporels : le *spot* et le forward.

Le premier est également appelé "Le marché au comptant". Lorsque deux acteurs se mettent d'accord sur une transaction, cette dernière se réalise immédiatement⁹.

Le second peut être nommé "Le marché à terme". L'accord est passé à un temps T mais la transaction effective ne se réalise que dans le futur. Ce futur, ou maturité, peut être de plusieurs dizaines de jours, voir des années, soit $T + X$.

Il y a opérations réalisable sur le marché à terme. :

- Les *swaps*. Ils consistent vendre une monnaie au comptant puis à la racheter à terme¹⁰.
- Les *futures/forwards*. La différence entre ces deux tient surtout à leur standardisation et leur mise en place. Cependant le principe reste le même : on réalise une opération (d'achat ou de vente) qui ne s'effectuera qu'à maturité.
- Les *options*. Cela représente un contract vendu par un parti (*the option writer*) à un autre parti (*the option holder*). Ce contrat offre le droit, et non l'obligation

9. Valable en théorie, dans la réalité cela peut prendre du temps 18

10. Soit à $T + X$

contrairement aux *futures/forwards*, d'acheter (*call*) ou de vendre (*put*). Ici encore, il faut attendre la maturité.

Les options sont très versatiles. Elles peuvent être utilisées afin de spéculer ou de diminuer le risque. Voici les différents types possibles :

- **long call** → on achète le droit d'acheter le sous-jacent à un certain prix.
- **short call** → on vend le droit d'acheter le sous-jacent à un certain prix.
- **long put** → on achète le droit de vendre le sous-jacent à un certain prix.
- **short put** → on vend le droit de vendre le sous-jacent à un certain prix.

Le *bid* est le prix maximum qu'un acheteur est d'accord de payer pour un sous-jacent. De la même manière, le *ask* est le prix minimum qu'un vendeur accepte pour vendre un sous-jacent 20. Lorsqu'il y a un *bid* qui a la même valeur qu'un *ask*, une vente est effectuée.

La différence entre le *bid* et le *ask* représente la liquidité d'un actif. Il est également utilisé comme marge par les *broker*²¹ et autres plateformes.

1.3 Cadre théorique des algorithmes de *Machine Learning*

1.3.1 Introduction

T. Mitchell a donné une définition formelle 5 :

"A computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and performance measure P if its performance at tasks in T , as measured by P , improves with experience E "

On a donc une tâche T à accomplir, où T peut être de trier des images ou de reconnaître des motifs. La mesure de la réussite de cette tâche T est nommée P . C'est-à-dire la qualité du résultat du programme pour la tâche donnée, T . Si le programme améliore son résultat P pour la tâche T grâce à de l'expérience E . Il s'agit d'un programme de *machine learning*. L'expérience peut être vu comme une phase d'entraînement ou comme le fait de retenir les réponses après avoir accompli la tâche.

Il existe deux catégories d'apprentissage :

- L'apprentissage supervisé.
- L'apprentissage non-supervisé.

Dans le cas du premier, on fournit au programme, un ensemble d'entraînement¹¹, qui contient des réalisations ainsi que le résultat de la classification. Le programme va donc pouvoir utiliser ce savoir afin d'améliorer sa performance P . Nous disposons donc de nombreux couples (x_i, y_i) et le but est de trouver une fonction $f \in F$ telle que : $f(x) = y$.

Pour l'apprentissage non-supervisé, on fournit des données, mais sans le résultat voulu. C'est uniquement après avoir décidé d'une valeur qu'on va signifier au programme si cette dernière est correcte. On ne lui donnera jamais la valeur attendue. Il va donc utiliser uniquement les résultats précédents pour améliorer son P .

11. Ou d'expérience, E

Par exemple, on désire reconnaître un certain type de voiture à partir d'images. Dans le cas de l'apprentissage supervisé, nous allons fournir au programme un ensemble d'entraînement qui contient de nombreuses photos de voitures, ainsi que la marque des dites voitures. L'algorithme va donc travailler avec ces données.

Par contre dans le cas de l'apprentissage non-supervisé, le programme ne pourra utiliser que les photos, et après avoir retourné le résultat, nous lui dirons si c'est juste ou faux. Il mémorisera le résultat et va tenter d'optimiser ses réponses.

Concernant, l'ensemble d'entraînement, il y a des points à prendre en compte afin de minimiser les risques de sur-apprentissage¹², et de maximiser la qualité de nos données. Pour ce faire il faut :

- Représenter la population générale. Donc si le but est du traitement de la langue, il faut que la propension et la répartition des mots soient les mêmes que ceux de la langue.
- Contenir des membres de chaque classes. Pour reconnaître des chiffres, il est important de disposer de chacun des chiffres dans l'ensemble d'entraînement.
- Contenir de grandes variations ainsi que du bruit. Afin d'éviter le sur-apprentissage, il faut de nombreux exemples différents, voir très différents, les uns des autres ainsi que du bruit¹³.

Il est important de saisir comment fonctionner les algorithmes de *machine learning*. Les données étant "fixes", elles ne peuvent être modifiées afin d'augmenter la performance de classification. Une fois qu'on dispose d'un *tick* en finance ou bien d'un *review* sur un produit, on ne peut en changer l'expressivité. Il convient donc d'utiliser ces données, souvent de très hautes dimensionnalités, dans des équations dont on pourra faire varier les paramètres afin de classer au mieux. Le coeur des algorithmes de *machine learning* se trouve donc dans ses équations, qu'il va convenir d'optimiser..

1.4 *Machine Learning* dans le cadre de la finance

1.5 Conclusion

12. Le sur-apprentissage consiste à apprendre par coeur la tâche, plutôt que d'apprendre les principes pour réaliser la tâche.

13. Comme des faux exemples.

2 Projet

3 Bibliographie

1. Financial Times : "*Real investors eclipsed by fast trading*", 2012 <https://www.ft.com/content/da5d033c-8e1c-11e1-bf8f-00144feab49a?mhq5j=e1>
2. "*A Machine Learning Approach to Automated Trading*", 09.05.2016, Ning Lu
3. "*An efficient implementation of the backtesting of trading strategies*." Ni, Jiarui, et Chegqi Zhang, *Parallel and Distributed Processing and Applications* (2005) : 126-131.
4. "*Algorithmic Trading : Winning Strategies and Their Rationale (Wiley Trading Series)*", John Wiley and Sons, 2013
5. "*Machine Learning*", Mitchell, Tom M. New York, 1997.
6. Article Wikipédia sur SVM : https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_%C3%A0_vecteurs_de_support
7. "*Online Machine Learning Algorithms For Currency Exchange Prediction*", Eleftherios Soulas et Dennis Shasha de NYU, Courant Department.
8. Article Wikipédia sur Algorithme du gradient : https://fr.wikipedia.org/wiki/Algorithme_du_gradient
9. "*Descision Tree Learning*", Tom M. Mitchell
10. Article Investopedia sur les Options <http://www.investopedia.com/terms/o/option.asp>
11. "*Support Vector Machine (and Statistical Learning Theory) Tutorial*", de Jason Weston, NEC Labs America. http://www.cs.columbia.edu/~kathy/cs4701/documents/jason_svm_tutorial.pdf
12. "*An Introduction to Neural Networks*" Vincent Cheung et Kevin Cannons : <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/NeuralNetworks.CheungCannonNotes.pdf>
13. Exemple de réseaux de neurones <http://csc.lsu.edu/~jianhua/nn.pdf> p.5
14. *Backtesting* Investopedia <http://www.investopedia.com/terms/b/backtesting.asp>
15. Historique des taux de changes : <http://www.xe.com/currencycharts/>
16. Article Wikipedia sur les Accords de Bretten Woods : https://fr.wikipedia.org/wiki/Accords_de_Bretton_Woods
17. Article Étalon-Or à Étalon-Dollar : <http://la-chronique-agora.com/etalon-or-etalon-dollar/>
18. *CHAPITRE 1 : LE MARCHE DES CHANGES Monnaie et Finance Internationales* de David Guerreiro, Université Paris 8, https://economix.fr/docs/1045/chap_1_2015-16.pdf
19. Site *FOREX* français : <http://www.forex.fr/newslist/8696-la-regle-des-trois-unites-du-ma>

20. Investopedia Bid-Ask : <http://www.investopedia.com/terms/b/bid-and-asked.asp>
21. Wikipedia Broker : <https://en.wikipedia.org/wiki/Broker>