

Réalisation d'un simulateur de marché financier

COUTURON Emeric,
FAROUI Taj,
NOUIRA Narjes,
OUGHZIF Yassine



Projet de Fin d'Etudes
Polytech Nice Sophia Antipolis, Février 2017

Encadré par Madame Anne-Marie Hugues

Table des matières

1	Remerciements	3
2	Introduction	4
3	Recherches bibliographiques	5
3.1	Les produits financiers	5
3.1.1	Qu'est-ce qu'un actif	5
3.1.2	Les différents actifs	6
3.2	Les marchés financiers	11
3.2.1	Historiques des marchés financiers	11
3.2.2	Classification des marchés financiers	13
3.3	Le carnet d'ordres	17
3.3.1	Qu'est-ce qu'un ordre	17
3.3.2	Fonctionnement du carnet d'ordres	18
3.3.3	Explication par l'image	22
3.4	Trading algorithmique	25
3.4.1	Introduction	25
3.4.2	Bref Historique	25
3.4.3	Aujourd'hui	26
3.5	L'analyse graphique	28
3.5.1	Introduction	28
3.5.2	La base de l'Analyse graphique	29
3.5.3	Les Figures de retournement	30
3.5.4	La Moyenne Mobile	33
4	Présentation du sujet	35
4.1	Cahier des charges	35
4.2	Conception	36
4.3	Diagramme de cas d'utilisation	37
4.4	Raffinement des cas d'utilisation	37
4.5	Diagramme de classe	39
5	Simulateur	40
5.1	Modèle mathématique	40
5.2	Description du modèle	40
5.3	Simulation d'une partie	42

6	Retour sur le projet	54
6.1	Travail réalisé	54
6.2	Problèmes rencontrés	55
6.3	améliorations possibles	56
7	Bibliographie	58

1 Remerciements

Avant de commencer la lecture de ce rapport, nous aimerions remercier Madame Anne-Marie Hugues pour tout ce qu'elle nous a appris durant cette année scolaire, et de nous faire bénéficier de son expérience, sa patience face à notre curiosité en sachant répondre à nos questions sans oublier sa participation au cheminement de ce projet tout au long de cette période.

Merci de nous avoir proposé ce sujet de projet de fin d'études qui à su nous intéresser du début à la fin, tant sur les nouvelles informations à apprendre et comprendre que sur la conception et réalisation du code final.

Nous souhaitons remercier par la même occasion Monsieur Franck Ciosi pour son expérience, ses informations pertinentes et de nous avoir aiguillé dans notre quête de sources bibliothécaires pointilleuse dans le domaine des marchés et produits financiers.

2 Introduction

Dans le cadre du projet de fin d'étude de notre école d'ingénieur Polytech Nice Sophia Antipolis. Notre équipe de quatre élèves de la formation Mathématiques Appliquées et Modélisation (MAM) en option Informatique et Mathématiques Appliquées à la Finance et l'Assurance (IMAFA) proposons le travail détaillé dans ce rapport.

L'objectif de ce projet est dans un premier temps d'acquérir une connaissance approfondie des marchés, des produits financiers, du fonctionnement d'un carnet d'ordres, de quelques notions mathématiques liées au calculs des prix des titres financiers ou d'analyse graphique ainsi que des notions de trading algorithmique.

Le second objectif, et pas des moindres, est d'utiliser ces informations nouvelles pour la création d'un outil de simulation de marché financier.

On détaillera les fonctionnalités de ce simulateur dans le cahier des charges, il doit permettre à un meneur de jeu de diriger une partie et à un joueur d'observer l'évolution des cours de différents titres et également d'intervenir sur le marché en effectuant des transactions via l'émission d'ordres. Le meneur de jeu pouvant choisir les paramètres du marché afin d'en simuler les différentes situations réelle d'un marché (stress test, marchés liquides, etc).

3 Recherches bibliographiques

La valeur ajoutée ainsi que la raison majeure du choix de ce sujet de projet de fin d'études est l'apprentissage/recherche bibliographique pointilleuse dans le domaine des marchés et produits financiers nécessaire à la réalisation de celui-ci. En effet il était au préalable nécessaires pour nous, étudiants ingénieurs en option IMAFA, de nous forger une réelle culture approfondie développant les thématiques et outils utilisés en cours. Pour ce qui est des marchés financiers, aucun avant propos aboutis ne nous a été proposé dans notre cursus car cela est avant tout du ressort de la culture et de l'attrait personnel des étudiants envers le monde entourant les thématiques approchées tout au long de l'année. Nous avons donc, en tant que première partie de notre projet, recherché, appris, résumé et dressé un réel état des lieux des marchés financiers et produits financiers courants en ce jour et dans la passé. Nous offrons dans la suite un récapitulatif de notre recherche en ces domaines. De plus, nous ajoutons notre étude et compréhension du fonctionnement d'un carnet ordres, des outils d'analyse graphiques utilisés de nos jours et quelques rappels mathématiques utiles tels que la moyenne mobile et notre modèle résultant du pricing.

Pour cette partie, les principales sources sont notre cours d'IMAFa ainsi que les livres proposés par monsieur Ciosi pour les définitions complémentaires. Il ne s'agit pas de citations mais de re-écriture par nos soins des définitions des produits et des marchés.^{[2][3][4][5][9]}

3.1 Les produits financiers

3.1.1 Qu'est-ce qu'un actif

Dans cette partie nous allons décrire les bases des produits échangés aujourd'hui sur les différents marchés financiers dans le monde. Il est cependant impossible d'en dresser un exemplaire exhaustif sachant que certains produits dérivés n'ont de limite que l'imagination des acteurs les créant et les échangeant. Nous allons donc voir les produits les plus courants afin d'approfondir et de comprendre les outils utilisés en cours cette année. Un résumé le plus simple possible est alors proposé par nos soins suivant les recherches préalables.

Une Valeur Mobilière (*VM*) est un titre/actif financier négociable, échangeable et fongible (objet généralisé, réglé et partagé en unité le contenant tel que poids ou mesure) qui peut être coté en bourse. Les deux plus connus sont les actions et obligations. Nous allons aussi parler des différents objets et matières échangeables sur les marchés financiers dans leur ensemble.

3.1.2 Les différents actifs

Voyons dans un premier temps les valeurs mobilières les plus connues, créées sur le marché primaire.

1) Actif lié au capital :

- Action

Part de capital créée lors d'une introduction en bourse d'une société anonyme ou en commandites par actions. Un détenteur de ce produit est un actionnaire, il jouit de plusieurs droits stipulés par l'entreprise tel que :

- Droit de dividende
- Droit de gestion
- Droit d'information

Le droit de dividende se traduit comme ceci : Le détenteur de l'action (co-propriétaire de la société) reçoit chaque année une rémunération proportionnelle à son engagement dans la société sous forme de dividende. Le conseil d'administration a charge de décider si un dividende est proposé en fin d'année fiscale et le montant de celui-ci. Si l'entreprise n'a pas fait de bénéfices, ou si tous les bénéfices sont alloués à l'investissement il n'y aura pas de dividendes. Pour ce qui est du droit de gestion, suivant les droits stipulés au nom de l'action, l'actionnaire a un droit de vote pour élire le conseil d'administration, ainsi que le droit de voter en faveur ou contre les résolutions proposées lors de l'assemblée générale des actionnaires. Le droit d'information se traduit par le fait qu'un actionnaire peut avoir accès à des informations directes détaillant la santé de l'entreprise et des derniers chiffres avant que ceux-ci deviennent publics. En effet, l'actionnaire a besoin de ces chiffres pour prendre des décisions lors des assemblées générales d'actionnaires.

Détails :

Une action peut être au porteur ou nominative. Dans le premier cas l'émetteur ne connaît pas le détenteur, dans le second cas le détenteur est connu de l'émetteur.

Certaines entreprises offrent des actions privilégiées donnant plus de droits ou

offrant un traitement prioritaire lors des assemblées ou du paiement des dividendes.

- Certificat d'investissement

Cet actif est assimilable à une action sans le droit de gestion. Complétée par une certificat de droit de vote elle redevient une action à part entière.

2) Actif Lié à la dette

- Obligation

Faisant parti de la famille des titre de créance, reconnaissance de dette ou encore part de dette. Une entreprise voulant emprunter une grosse somme d'argent et ne voulant pas partager ni donner de droit de gestion à des personnes tierces peut faire le choix d'émettre des titres de dette à plus ou moins long terme. La somme empruntée à une entreprise de marché est ainsi divisée en parts de valeur égale qui sont émises sur le marché des obligations. L'entreprise spécifie alors le prix d'émission, l'intérêt payé à chaque période de tombée de coupon et les conditions de remboursement.

Détails :

Lors d'un dépôt de bilan d'une entreprise, les détenteurs d'obligations se font rembourser avant les détenteurs d'actions.

Il existe plusieurs de types d'obligations et de produits de créance, chacun avec des plus ou moins grands changements dans les termes du contrat.

Il existe deux grandes catégories d'obligations : la première englobant les obligations émises par l'état et le secteur public. Et la seconde catégorie faisant référence aux obligations émises par les entreprises du secteur privé.

Une obligation correspond à un prêt effectué par le propriétaire de l'obligation à l'institution émettrice.

- Titre de Créance négociable

Regroupant tous les produits de créance à maturité courte. Ils portent les noms de certificat de dépôt, billets de trésorerie, billets des institutions financières spécialisées, bons du trésor négociables, bons à moyen terme négociables... Ces contrats sont standardisés et réglementés, émis par une institution publique ou privée, l'émetteur privé doit rendre publique une notation d'une agence agréée avant de pouvoir en émettre.

3) Autres sous-jacents

D'autres actifs sont proposés sur des marchés spécialisés tels que :

- Des taux de changes reflétant le nombre de devises a échangeables contre un nombre de devises b .

- Des matières premières de toutes sortes telles que l'or et le pétrole pour ne citer qu'eux.

- Des indices : Certains produits dits "indiciels" sont traités en tant qu'actifs financiers et sont en réalité des portefeuilles regroupant différentes valeurs mobilières connus dans un secteur.

- Des trackers qui sont créés par des OPCVM de gestion indicielle.

À partir de ces valeurs mobilières, les investisseurs dérivent ces produits (créent des contrats d'échange de ces sous-jacents). Nous allons voir ci-dessous comment.

4) Produits dérivés optionnels

- Options

Une option donne le droit à l'exercice d'acheter ou de vendre (call/put) un actif financier au prix défini dans le contrat sous réserve de payer une prime. Il existe trois grands types d'options :

- Européenne : La date d'exercice est la date de fin de vie de l'option.

- Américaine : Le pouvoir d'exercer l'option est utilisable à tout instant entre la date d'émission et la date de fin de vie de l'option.

- Option Bermuda : Entre les deux précédentes, on ne peut exercer l'option qu'à certains moments dans la durée de vie de l'option.

De plus, il existe plusieurs générations d'options qui sont des contrats optionnels avec quelques subtilités. Voici certains produits faisant partie de la première génération d'options.

- Cap : Permet de plafonner un taux d'emprunt en stipulant le taux maximum

payable par le détenteur de l'option.

- Floor : Complémentaire au Cap, il permet de se mettre d'accord sur une limite minimale permettant de minorer le taux d'intérêt.

- Collar : Assimilable à un Long Cap + Short floor, il s'agit de plafonner et de minorer le taux de prêt créant une zone variable entre les limites.

- Swaption : Contrat d'option sur l'achat ou la vente d'un swap.

Pour ce qui est des options de deuxième génération, nous pouvons compter les options suivantes :

- Option digitale : Offrant un gain fixe selon si le prix du sous-jacent se trouve au dessus du prix d'exercice pour un call, ou en dessous pour un put.

- Option asiatique : à l'échéance, le prix d'exercice de cette option est comparé au prix moyen du sous-jacent dans un intervalle de temps déterminé au moment de transaction.

- Warrants (Bon d'option)

Tout comme les options, ce produit permet (après exercice du droit attaché) d'acheter ou de vendre un sous-jacent au prix convenu lors de la ratification du contrat. Pour mieux comprendre ce qui en fait un produit à part entière, il est judicieux d'étudier les différences et similitudes d'un warrant et d'une option.

Un Warrant est directement émis par un établissement financier ou des entreprises d'investissement.

Au contraire des options, les Warrants sont émis en nombre limité.

Il n'est pas possible de vendre à découvert un Warrant : Il faut au préalable le posséder pour pouvoir l'échanger. Ce qui fait que la perte maximale liée à l'achat d'un warrant perdant toute sa valeur revient au prix de la prime payée.

Un Warrant est la plupart du temps pourvu d'effet de levier.

- Certificats

Lancés sur le marché par les banques, ce document assimilables à un Warrant de type Européen (pour ce qui est du fonctionnement) propose un pay-off différent à l'exercice. Un certificat de spread par exemple définit un intervalle à échéance du prix du sous-jacent. Si le prix du sous-jacent se situe au dessus de la borne supérieure, l'acheteur se verra verser une prime égale à la différence positive des bornes. De même si la valeur du sous-jacent a échéance se retrouve entre les deux bornes, l'acheteur remporte la différence positive du sous-jacent limité à la borne inférieure. Et dans le troisième cas, en dessous de la borne inférieure l'acheteur perd sa mise.

Un certificat à borne désactivante (TURBO), tel qu'une option burn-out désactive le pay-off si le prix du sous-jacent dépasse une certaine valeur spécifiée dans le contrat.

Aujourd'hui on préférera jouer avec des CFD (Contrat for difference) qui sont des contrats agressifs par leur effet de levier et assimilables à des Forwards. Le vendeur devra payer à l'acheteur la différence entre la valeur présente et la valeur du sous-jacent à la date du contrat.

5) Produits dérivés fermes

- Forward

Vendu sur le marché OTC, ce contrat entre un acheteur (position longue) vendeur (position courte) engage les intervenants à l'achat ou la vente d'un actif à une date futur et à un prix convenu.

- Futur

Il s'agit d'un contrat Forward standardisé et échangeable sur les marchés organisés.

- Swap

Accord entre deux parties/entreprises pour échanger des flux de trésorerie dans le futur. Peut être assimilé à un Forward dans certains cas.

Exemple : Si une entreprise long Forward et Call x matières premières, elle pourra vendre les x matières premières dès l'exercice de l'option. Ici : Forward = Swap, l'entreprise s'engage à payer P dans le futur et de recevoir $x \times \text{Prix des matières premières}$.

- Forward Rate agreement

Contrat d'échange de taux fixe contre taux variable observés à une date future de début du contrat pour une date d'échéance ultérieure à celle de fixation des taux. Le taux d'équilibre pour le payeur et receveur étant notamment le taux forward pour les mêmes dates.

6) Autres valeurs mobilières créées par des entreprises

Certains organismes financiers créent et gèrent des fonds de valeurs mobilières et autres instruments financiers afin de proposer de nouveaux instruments financiers de couverture, de spéculation ou de placement. Une OPCVM par exemple : [13] (Organisme de placement collectif en valeurs mobilières) tels qu'une SICAV (Société d'investissement à capital variable) ou encore FCP (Fond commun de placement) offrent différents produits et proposent à des investisseurs en passant par des gestionnaires de portefeuille de gérer un ensemble de valeurs mobilières diversifiées à la recherche du rendement. Cela permet de faciliter l'investissement dans des zones géographiques ou des secteurs d'activité donnés par exemple pour une part de SICAV suivant un indice étranger. En effet, l'exemple des trackers est très intéressant, il s'agit alors d'un fond d'investissement coté en bourse reproduisant (composé des mêmes actifs) un indice boursier. Les frais d'administration sont minimes et on peut même accéder à un effet de levier.

Exemple : Un investisseur débutant préférera alors investir dans un Tracker d'indice Japonais sur une bourse française au lieu de s'informer (Comment passer un ordre, ou, à qui, à quelle heure, en quelle langue) et miser sur l'indice du Nikkei225.

3.2 Les marchés financiers

3.2.1 Historiques des marchés financiers

[11][12][14] Depuis le 19^{ième} siècle, nous constatons une évolution accélérée des marchés financiers et l'émergence des phénomènes d'internationalisation et de mondialisation des marchés. Certaines bourses s'unissent, certaines entreprises de marché rachètent des lieux historiques et se délocalisent à l'étranger... Cependant, pour comprendre ces phénomènes et avant d'étudier l'actualité des marchés financiers, il est intéressant d'en parcourir l'histoire qui a commencé il y a bien longtemps.

L'apparition des prêts et la création de la bourse à Rome revient à l'époque antique, cependant l'utilisation de celle-ci reste très marginale et peu semblable à ces que l'on appelle "bourse" de nos jours. Au Moyen Age, les premières sociétés de capitaux furent développées et étaient responsables sur leurs propres biens, cela dans l'objectif de matérialiser une entreprise et ses revenus en tant que bien commun. En 1408, les italiens à Anvers créèrent la première bourse et commencèrent

à échanger des marchandises et biens non présents physiquement sous forme de contrat. En 1460, ils créèrent dans la foulée la première bourse en tant que lieu physique et commencèrent à effectuer des transactions sur les titres présents à l'époque (détention de part d'entreprise). Nous notons aussi la création de quelques autres bourses physiques réservées aux titres de propriété cotés sur les marchés organisés tels que la bourse de Lyon (1460) et Amsterdam (1530). En 1602, la compagnie des indes orientales fut créée en tant que première société de finance par la demande. Durant la période de la fin du 17ème siècle jusqu'au début 18ème siècle, les premiers échanges commencèrent à Londres en 1698 ainsi que depuis la création de «London Stock Exchange» en 1801. La création en 1792 du NYSE à Manhattan qui est connu sous le nom « Wall Street ». Durant le 19ème siècle, les premières grosses sociétés sectorielles entrèrent en bourse telles que les sociétés de chemins de fer, les banques, le pétrole et la chimie. Ainsi, la bourse a rencontré une forte croissance du fait de l'entrée sur le marché de nouvelles entreprises et la création de nouveaux produits financiers.

Pour décrire en quelques lignes l'évolution des marchés financiers en suivant un cas précis, prenons l'exemple du CBOT (Chicago Board Of Trade). Créé en 1848 en tant que premier gros lieu d'échange de matière première agricole (généralement céréales) du Nord des Etats Unis, cette bourse avait pour objectif de standardiser en qualité et quantité ainsi que de faciliter les échanges de grains fermier et récoltes mixtes entre les producteurs (ou représentants de producteurs : Brokers/Courtier) et les investisseurs et négociants extérieurs. Cette bourse a vu naître certains contrats portant sur des échanges de marchandises à prix fixé pour une livraison à une date future : Contrat à terme. Les acteurs du marché se rendant compte du fait qu'un tel type d'objet (ici contrat) était plus intéressant en ce qui concerne les spéculations possibles et espérances de gains que l'échange simple de marchandise se mirent à l'échanger en masse et à le proposer avec différentes spécifications. Ceci est la naissances des contrats Forwards sur bourse organisé : Contrats Futurs.

Au début du 20ème siècle, quelques états commencèrent à émettre des rentes perpétuelles (produit de dette) attirant de nombreux investisseurs séduits par un risque très faible de défaut. Les marchés financiers rencontrèrent de nombreuses perturbations historiques telles que des jours noirs ou des périodes sombres pendant les différentes guerres. Par exemple, en 1929, les cours s'effondrèrent et une grande partie des titres perdirent des pourcentages très importants de leur valeur. Durant les années 80, les marchés financiers évoluèrent et grandirent dans l'ensemble et sur tous les continents(bien que plus particulièrement en Amérique du nord). De nombreuses sociétés s'introduisirent en bourse et par conséquent le nombre des transactions augmenta énormément. Les années 90 furent marquées par l'augmentation des valeurs issues des nouvelles technologies (bulle internet),

de nouvelles entreprises prometteuses prenant des risques énormes en s'endettant largement et promettant des jours heureux si les objectifs étaient réalisés. À la fin du 20ème siècle, les titres se dématérialisèrent suite à l'apparition des marchés électroniques et la mondialisation des marchés. Nous notons aussi la création des plateformes électroniques (« Alternative Trading System ») dédiées aux transactions. A la charnière du 21ème siècle, les marchés financiers connurent une évolution défavorable suite au ralentissement du progrès mondial et l'événement du 11 Septembre. Enchaîné par l'éclatement de crises financières dans le monde perturbant la croissance des marchés. Nous notons par exemple la crise de 2008 qui a provoqué une chute des bourses mondiales. Malgré les risques des marchés financiers, nous constatons que ce secteur a connu un progrès très important depuis l'antiquité jusqu'à aujourd'hui. Nous allons détailler dans les parties suivantes l'état des lieux des marchés financiers en ce qui concerne notre époque.

3.2.2 Classification des marchés financiers

1) Par type du marché

- Primaire/Secondaire

Le marché primaire est basé sur l'émission de nouvelles actions et obligations tandis que le marché secondaire repose sur l'échange des titres qui sont déjà émis. Le marché primaire est un lieu de contact direct entre les émetteurs d'une valeur mobilière actions, obligations,...) et les investisseurs. Les ordres placés sur un marché primaire sont des ordres de souscription. Une entreprise cherchant à s'agrandir ou à augmenter son capital pour investir dans de nouveaux outils, bâtiments ou personnel à besoin de contracter des prêts plus ou moins importants. Lorsque la somme demandée est trop importante ou que la société souhaite entrer en bourse elle peut émettre par le biais d'une entreprise de marché des titres de capitaux (Actions). De l'autre côté, elle peut émettre et partager sa dette en promettant de payer à chaque période un peu d'argent et de rembourser la somme investie par l'investisseur en fin de période d'un contrat de type Obligation. Suite à l'achat d'un ordre, le marché secondaire devient nécessaire afin de faciliter la négociation entre les investisseurs et d'assurer la liquidité des produits financiers déjà créés. Les instruments financiers sont négociés au prix du marché secondaire et non pas au prix d'émission. La majorité des marchés boursiers sont des marchés secondaires tels que la bourse de Londres, XETRA, Euronext, etc. Pour résumer, on parle de marché du "neuf" pour le marché Primaire et de marché de l'occasion

pour le marché Secondaire.

- Organisés/De gré à gré

Les marchés de gré à gré sont appelés aussi OTC (« Over The Counter »). Ils sont caractérisés par la négociation libre des conditions de transaction. En effet, le vendeur et l'acheteur négocient eux-même la réalisation d'une transaction ou bien par l'intermédiaire d'un courtier ou d'une banque. Le marché OTC est très souple mais il est risqué. La majorité des produits dérivés sont traités par des marchés de gré à gré. Les marchés des métaux précieux et des euro-obligations sont aussi des marchés OTC. Les marchés organisés sont des institutions où les ventes et les achats des instruments financiers sont centralisés afin de construire un carnet d'ordres pour chaque produit financier. Contrairement au marché OTC, les transactions sont réalisées d'une manière anonyme c'est-à-dire l'investisseur ne connaît pas sa contrepartie. Le prix d'une transaction est déterminé en fonction des contraintes et des conditions actuelles. Les marchés organisés se présentent sous forme d'entreprises commerciales qui ont comme objectif la réalisation des transactions de valeurs mobilières.

- Dirigés par les ordres/Dirigés par les prix

C'est un autre critère de classification des marchés financiers qui est appliqué uniquement sur les marchés financiers où existe un carnet d'ordres. Il permet de caractériser la manière dont est formé le cours (prix marché). La majorité des marchés organisés sont des marchés gérés par les ordres. En effet, les ordres de bourse sont transmis directement au marché par les opérateurs afin de les classer par type (vente/achat), ensuite par les informations spécifiées (type d'ordre, quantité, prix...). Ce marché a plusieurs avantages parmi lesquels :

Il assure l'échange d'un grand nombre des ordres en calculant les cours de bourse.

Il assure la transparence et la certitude d'exécution des ordres.

Il a aussi quelques inconvénients parmi lesquels la liquidité n'étant fournie que par les gros investisseurs rachetant et connectant les ordres à cours limité par une offre au marché.

Par exemple, Euronext, XETRA sont des marchés dirigés par les ordres. En ce qui concerne les marchés dirigés par les prix, les ordres de bourse sont apportés par des opérateurs bien particuliers qui représentent des « Market Makers ». Ces opérateurs traitent à la fois les opérations d'achat et de vente pour un nombre important de titres. La liquidité des instruments est assurée par les Markets Makers. En effet, si un investisseur vend ou achète une valeur mobilière, son ordre sera évalué à partir de la position du Market Maker. Donc, les carnets d'ordres

ne sont pas disponibles sur ces marchés. Ainsi, l'écart entre les cours vendeurs et acheteurs dépend de la concurrence entre les Market Makers. Plus la concurrence est importante, plus l'écart est faible. A titre d'exemple, Nasdaq, XETRA Floor Frankfurt sont des marchés gérés par les prix.

2) Par type des produits financiers

- Marchés obligataires

Il est appelé aussi le marché des obligations. Il permet aux entreprises et aux Etats d'emprunter lorsqu'ils ont besoin de financement. En effet, ils peuvent émettre des titres de dette appelés « obligations » qui présentent une forme d'emprunt caractérisé par un taux d'intérêt et une date d'échéance. A la maturité, l'entreprise ou l'état rembourse sa dette tandis que le prêteur reçoit son capital. Les acheteurs des obligations sont des créanciers de l'État et des entreprises nationales. Les titres de dette sont appelés aussi les titres de créance/dette qui sont échangés à moyen et à long terme. Le marché obligataire est constitué d'un marché primaire pour l'émission des ordres et d'un marché secondaire pour la négociation.

- Marchés monétaires

Le marché monétaire est caractérisé par une échéance du court terme (moins de 2 ans) des produits de dette échangés sur celui-ci. Les instituts financiers, les banques, les États et les entreprises empruntent et prêtent des fonds selon leur besoin. Le marché monétaire est caractérisé par un risque très faible. Parmi les instruments du marché monétaire nous notons :

- Les contrats commerciaux
- Les accords bancaires
- Les certificats de dépôt
- Les bons de trésorerie.

- Marchés des actions

Il est le plus populaire pour tous les actionnaires en bourse et du grand public. Il permet la spéculation sur de nombreuses valeurs. Les investisseurs peuvent acheter et vendre des actions sur le marché des actions. En effet, ils peuvent obtenir des titres de différents types d'entreprises cotées en bourse. Les acheteurs des titres deviennent des associés de l'entreprise et ils bénéficient des dividendes de façon proportionnelle aux nombres d'actions qu'ils possèdent. Le marché des actions peut contenir des actions non cotées en bourse mais elles peuvent être émises dans les

marchés de gré à gré. Le marché des actions est classifié en trois catégories dans les bourses :

Le marché principal : dédié aux grandes entreprises

Le marché de développement : dédié aux entreprises de taille moyenne et qui pourront avoir des gains futurs.

Le marché de croissance : dédié aux entreprises à forte croissance ayant un portefeuille de financement des projets.

- Marchés des produits dérivés

Ils sont appelés aussi les marchés dérivés. Les actifs financiers qui se traitent sur ces marchés sont des actifs qui portent sur d'autres produits et ils sont appelés des produits dérivés. En effet, le marché dérivé est composé des options, des futures, des forwards et des Swaps. Ce marché présente une couverture et une protection contre les risques tels que le risque de change, de volatilité, de de la variation des prix, etc. C'est pour cela que les produits dérivés sont proposés aujourd'hui par de nombreuses places boursières.

- Marchés des changes (FOREX : FOrEign Exchange)

Ce marché est réservé à l'échange des différentes devises du monde. Aujourd'hui, il est classé comme étant le plus gros marché avec un volume de transactions très important (5 300 milliards de dollars en 2013). Le marché des changes détermine le taux d'intérêt entre chaque couple de devises qui présente le prix d'échanges.

- Marché des matières premières (commodities)

Le marché des matières premières est réservé pour l'échange des matières premières tels que les ressources naturelles et énergétiques exploitées par l'industrie et utilisée dans le cycle de production d'un produit. Les investisseurs émettent des ordres d'achat et de vente sur ces matières premières.

3) Par mode de fonctionnement

- Marchés boursiers

Le marché boursier est appelé aussi la bourse sur lequel s'échange les titres financiers. Il représente l'un des plus important marché de l'économie. Il est caractérisé par la variation des prix des actions chaque jour entre la hausse et la baisse.

Ainsi, les investisseurs bénéficient des gains appelés aussi dividendes si les actions deviennent plus chères.

- Marchés au comptoir ou hors cote

Il est appelé aussi marché hors bourse. Il est réservé aux valeurs mobilières qui ne sont pas cotées en bourse. Sur lequel, on peut négocier des actions, des obligations et des titres du marché monétaire.

4) Par type de règlement

- Marchés au comptant (SPOT)

La transaction est immédiate et c'est le prix spot qui est utilisé. Le règlement et la livraison des titres financiers se fait à l'issue de la transaction. La livraison peut prendre plusieurs jours dans certains cas mais ce temps de latence tend à se réduire avec le développement technologique (ordinateurs et serveurs plus puissants).

- Marchés à terme

Il est appelé aussi marché des contrats à terme. Le règlement des ordres financiers est reporté à une date d'échéance future sur ces marchés. Nous distinguons deux types de deux contrats : des contrats futurs traités sur les marchés organisés et des contrats forwards traités sur les marchés OTC. Les deux contreparties se mettent d'accord définitivement sur les termes d'une transaction (le produit, la quantité et le prix à l'échéance). Grâce à ce marché, les investisseurs peuvent se couvrir contre différents risques de hausse ou de baisse de la valeur d'un actif dans le futur.

3.3 Le carnet d'ordres

3.3.1 Qu'est-ce qu'un ordre

Lorsque l'on étudie un marché financier dirigé par les ordres (voir section marchés financiers) on ne peut pas passer à côté de la notion d'ordre ni de celle de carnet d'ordres.

Un ordre de bourse permet de transmettre une instruction d'achat ou de vente

d'un produit financier spécifiant la quantité, le prix et d'autres informations pour les ordres complexes. Il est transmis à un intermédiaire financier afin de rentrer dans un carnet ou il sera classé selon sa nature et les informations en entrées.

Ordre au marché : Prioritaire sur tous les ordres car privilégiant la rapidité de l'exécution totale de la quantité exigée. Le passeur d'ordre de marché spécifie une quantité et la nature de son ordre (achat vente) et celui-ci ira directement découler les ordres correspondants dans le carnet d'ordres.

Ordre à cours limité : Permet de fixer un prix d'achat maximum ou un prix de vente minimum, cet ordre est aussi muni d'un temps de vie car ne trouve pas nécessairement de contre parti directement.

Ordre à la meilleure limite : Privilégie le cours d'exécution de l'actif en question à la place de privilégier la meilleure offre ou meilleure demande.

Ordre Stop/Seuil de déclenchement : Laisse au passeur d'ordre le choix d'une limite qui si atteinte, déclenchera un ordre au marché. Utilisé en protection d'un retournement de tendance pour fixation de seuil acceptable de perte ou à l'achat pour profiter d'une tendance haussière.

Ordre à plage de déclenchement : Appliquant les mêmes principes de fonctionnement que l'ordre à seuil de déclenchement mais avec comme subtilité de passer un ordre à cours limité au lieu d'un ordre au marché lors de son déclenchement.

Il existe certains autres types d'ordres plus perfectionnés dépendant de la créativité des codeurs et développeurs financiers tel que des ordres à plage de déclenchement suivant le cours dynamiquement du marché et même des ordres taillés pour les algorithmes HFT vus dans le chapitre suivant.

3.3.2 Fonctionnement du carnet d'ordres

Cette partie est très pointilleuse et longue à lire, le chapitre suivant donne des exemples plus simples.

Beaucoup de sources se chevauchent pour cette étude, même si le grand travail est la compréhension du système des carnets d'ordre que l'on va s'efforcer de transmettre. Nous avons utilisé les liens suivants Nous utilisons les connaissances acquises en cours ainsi que ces liens [\[16\]](#)[\[18\]](#)[\[3\]](#)[\[21\]](#)

Tous ces ordres sont regroupés selon leur sens (achat vente) nature (marché, cours limité...) et les informations complémentaires nécessaires à la validité de celui-ci (prix d'achat, quantité ...)

Dans la plupart des cas, on se représente un carnet d'ordres en deux parties comme deux tableaux. Une colonne de sens achat (bid/offre) trié dans l'ordre croissant pour faire apparaître en tête de tableau la meilleure offre (Achat le plus haut). Et une colonne de sens vente (ask/demande) triée dans l'ordre décroissant de haut en bas afin de laisser apparaître en tête de tableau la plus basse des demandes. L'écart entre la meilleure offre et la plus basse des demandes offre un aperçu direct du spread. à côté de ces colonnes, les informations complémentaires utiles à la description d'un ordre. Dans notre cas, nous parlons de carnet d'ordres à cours limité laissant apparaître uniquement ce type d'ordres. L'information complétant le prix est alors la quantité. Sur certains modèles on peut aussi voir apparaître nettement le nombre d'ordres partageant les mêmes caractéristiques ainsi que le type d'ordres si plusieurs types sont utilisés dans la même tableau (ce qui complique la vision du tableau lorsque par exemple on classe dans la même colonne des ordres à cours limité un ordre à plage de déclenchement.

Dans les deux paragraphes suivant, nous détaillons les deux cas possibles amenant à une ou plusieurs transactions, Les deux cas sont détaillés au maximum même si le processus est simple par son fonctionnement

Mécanisme de transaction : Ordre à cours limité / Ordre à cours limité

Nous avons vu que notre carnet d'ordres est constitué uniquement d'ordres à cours limités classés de manière statique dans leurs colonnes (sens) respectives. Par statique nous entendons qu'une offre proposant un prix inférieur à une demande ne débouchera d'aucune manière à une transaction. Pour qu'il y ait transaction entre deux ordres à cours limité, il faut respecter les conditions suivantes : Qu'il existe une offre supérieure ou égale à au moins une demande Qu'il existe une demande inférieure ou égale à au moins une offre Si une des deux conditions ci-dessus est validée, il y a transaction. Les deux conditions étant équivoques, nous allons seulement détailler le premier cas. En tant que condition initiale à un certain instant fixé, voici notre carnet d'ordre à l'instant $t+1$, un petit investisseur, dans un des cas suivants

- n'ayant pas pris connaissance de l'état du carnet d'ordre
- n'ayant pas suivi l'évolution trop rapide de ce dernier (voir HFT)
- ayant passé son ordre à un instant antérieur et le voyant passer que à l'instant $t+1$

- ayant tout simplement besoin de trouver une contrepartie dans l'instant.

Passe un ordre à cours limité pour 70 titres au prix d'achat de 15.21 unités. à cet instant $t+1$, seul son ordre est "nouveau" dans le carnet d'ordre A savoir que à chaque nouvel ordre dans le carnet, une requête de classification (croissant/décroissant) doit impérativement suivre Cette nouvelle offre à un prix supérieur à la plus basse des demandes Il s'ensuit le mécanisme de traitement de transaction suivant si les deux ordres jugés bon pour transaction n'appartiennent pas au même propriétaire Une transaction est créée à hauteur du prix de vente (toujours avantageant l'acheteur, ici 15.19) découlant de la différence des quantités demandées et viables des deux côtés. Si il n'y a pas assez d'ordres en contrepartie vente pour satisfaire l'acheteur, il en résulte la création d'un nouvel ordre d'achat à la hauteur du prix précédent (15.21) avec une quantité moindre résultant de la différence entre le nombre de titres d'achats souhaités et le nombre de titres en vente au au prix le plus bas. Dans notre cas il reste deux ordres d'achats au prix 15.21 qui trouveront à leur tour contrepartie avec l'ordre à cours limité de vente au prix de 15.21. En tant que condition finale nous avons donc le carnet d'ordre suivant Deux transactions ont eu lieu

- Une pour 68 titres au prix de 15.19
- Une pour 2 titres au prix de 15.21

Mécanisme de transaction : Ordre au marché / Ordre à cours limité

Un ordre de marché à toujours initiative sur un ordre à cours limité Reprenons le carnet d'ordre de l'état initial précédent (t) et laissons supposer la venue d'un grand investisseur déposant une offre de marché pour 100 titres (offre de marché = Au prix du marché) à l'instant $t+1$ à cet instant $t+1$, aucun nouvel ordre à cours limité n'a été passé, et il s'agit du premier ordre au marché Il s'ensuit le mécanisme de traitement suivant pour création de transaction depuis cet offre au marché. Aucune condition n'est demandée, si ce n'est que la quantité d'ordres souhaités total ne dépasse pas la somme des quantités existantes en contrepartie. (Nous survolerons brièvement la dynamique temporelle des carnets d'ordres dans le paragraphe suivant qui témoigne de notre questionnement sur tous les cas de figure possible. A savoir la gestion des problèmes dans notre cas reflète celle qui existe dans la plupart des modèles à carnet d'ordre à cours limité suivant la notion de résilience).

En tant que condition finale nous avons donc le carnet d'ordre suivant à l'instant $t+2$ Dans notre cas, deux transactions ont eu lieu.

- Une pour 68 titres au prix de 15.19
- Une pour 32 titres au prix de 15.21

Laissant alors inchangé la colonne des achats, deux ordres disparus dans la co-

bonne vente et la création d'un nouvel ordre dans celle-ci avec en tant que quantité le reste résultant du nombre de titres encore souhaités après la première transaction et le nombre de titres disponibles pour l'ordre en contrepartie de la seconde transaction.

Nous avons donc détaillé le fonctionnement du carnet d'ordres, les différents types d'ordres en présence ainsi que le fonctionnement d'une transaction. Maintenant, et pour répondre à la problématique de notre sujet qui est de réussir à faire fonctionner un simulateur de marché financier dirigé par les ordres, nous allons nous poser la question suivante : Comment une transaction influence-t-elle l'évolution du prix du titre ?

Nous allons poser les remarques et définitions suivantes :

- Un grand investisseur (passant des ordres au marché) se positionne contre le marché (buy side). En effet, lorsque celui-ci veut acquérir un titre, il devra discuter avec la fourchette haute des prix (ask) et lorsqu'il veut vendre avec la fourchette basse des prix (bid).

- Ordres à cours limité statique : Ordre à cours limité ne trouvant pas directement de contrepartie

Exemple : Offre d'achat avec un prix inférieur à la plus basse des demandes. Au contraire, un ordre à cours limité dynamique est un ordre à cours limité trouvant immédiatement une contrepartie, Il se change en quelque sorte en ordre de marché (limité).

Exemple : Demande inférieure à la plus grande des offres.

Spread : Écart bid-ask Écart entre la meilleure demande et la plus petite offre
Écart entre le plus petit prix de vente et le plus grand prix d'achat

Lorsqu'une transaction est passée, suivant le prix de transaction (on rappelle que par définition ce prix est maximisé par le prix de vente), le prix du sous-jacent est re-évalué, il est forcément différent à l'instant $t+1$ si le prix de transaction est différent du prix du sous-jacent à l'état précédent cette dite-transaction (en t).

Nous étudions le carnet d'ordre en système fermé, avec 3 entrées possibles découlant des cas discutés plus haut

- Passage ordre à cours limité statique
- Passage ordre à cours limité dynamique
- Passage ordre au marché

Évolution du spread dans les trois différents cas : Lorsqu'un ordre à cours limité statique est passé, il est logique de constater deux cas : Un renfermement

de ce spread si le prix maximal d'achat est dépassé, ou si le prix minimal de vente est minimisé. Un spread inchangé dans les cas complémentaires

Lorsqu'un ordre à cours limité dynamique est passé, il est logique de constater deux cas : Un Spread inchangé si la quantité d'ordres en contrepartie n'est pas réduite à zéro. Un spread augmenté si la quantité du premier ordre en contrepartie est réduite à zéro.

Le passage d'un ordre au marché amène exactement aux mêmes conclusions que le passage d'un ordre à cours limité dynamique.

Lorsqu'un grand investisseur décide de passer un ordre au marché sans utiliser d'algorithme de trading, et si la quantité demandée est importante, il va forcément impacter le marché. Un ordre au marché d'achat entrera en contact avec les ordres à cours limité de vente (dans un ordre de prix croissant) augmentant de ce fait le spread indiqué par le dernier ordre de vente à quantité positive restant et la plus grande des offres (inchangée). Le prix de vente à augmenté, le prix d'achat est resté le même. Les acteurs du marché se rendant compte que la plus grande offre a fortement augmenté s'empresseront de passer des ordres de vente au prix un peu inférieur pour combler l'écart. De l'autre côté, les acteurs se rendant compte d'un écart entre le prix d'achat inchangé et le prix de vente qui a sensiblement augmenté s'empresseront de passer des ordres d'achat à un prix un peu plus important pour profiter de cet espace et retourner à un certain équilibre de spread. Ce mécanisme porte le nom de "Résilience". Il définit en quelque sorte la dynamique temporelle du carnet d'ordres, sous des termes physiques : Le temps et probabilité de retour à l'équilibre. Suivant nos recherches, nous pouvons définir la Résilience d'un carnet d'ordre comme étant précisément le temps et la probabilité que le prix d'un titre revienne à l'équilibre suite à un impact positif du spread. Sur certains marchés organisés, les ordres au marché et cours limité dynamiques sont mis en queue jusqu'à ce que l'écart de spread revienne à un certain minimum forçant ainsi le mécanisme de Résilience. Nous voyons donc que dans un carnet d'ordre à cours limité parfaitement équitable pour ce qui est des ordres à cours limités statiques (retour symétrique, remplissage du spread par passage du même nombre d'ordres achat/vente à cours limité statique) un impact sur les ventes (achat massif) augmentera le prix du titre et un impact sur les achats (vente massive) diminuera le prix du titre (en fin de Résilience).

3.3.3 Explication par l'image

Cette partie, utile pour le lecteur ne voulant pas passer trop de temps à lire les 4 pleines pages de texte ci-dessus, permet de comprendre simplement le mécanisme de transaction.

En tant qu'état initial, voici notre carnet d'ordres statique (avec un spread positif de 2bp)

Quantité	Prix Achat	Prix Vente	Quantité
10	15,17	15,19	68
17	15,16	15,21	56
24	15,14	15,22	44
31	15,12	15,25	32
38	15,11	15,27	20
45	15,1	15,3	8

A l'instant suivant, un seul ordre est passé, Achat à 15.21 pour une quantité de 70, qui va directement se placer en haut de la colonne des achats en tant que meilleure demande.

Quantité	Prix Achat	Prix Vente	Quantité
70	15,21	15,19	68
10	15,17	15,21	56
17	15,16	15,22	44
24	15,14	15,25	32
31	15,12	15,27	20
38	15,11	15,3	8
45	15,1		

Celle-ci entre en contact avec un premier ordre, débouche sur une transaction et comme il reste une quantité positive entre en contact avec un second ordre de vente en créant alors au total deux transactions. Il ne reste plus de traces de cet ordre d'achat à cours limité, et le second ordre à cours limité de vente à l'état initial devient le premier (plus petite vente) et sa quantité à baissé de deux unités.

Quantité	Prix Achat	Prix Vente	Quantité
10	15,17	15,21	54
17	15,16	15,22	44
24	15,14	15,25	32
31	15,12	15,27	20
38	15,11	15,3	8
45	15,1		

Revenons à l'état initial et passons maintenant un ordre d'achat au marché pour une quantité de 100 ordres. Le carnet itinitial étant le suivant :

Quantité	Prix Achat	Prix Vente	Quantité
10	15,17	15,19	68
17	15,16	15,21	56
24	15,14	15,22	44
31	15,12	15,25	32
38	15,11	15,27	20
45	15,1	15,3	8

devient alors le suivant : avec les deux premiers ordres de vente modifiés.

Quantité	Prix Achat	Prix Vente	Quantité
10	15,17	15,21	24
17	15,16	15,22	44
24	15,14	15,25	32
31	15,12	15,27	20
38	15,11	15,3	8
45	15,1		

3.4 Trading algorithmique

3.4.1 Introduction

Trading algorithmique est une forme de trading où on laisse un algorithme décider des différents aspects d'un ordre de bourse (ouverture/cloture, timing, Prix, Volume de l'ordre) sans la moindre intervention humaine. Il s'agit d'un code informatique compétant dans le domaine du trading, utilisé par des entreprises ou des individus pour passer des ordres d'achat/vente à leur place. A partir des années 80, avec l'avènement de l'informatique, nous avons appris à traiter l'information financière en temps réel, à récolter des données dans des serveurs, les traiter, les analyser et les utiliser. On a pu ainsi développer des procédés mathématiques pour identifier les courbes de taux, et pour identifier les prémices d'un futur gain possible.

Nous distinguons alors deux types d'activités de trading algorithmique

Des algorithmes de support, le code agit comme un simulateur et aide le trader dans la prise de décision avant que celui-ci la prenne.

Des algorithmes automatisés jouant le rôle d'agent autonomes passant selon leur paramètres des offres sur les marchés.

3.4.2 Bref Historique

Résumé de la préface au trading algorithmique de Victor Lebreton [1] ou [24] ainsi que [17][25]

Il y a eu une accélération drastique du temps d'exécution et de traitement des transactions au cours des quarante dernières années. Cette accélération est explicable par les changements et perfectionnements des technologies utilisées dans le monde de la finance.

De 1970 à 1990, le Trading automatisé fit timidement apparition notamment grâce à la dématérialisation du passage des ordres et à l'informatisation des salles de marché. Les premiers ordinateurs et écrans représentaient des courbes, on parlait de trading télématique.

Les premiers problèmes liés à cette nouvelle technologie virent aussi le jour durant la même période. En effet, principal fautif dans le krach boursier d'octobre 87 aux USA [Bouchard, J. ; Mezard, M. ; Potters, M. Statistical Properties of Stock OrderBooks : empirical Results and Models. Quantitative Finance, vol.

2, no. 4, Aug. 2002.]. Les informations volumineuses fournies à tout le monde au même moment ont créé des mouvements de masse et de panique conduisant à des variations très amples des marchés.

De 1990 à 2010, le Trading algorithmique commence à faire ses preuves et de plus en plus de personnes l'utilisent jusqu'à le rendre indispensable.

Les ordinateurs tournent tous les jours pour automatiser les procédures de transaction et de mise en relation des différents ordres de bourse et intervenants. Les volumes des données en constante augmentation nécessitent une réactivité extrême et une analyse en continu. La fonction de trader évolue vers davantage de monitoring, les opérations simples sont laissées aux algorithmes et le facteur humain est de moins en moins présent, les bourses hybrides voient le jour et remplacent les salles de marché "à la criée".

3.4.3 Aujourd'hui

De nombreux algorithmes d'assistance aux traders dont les plus connus : TWAP et VWAP ont été perfectionnés depuis l'avènement de l'informatique. Ces algorithmes proposent de nos jours d'information, de simulation et de calculs incontournable pour tout courtier des temps modernes. Ils permettent de réaliser de nombreuses transactions de faibles volumes avec une grande rapidité d'exécution. Les machines traitent des ordres coté achat comme coté vente. L'ensemble des lots est vendu et réduit les erreurs d'exécution tout en épargnant de fastidieuses opérations aux traders.

VWAP (Volume weighted average price) : Utilisé par les fonds de pension/fonds mutualistes. Le but étant de vendre un gros volume d'ordres en de nombreux petits ordres tout en réduisant les coûts d'administration. Une transaction en VWAP se fera par exemple à 40% le matin, 60% l'après-midi. Où par répartition selon le volume de transactions observées sur la place boursière en question.

TWAP (Time weighted average price) : Effectuer de nombreuses petites opérations selon une période donnée. Automatiser l'achat/vente d'un grand nombre d'actions par niveau. Par exemple 50% le matin, 50% l'après-midi. Le but est de vendre le plus possible d'actifs sans trop influencer à la hausse le prix du sous-jacent tout ça dans un laps de temps défini.

Arrival Price/Shortfall : Cet algorithme détermine un prix fixé auquel un intervenant "veut" acheter/vendre des actions. L'algorithme se charge d'effectuer toutes les transactions en tenant compte de l'impact sur le marché, de la liquidité,

du volume et de la durée pour aboutir à ce prix moyen optimisant les critères définits en entrée.

TVOL (Target Volume) : Memes fonctionnalités qu'un VWAP ou TWAP mais effectue les transactions en fonction d'un volume d'achat ou de vente souhaité.

Prenant en compte des données réelles sur le marché ainsi que des évolutions historiques, ces algorithmes sont taillés pour des machines très puissantes pour pouvoir calibrer les transactions le plus rapidement possible. A charge de l'utilisateur de sélectionner les données pertinentes (positionnement dans le temps - périodes optimales pour un jeu de données fiable, quand initier ou clore une transaction) à donner aux algorithmes chargés d'effectuer des décisions de trading de façon réactive. Sans oublier un set de données représentant la volatilité ainsi que les contraintes à mettre en place pour éviter des pertes importantes tout en optimisant les coûts de transaction.

Les traders passent moins de temps au téléphone et se concentrent davantage sur la prise de décisions. Ces algorithmes sont fournis par les brokers, par des éditeurs IT ou sont développés en interne par les plus grosses institutions. Les algorithmes sont basés sur des concepts d'IA ou de théorie des jeux, mais doivent être pilotés par des traders compétents en informatique et mathématique afin d'être utiles.

Tout ceci n'est pas sans conséquences. En effet, les algorithmes qui découpent des ordres en petites transactions ont pour effet une surcharge du nombre d'ordres passés, ceci pousse les banques à mettre en oeuvre des plateformes plus puissantes encore. Ces technologies requièrent des ressources humaines très compétentes en informatique et finance quantitative. La vente d'algorithmes par les sociétés de courtages ou des éditeurs doit aussi faire face aux limites des clients qui ne sont pas toujours au fait des dernières applications de la recherche en finance quantitative et pourraient montrer des difficultés à utiliser des services trop complexes.

De nos jours, certaines entreprises utilisent des algorithmes dits "HFT" (High-Frequency Trading) où des systèmes de transaction réagissent si vite qu'il est impossible pour le trader d'intervenir. Cette pratique repose sur des machines capables d'exécuter des ordres à toute vitesse et de tirer ainsi profit des écarts de prix minimes sur les valeurs.

3.5 L'analyse graphique

3.5.1 Introduction

L'analyse chartiste s'attache à l'étude des mouvements et tendances sur les cours de marché, elle est composée de **l'analyse graphique** (figures représentant les cours de marché sur une période déterminée) et de **l'analyse technique** (méthode de calculs mathématiques).

Parmi les nombreux outils graphiques de l'analyse chartiste - courbes, graphiques en barres - les bougies japonaises (ou chandeliers japonais ou candlesticks) se sont imposés comme la représentation la plus claire et riche en informations. Ces figures reflètent la psychologie des investisseurs, acheteurs comme vendeurs, ainsi que les rapports de force qui les opposent.

Associées à d'autres indicateurs, les bougies japonaises permettent d'identifier des tendances de marché et d'anticiper des retournements au sein de celles-ci.

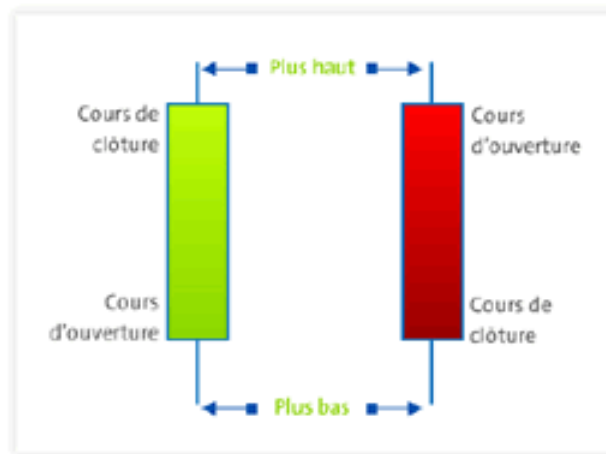
La représentation des cours peut se faire sur un graphique avec **les bar-charts ou les chandeliers japonais**. Ils donnent quatre informations sur l'évolution de l'instrument financier sur une période définie :

- Les cours d'ouverture.
- Le plus haut.
- Le plus bas.
- Le cours de clôture.

Grâce à leur représentation en couleur, les chandeliers japonais illustrent clairement le sens de la performance de la séance :

- un corps vert (ou blanc) lorsque la clôture est supérieure à l'ouverture.
- un corps rouge (ou noir) lorsque la clôture est inférieure à l'ouverture.

Les mèches au-dessus et en-dessous de ces corps correspondent respectivement au plus haut et au plus bas atteints par le cours sur la période de référence.



3.5.2 La base de l'Analyse graphique

1 - Les Tendances

Pour lire un graphique boursier il faut d'abord connaître la tendance générale du titre. Si les sommets et les creux sont de plus en plus hauts, on dira que la tendance est haussière. De même, si les sommets et les creux sont de plus en plus bas, on pourra qualifier la tendance de baissière.

Enfin, lorsqu'un graphique n'entre dans aucune de ces deux catégories, on dira qu'il est en zone de congestion (sans tendance).

Remarque : Une tendance en mouvement a une grande probabilité de se poursuivre.

2 - Support et Résistance

Les notions de support et de résistance sont des notions de base de l'analyse graphique. Elles mettent ainsi en évidence deux éléments clés des marchés : leur psychologie et leur mémoire.

Un support est représenté par une droite reliant plusieurs points bas historiques. En analyse graphique, cela veut dire que la valeur des titres ne devrait pas baisser en dessous des prix indiqués par cette droite. " Plus le support est « touché » par le marché sans être franchi à la baisse, plus il est important. " [22]

Une **résistance** est représentée par une droite reliant plusieurs points hauts historiques. En analyse graphique, cela veut dire que la valeur des titres ne devrait pas augmenter au dessus des prix indiqués par cette droite. " Plus la résistance est « touchée » par le marché sans être franchie à la hausse, plus elle est importante." [22]



3.5.3 Les Figures de retournement

En analyse graphique, on s'intéresse aux différentes figures qui se réalisent de manière répétitive permettant de prévoir un retournement ou bien une continuation de tendance.

Voici les principaux types des figures graphiques :

La figure « épaule-tête-épaule » et « épaule-tête-épaule inversée »

La figure « **épaule-tête-épaule** » est représentée graphiquement par une tête entourée de deux épaules. Les points bas du marché définissent le support de la ligne de cou, elle doit être ascendante ou plate. La tête doit être au dessus des épaules, comme le montre le graphique ci-dessous.



Il s'agit d'une figure de retournement baissier qui donne un signal de vente à la cassure de la ligne de cou (support).

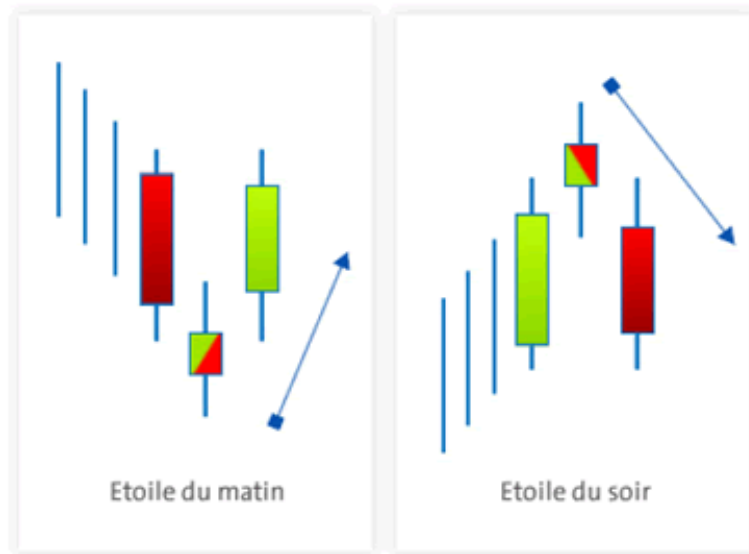
La figure « **épaule-tête-épaule inversée** » à l'inverse représente un retournement haussier. Cette fois-ci les épaules sont au dessus de la tête et la ligne de cou est une "limite" haute s'appuyant sur les sommets des épaules. La ligne de cou est alors descendante ou plate et permet d'anticiper une hausse lorsqu'elle est franchie.

La figure du « W » :



Cette figure est caractérisée par une droite de résistance faiblement ascendante sur laquelle reposent deux creux. Il s'agit d'un retournement haussier et la cassure du maximum de la dernière branche du W représente de signal d'achat.

Les figures « étoile du matin » et « étoile du soir » :



"L'étoile du matin est une figure de retournement haussier faisant apparaître dans cet ordre :

- Une bougie rouge indiquant que le cours de clôture est inférieure à celui de l'ouverture.
- Une petite bougie caractérisant une faible variation du cours et donc une hésitation du marché.
- Une bougie verte avec un plus bas qui est plus haut que le cours de clôture de la période précédente.

L'étoile du soir est une figure de retournement baissier faisant apparaître :

- Une bougie verte indiquant que le cours de clôture est supérieure à celui de l'ouverture.
- Une petite bougie caractérisant une faible variation du cours et donc une hésitation du marché.
- Une bougie rouge avec un plus haut qui est plus bas que le cours de clôture de la période précédente.

La bougie du milieu est idéalement séparée par deux gaps." [22]

3.5.4 La Moyenne Mobile

Une **moyenne mobile** est un outil de suivi de tendance très utilisé par les analystes, dû à sa facilité d'implémentation. Elle permet de valoriser la moyenne du cours sur une période donnée d'un titre financier.

C'est un indicateur qui permet de prédire le vieillissement, ou le renversement d'une tendance, par exemple : "Une moyenne mobile à 10 semaines donne le cours moyen hebdomadaire sur les 10 dernières semaines et ainsi de suite". [23]

Il existe plusieurs types de moyennes mobiles à savoir **la Moyenne Mobile Arithmétique** qui est basée sur le calcul de la somme des n prix de clôture que l'on divise par le nombre de périodes n , ce qui donne le même poids à chaque prix du titre pendant la période de calcul.

En analyse graphique, les analystes préfèrent utiliser **la moyenne mobile Exponentielle** car elle prend en considération que plus le prix est récent, plus forte est son influence sur la valeur du titre.

Cependant une moyenne mobile ne va jamais informer l'analyste de ce que les prix vont faire, c'est un indicateur qui va suivre le marché et les informer qu'une nouvelle tendance a commencé afin de mieux gérer leurs investissements.

La moyenne mobile peut être utilisée ***toute seule*** pour identifier une tendance, soit ***avec le cours du titre*** afin de générer des signaux ou ***avec une autre moyenne mobile*** pour vérifier si elle correspond au court du marché.

La moyenne mobile permet d'identifier la tendance du cours si elle croît ou décroît. Si nous observons la position de la courbe du titre par rapport à la courbe de la moyenne mobile, le moment où la courbe de la moyenne change de position par rapport à la courbe des titres, représente une importante information à l'analyste pour lui annoncer que la tendance a changé pour une longue durée. Ceci permettra à l'analyste de bien gérer ses investissements selon ses besoins.

"La moyenne mobile peut aussi être utilisée avec d'autres moyennes mobiles de durées plus courtes, afin de vérifier si les tendances sont à court ou à long terme. Par exemple, si la moyenne court terme se trouve au dessus de la moyenne long terme et que leur espacement s'accroît, alors nous sommes en tendance haussière. Si les deux moyennes sont confondues nous sommes dans une période durant laquelle le cours ne prend aucune tendance particulière, on dit que nous sommes en

range."[23]

Remarque : "Une moyenne mobile à court terme franchissant une moyenne mobile à long terme est un fort signal d'achat à court terme.

La cassure d'une moyenne mobile à long terme par une moyenne mobile à court terme indique un renversement de tendance à court terme". [23]

4 Présentation du sujet

Dans cette partie nous allons décrire en détail les fonctionnalités attendues de notre projet sous forme de cahier des charges (expression des besoins fonctionnels) ainsi qu'une étude fonctionnelle complète.

4.1 Cahier des charges

Voici ci-dessous l'expression des besoins fonctionnels décrits avec notre encadrante au début de notre projet.

- Le système doit permettre au joueur de gérer son compte : Il peut initialiser son solde.
- Le système doit permettre au joueur de gérer son compte : il peut modifier ses coordonnées et ses identifiant.
- Le système doit permettre au meneur de jeu de configurer la partie : il peut choisir le nombre de joueur fictifs.
- Le système doit permettre au joueur de choisir un ordre au marché ou un ordre cours limité.
- Le système doit gérer le carnet d'ordre de chaque produit financier.
- Le système doit permettre au joueur d'émettre un ordre dans les deux sens (achat/vente).
- Le système doit enregistrer les transactions.
- Le système doit permettre au joueur de consulter son historique des transactions.
- Le système doit permettre au joueur de consulter son solde (gain pertes)
- Le système doit permettre au joueur de consulter ses titres acquis.

Le meneur peut configurer une partie en modifiant les paramètres du marché

et en choisissant le nombre de joueur fictifs. Son rôle étant couplé à celui d'utilisateur car nous avons opté pour un code simple avec base de données en local sur un seul ordinateur. Une fois le programme lancé, l'utilisateur à accès à toutes les fonctionnalités du système auxquelles peut être confronté un Trader dans le cas réel. Il peut visualiser le cours du titre en temps réel, consulter son portefeuille, voir l'historique de ses transactions et accéder aux différents carnets d'ordres des différents actifs pour en émettre, et/ou pour visualiser ses gains.

En ce qui concerne les flux boursiers, nous allons vous présenter les différents modèles mathématiques qui existent et vous expliquer la méthode que nous avons implémenté, ainsi le meneur de jeu pourra émettre des ordres fictifs afin de pouvoir lancer la partie. Nous espérons pouvoir simuler les différentes situations du marché, à savoir les stress tests.

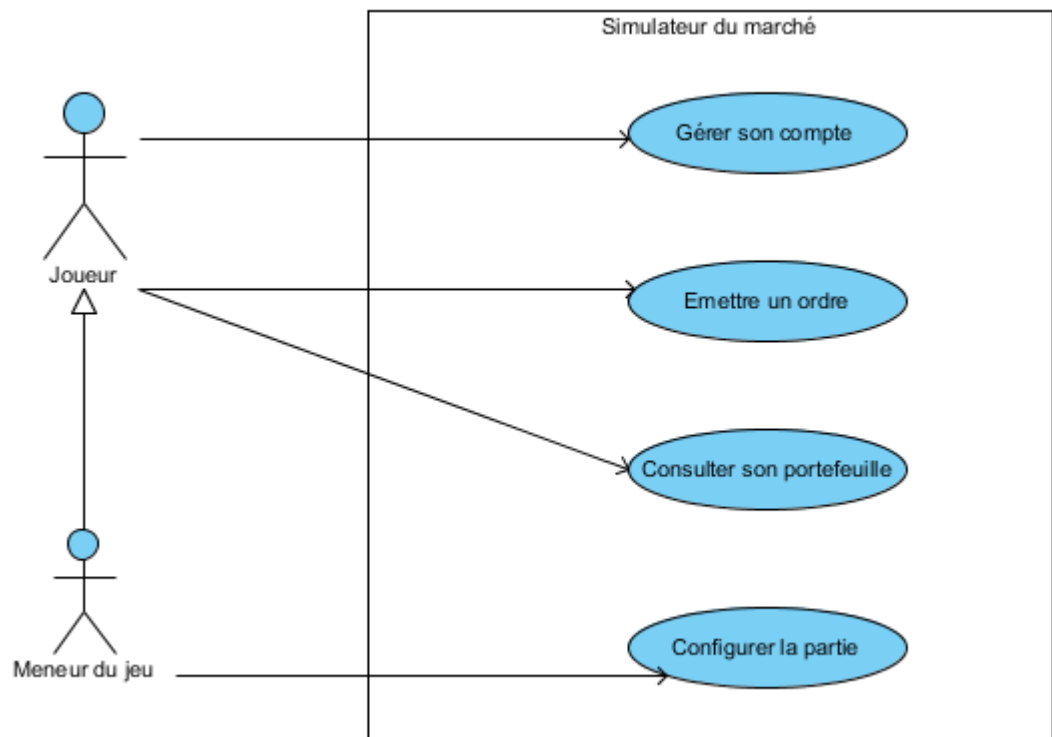
4.2 Conception

La première partie de notre projet, englobant les recherches, la conception et la création d'une maquette nous a permis de nous laisser un peu de temps pour poser et réfléchir sur les bases de notre projet. Nous avons donc, avec notre encadrante experte dans le domaine, réalisé une étude fonctionnelle détaillée sous la forme de graphiques UML (sous visual paradigm).

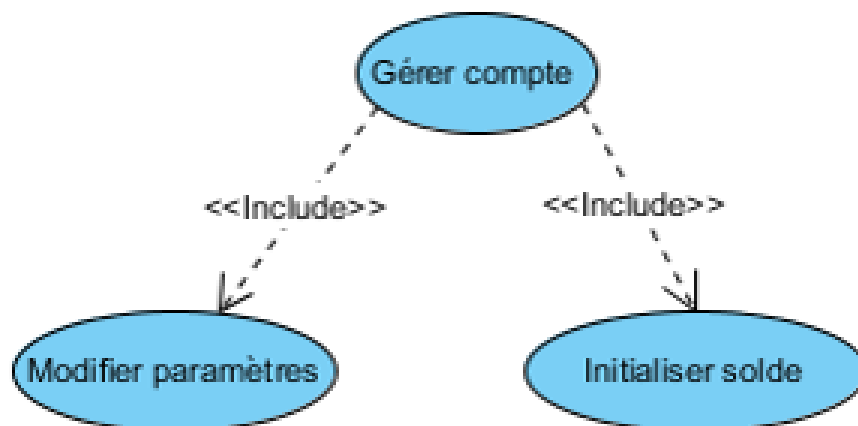
En ce qui concerne le diagramme de classes, nous l'avons réalisé bien avant la première ligne de code. Nous avons donc pu en suivre dès le début du code JEE les classes et parties définies.

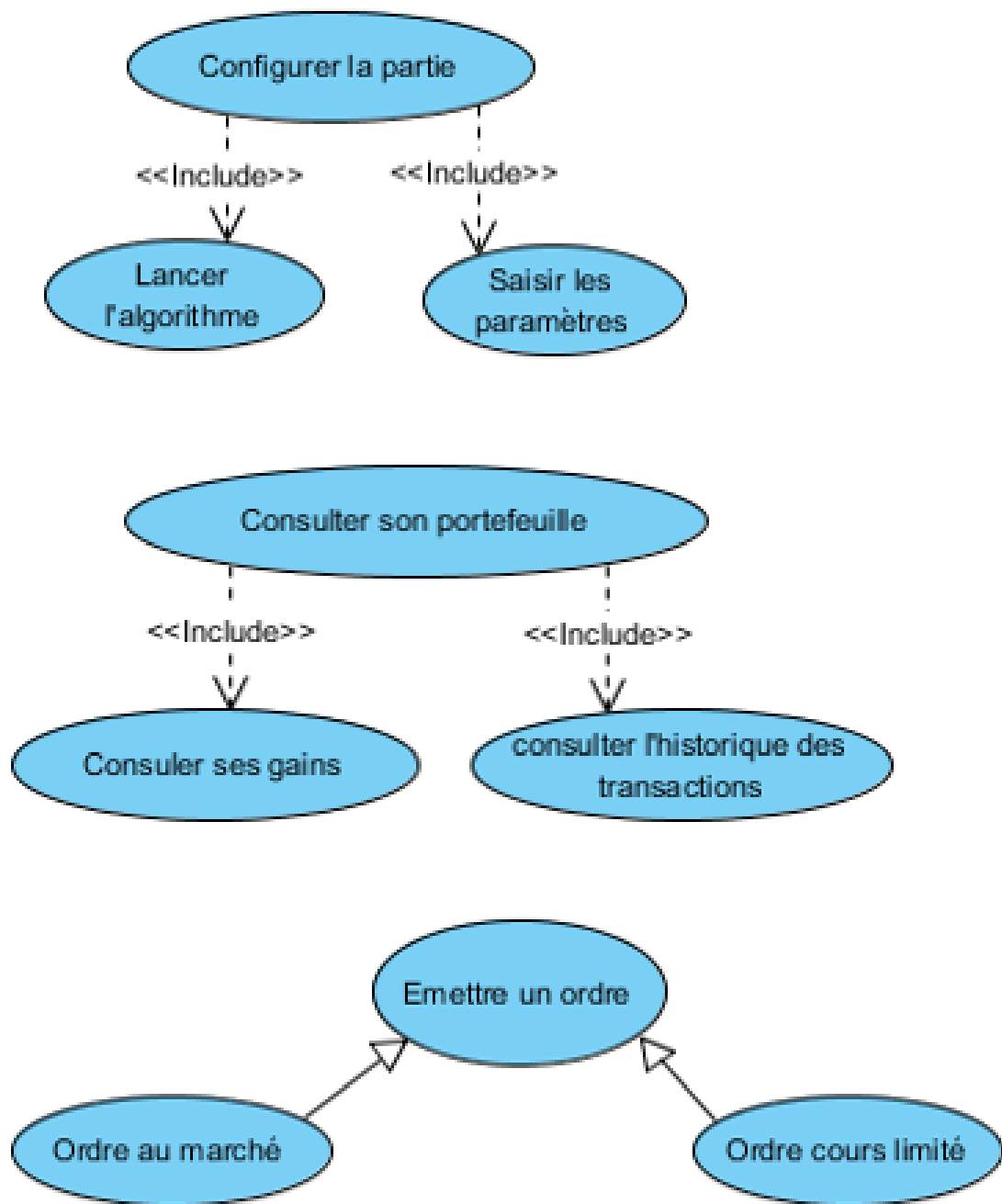
et voici ci dessous le spécification détaillées des classes en question :

4.3 Diagramme de cas d'utilisation

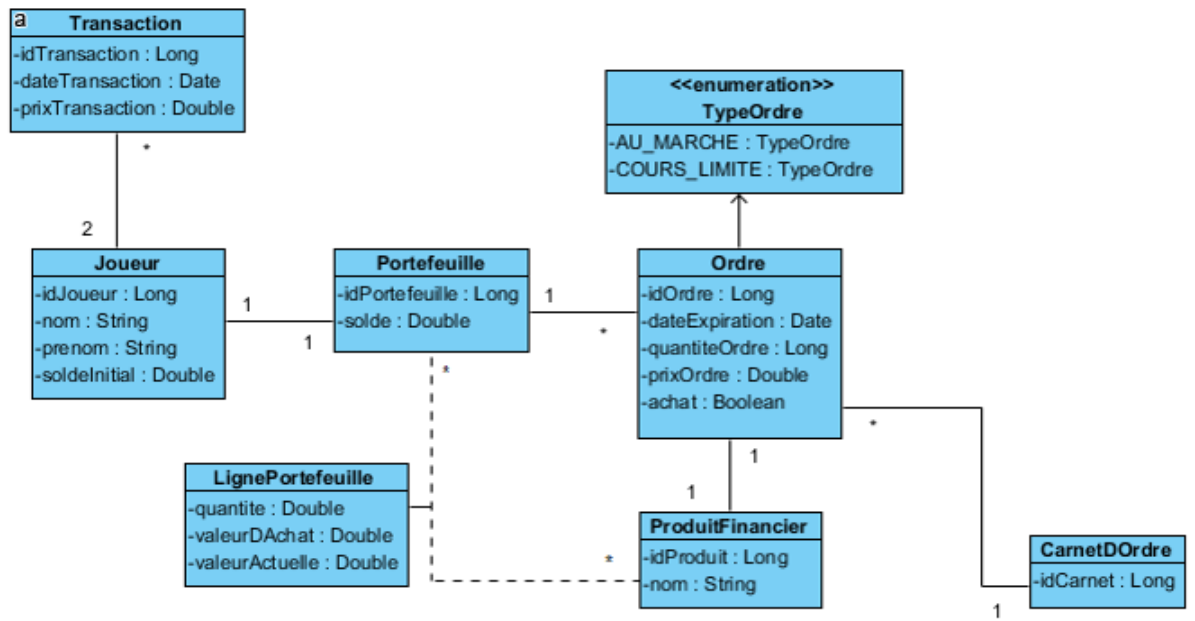


4.4 Raffinement des cas d'utilisation





4.5 Diagramme de classe



5 Simulateur

5.1 Modèle mathématique

En ce qui concerne le modèle mathématique, nous avons décidé de calculer les valeurs des titres fictifs que le meneur de jeu a choisi au lancement de la partie par une formule générée par un moteur de calcul et qui prend en considération que le prix du titre à l'instant $n+1$ dépend d'une partie déterministe et qui représente le prix à l'instant n plus une partie aléatoire modélisée par une loi normale centrée sur le cours de l'action, et de variance 10.

$$P(n+1) = (1/2) * (P(n) + N(P(n),5))$$

5.2 Description du modèle


Notre simulateur de marché dirigé par les ordres est codé en java JEE sur netBeans utilisant une base de donnée sous postgresql. Ce simulateur complète toutes les demandes spécifiées dans le cahier des charges du sujet (sauf l'implémentation des méthodes d'analyses graphiques). Ce simulateur suit à la lettre les spécifications vues dans la partie conception du projet. (L'authentification a été annulé en route) Lorsque l'on arrive sur la page du menu, on a accès en tant que joueur et maître de jeu à différents onglets et page nous permettant entre autre de :

- Configurer la partie,
- Émettre un ordre,
- Gérer son compte,
- Consulter son portefeuille,

http://localhost:8080/SMF/ PFE - Simulateur de marchés ...

Simulateur de marchés financiers

Projet de Fin d'Etudes



Simulateur de marchés financiers

- Configurer la partie
- Emettre un ordre
- Gérer son compte
- Consulter son portefeuille

D.L) 622.00 ↑ 4.50 (0.73%) (FLG.L) NaN ↑ 0.00 (0.00%) ROYAL BANK OF SCOTLAND GROUP PL (RBS.L) 243.90 ↑ 6.10 (2.57%) ROYAL MAIL PLC O

http://localhost:8080/SMF/compte.jsp PFE - Simulateur de marchés ...

Simulateur de marchés financiers

Projet de Fin d'Etudes

COMPTE CLIENT

LOGIN :

MOT DE PASSE :

RETAPER MOT DE PASSE :

VALIDER

CREDITER SOLDE :

CREDITER

- Configurer la partie
- Emettre un ordre
- Consulter son portefeuille
- Retour à l'accueil

54%) HSBC HOLDINGS PLC ORD \$0.50 (UK (HSBA.L) 662.40 ↑ 15.90 (2.46%) STANDARD LIFE PLC ORD 12 2/9P (SL.L) 371.40 ↑ 2.70 (0.73%) BRITISH

5.3 Simulation d'une partie

Dans un premier temps, il est préférable de configurer la partie pour initialiser les paramètres de celle-ci. On a le choix du nombre de joueurs fictifs à initier (attention, un grand nombre de joueurs fictifs rendra la base de donnée instable, on conseil 50) On peut aussi choisir la mise de départ qui sera identique pour tout le monde ainsi que le nombre d'ordres à générer à la base. Ces ordres dits initiaux sont différents des ordres auto-générés par les joueurs fictifs en cours de partie. Pour les ordres initiaux, une loi uniforme en 70 et 120 pour les prix d'achats et 100 à 150 pour les prix de vente. Grâce à ceci, quelques transactions sont créées et les prix varient un petit peu du 100 de départ lors de l'initialisation. Alors que les ordres générés suivent notre modèle mathématique.

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://localhost:8080/SMF/config.jsp`. The page title is "Simulateur de marchés financiers" with the subtitle "Projet de Fin d'Etudes". The main heading is "Configuration de la partie".

On the left, there is a configuration form with three input fields and two buttons:

- NOMBRE DE JOUEURS :
- CAPITAL POUR CHAQUE JOUEUR :
- NOMBRE D'ORDRES A GENERER :
-
-
-

On the right, there is a vertical menu with five green buttons:

- Historique des transactions
- Ordres en cours d'exécution
- Emettre un ordre
- Gérer son compte
- Retour à l'accueil

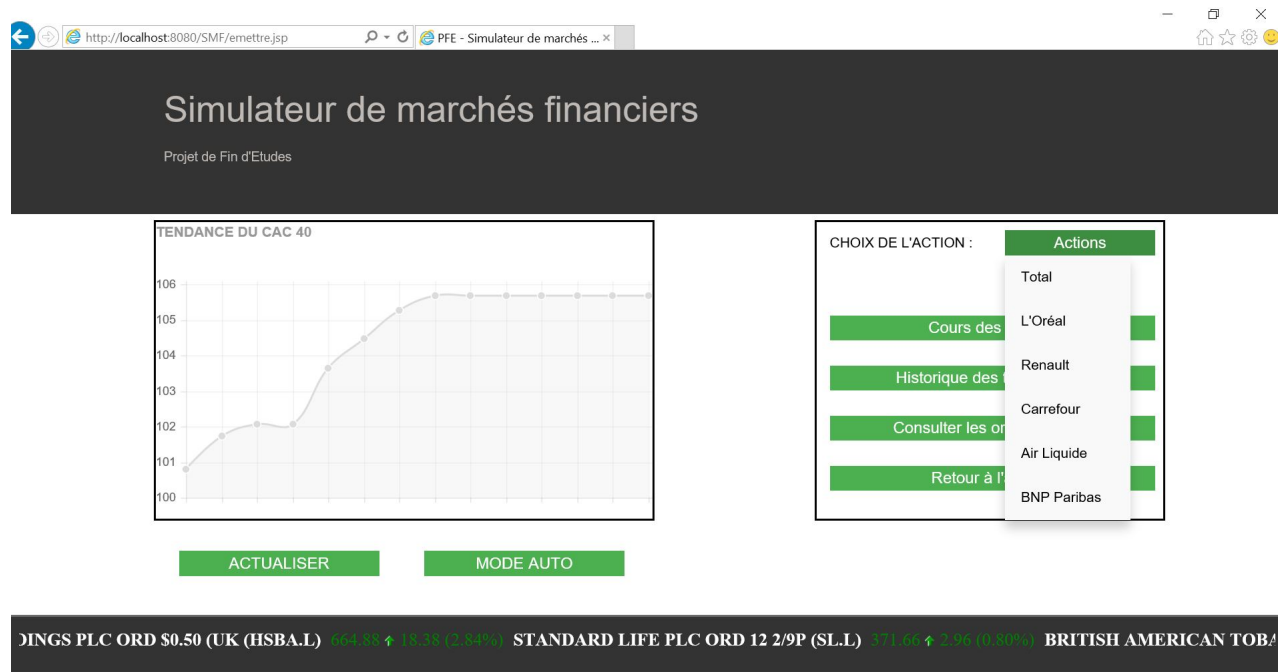
At the bottom, there is a black status bar with white text showing market data:

1 (2.46%) STANDARD LIFE PLC ORD 12 2/9P (SL.L) 371.40 ↑ 2.70 (0.73%) BRITISH AMERICAN TOBACCO PLC OR (BATS.L) 5161.00 ↑ 81.00 (1.59%) 1



On aperçoit alors, si les joueurs fictifs ont passé au moins un ordre à cours limité dynamique, une évolution du cours du titre visible sur le graphique dynamique associé à chaque titre (à savoir que notre simulateur simule 6 titres différents et indépendants, notre algorithme de calcul et de lancement de requêtes sql est fait de telle sorte à ce que les échanges se fassent dans l'ordre des titres, ainsi, on assistera à la fluctuation de la valeur du titre Total avant celle de Carrefour par exemple. Le titre cac40 est un indice reflétant du prix moyen des 6 titres simulés). On attendra que l'équilibre soit atteint (que toutes les transactions possibles ont été évaluées) avant de passer un ordre.

L'étape suivante est par exemple de lire le carnet d'ordre correspondant au titre que l'on souhaite acquérir (il est possible de vendre à découvert, ici on va choisir Total).



Simulateur de marchés financiers

Projet de Fin d'Etudes

CARNET D'ORDRES TOTAL

ACHAT		VENTE	
QUANTITE	PRIX	PRIX	QUANTITE
15	95.34	106.01	11
45	88.74	110.72	49
21	85.57	115.96	25
27	82.52	118.93	35
52	82.4	120.37	26
39	76.85	121.37	54
16	73.07	133.44	2
		139.92	5

TRIER PAR : Liste

Emettre un ordre

Consulter les ordres en cours

Voir son portefeuille

Retour à l'accueil

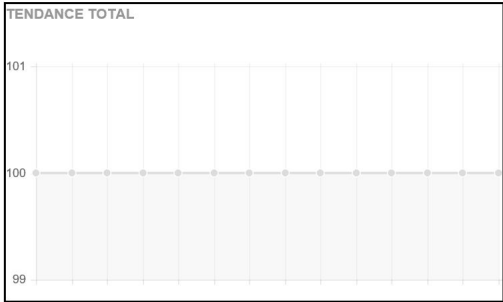
\$0.50 (UK (HSBA.L) 664.62 ↑ 18.12 (2.80%) STANDARD LIFE PLC ORD 12 2/9P (SL.L) 371.03 ↑ 2.33 (0.63%) BRITISH AMERICAN TOBACCO PLC ORD 12 2/9P (SL.L) 371.03 ↑ 2.33 (0.63%) BRITISH AMERICAN TOBACCO PLC ORD 12 2/9P (SL.L) 371.03 ↑ 2.33 (0.63%)

En cliquant sur carnet d'ordres, vous apercevez alors le carnet d'ordre correspondant au titre en question. Il est de même composition que les carnets d'ordres étudiés plus haut, avec deux colonnes classées achat et vente et les quantités corres-

pondantes. on pourra alors en retournant à l'onglet passer un ordre choisir l'actif, le sens, la quantité et le prix proposé avant de passer l'ordre. Ici par exemple un ordre d'achat

Simulateur de marchés financiers
Projet de Fin d'Etudes

TENDANCE TOTAL



ACHAT VENTE

Consultez le carnet d'ordres

Retour à l'accueil

ACTUALISER MODE AUTO

5.96 (2.46%) STANDARD LIFE PLC ORD 12 2/9P (SL.L) 371.40 ↑ 2.70 (0.73%) BRITISH AMERICAN TOBACCO PLC OR (BATS.L) 5161.00 ↑ 81.00 (1.59%)

Simulateur de marchés financiers
Projet de Fin d'Etudes

ORDRES EN COURS D'EXECUTION

Ordre passé avec succès !

Date d'émission	Sens de la transaction	Titre	Prix d'émission	Quantité	Date d'expiration
01-03-2017	Achat	Total	110 EUR	100	29-02-2020

TRIER PAR : Liste

Emettre un ordre

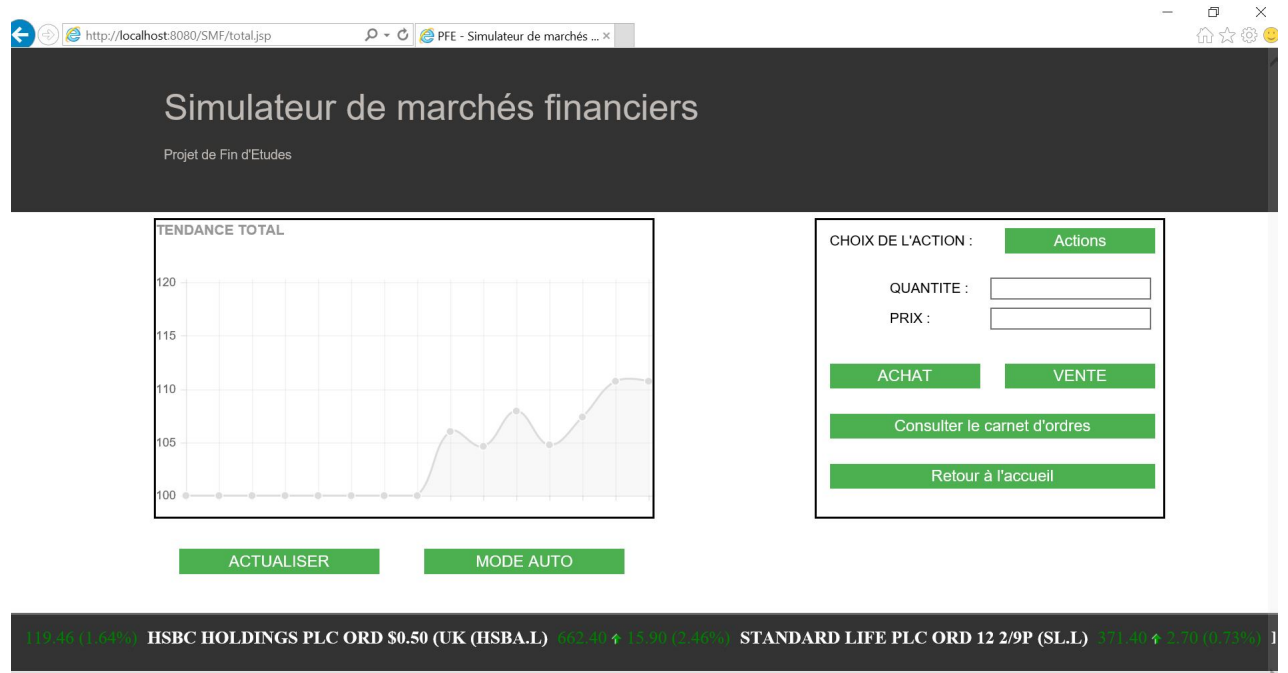
Accéder à l'historique des transactions

Voir son portefeuille

Retour à l'accueil

-4% HSBC HOLDINGS PLC ORD \$0.50 (UK (HSBA.L) 662.40 ↑ 15.90 (2.46%) STANDARD LIFE PLC ORD 12 2/9P (SL.L) 371.40 ↑ 2.70 (0.73%) BRITISH

S'il s'agit d'un ordre à cours limité dynamique (qui remplacera aussi un ordre au marché dans notre simulation), on pourra apercevoir lors de notre retour sur le graphique du titre en question un évolution du prix dénotant le passage en transaction de cet ordre.



Le cours de l'action de total à changé après le passage de notre ordre

Simulateur de marchés financiers
Projet de Fin d'Etudes

COURS DES ACTIONS

ACTION	COURS
Total	109.99 €
L'Oréal	104.79 €
Renault	107.6 €
Carrefour	114.42 €
Air Liquide	104.78 €
BNP Paribas	102.48 €

TRIER PAR : Liste

Envoyer un ordre

Consulter les ordres en cours

Voir son portefeuille

Retour à l'accueil

HOLDINGS PLC ORD \$0.50 (UK (HSBA.L)) 662.40 ↑ 15.90 (2.46%) STANDARD LIFE PLC ORD 12 2/9P (SL.L) 371.40 ↑ 2.70 (0.73%) BRITISH AMERICA

Il est possible de vérifier son historique de transactions dans l'onglet historique et même de revendre un titre acquis (vente au marché) !

Simulateur de marchés financiers
Projet de Fin d'Etudes

CARNET D'ORDRES TOTAL

ACHAT		VENTE	
QUANTITE	PRIX	PRIX	QUANTITE
100	110	106.01	11
15	95.34	110.72	49
45	88.74	115.96	25
21	85.57	118.93	35
27	82.52	120.37	26
52	82.4	121.37	54
39	76.85	133.44	2
16	73.07	139.92	5

TRIER PAR : Liste

Envoyer un ordre

Consulter les ordres en cours

Voir son portefeuille

Retour à l'accueil

115.23 (1.59%) HSBC HOLDINGS PLC ORD \$0.50 (UK (HSBA.L)) 664.88 ↑ 18.38 (2.84%) STANDARD LIFE PLC ORD 12 2/9P (SL.L) 371.66 ↑ 2.96 (0.80%)

Simulateur de marchés financiers
Projet de Fin d'Etudes

PORTEFEUILLE CLIENT

Titre	Quantité	Valeur de l'action	Valeur totale	Vendre
Total	79	110.72 €	8746.88 €	Vendre
L'Oréal	0	104.79 €	0.0 €	Vendre
Renault	0	107.6 €	0.0 €	Vendre
Carrefour	0	114.42 €	0.0 €	Vendre
Air Liquide	0	104.78 €	0.0 €	Vendre
BNP Paribas	0	102.48 €	0.0 €	Vendre

CAPITAL : 71512.88 €

TRIER PAR : [Liste](#)

[Emettre un ordre](#)

[Consulter les ordres passés](#)

[Accéder à l'historique des transactions](#)

[Retour à l'accueil](#)

04.93 (1.44%) **HSBC HOLDINGS PLC ORD \$0.50 (UK (HSBA.L))** 663.30 ↑ 16.80 (2.60%) **STANDARD LIFE PLC ORD 12 2/9P (SL.L)** 371.12 ↑ 2.42 (0.66%) **I**

Simulateur de marchés financiers
Projet de Fin d'Etudes

ORDRES EN COURS D'EXECUTION

Ordre passé avec succès !

Date d'émission	Sens de la transaction	Titre	Prix d'émission	Quantité	Date d'expiration
01-03-2017	Achat	Total	110 EUR	21	29-02-2020
01-03-2017	Vente	Total	110.72 EUR	79	29-02-2020

TRIER PAR : [Liste](#)

[Emettre un ordre](#)

[Accéder à l'historique des transactions](#)

[Voir son portefeuille](#)

[Retour à l'accueil](#)

SBC HOLDINGS PLC ORD \$0.50 (UK (HSBA.L)) 662.40 ↑ 15.90 (2.46%) **STANDARD LIFE PLC ORD 12 2/9P (SL.L)** 371.40 ↑ 2.70 (0.73%) **BRITISH AMER**

On peut accéder à son résultat dans l'onglet historique en appréciant les sous disponibles.

Simulateur de marchés financiers
Projet de Fin d'Etudes

HISTORIQUE DES TRANSACTIONS

Date	Contrepartie	Sens	Titre	Prix	Quantité
01-03-2017	François Tonnant	Achat	Total	109.99 EUR	21
01-03-2017	Sébastien Conan	Achat	Total	107.37 EUR	4
01-03-2017	Camille Jeanjean	Achat	Total	104.76 EUR	4
01-03-2017	Marius Hugues	Achat	Total	107.93 EUR	59
01-03-2017	Sammy Carrel	Achat	Total	104.62 EUR	1
01-03-2017	Damien Forestier	Achat	Total	106.01 EUR	11

TRIER PAR : Liste

Emettre un ordre

Voir son portefeuille

Consulter les ordres passés

Retour à l'accueil

Il est possible de simuler un crash et le mécanisme de résilience en action par exemple en demandant une énorme quantité de titres, ou à un prix d'achat ridicule.

Les limites de cette simulation se trouvent dans l'utilisation quasi systématique de la base de données, lorsque celle-ci est surchargée il est nécessaire de patienter quelques instants avant que toutes les requêtes soient résolues et que le programme affiche un contenu lisible. Ce problème est engendré par le grand nombre de joueurs fictifs et la faible puissance de nos ordinateurs. La simulation est ouverte et il n'y a pas de conditions de victoire ou perte (même si lorsque nous n'avons plus la capacité d'acheter aucun titre et que nous n'avons aucun titre de côté on ne peut plus jouer). Les limites sont celles fixées par la puissance de l'ordinateur/serveur utilisé pour faire tourner le code et la base de données ainsi que la mémoire disponible.

Pour ce qui est de la base de données, voici quelques screens réalisés à la suite des événements décrits ci-dessus.

Base de données des titres, à la milliseconde près.

	id [PK] timestamp without time zone	total character varying(100)	loreal character varying(100)	renault character varying(100)	carrefour character varying(100)	airliquide character varying(100)	bnpparibas character varying(100)
1	2017-03-01 20:55:15.583242	100	104.79	100	100	100	100
2	2017-03-01 20:55:18.19523	100	104.79	105.6	100	100	100
3	2017-03-01 20:55:20.856561	100	104.79	107.6	100	100	100
4	2017-03-01 20:55:23.490763	100	104.79	107.6	100	100	100
5	2017-03-01 20:55:26.183171	100	104.79	107.6	109.44	100	100
6	2017-03-01 20:55:28.844227	100	104.79	107.6	114.42	100	100
7	2017-03-01 20:55:31.593759	100	104.79	107.6	114.42	104.78	100
8	2017-03-01 20:55:34.311378	100	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
9	2017-03-01 20:55:37.263283	100	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
10	2017-03-01 20:55:40.14571	100	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
11	2017-03-01 20:55:43.000289	100	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
12	2017-03-01 20:55:45.870268	100	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
13	2017-03-01 20:55:48.549291	100	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
14	2017-03-01 20:56:02.755712	100	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
15	2017-03-01 20:57:29.452139	106.01	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
16	2017-03-01 20:57:32.104386	104.62	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
17	2017-03-01 20:57:34.803044	107.93	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
18	2017-03-01 20:57:37.474014	104.76	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48
19	2017-03-01 20:57:40.166194	107.37	104.79	107.6	114.42	104.78	102.48

loc notes

7 lignes.

Base de données des joueurs avec des capitaux différents selon leurs achats/ventes, notre ligne correspond à "admin"

	id [PK] character varying(100)	nom character varying(100)	capital character varying(100)	ptf character varying(100)
1	0e45d20c-58f9-435b-bfb5-345d2cf9fb77	François Frédéric	82290.37	7695bbfb-77c1-46d7-aa84-b11e109f96cf
2	34677dcf-12a0-4e0a-981d-586adc308648	Camille Jeanjean	78374.64	5dc273e7-15b5-447a-957f-1577ba58bfeb
3	631d1629-5ea7-49c0-8c7f-1aa3d8cad02c	Sammy Carrel	81886.03	352f4017-b5a6-44af-9dbb-387a97fa642c
4	659e7f5e-2a88-4d09-a2f1-0d119ec0dbbf	Damien Séveno	73053.59	213d93d5-8c61-4dae-a814-babc2f7d1f9c
5	89d9e620-db45-4f01-bb1d-533004953e9f	Jenna Conan	73956.09	9aeeb338-ec29-4070-86bb-8ce9384a53ae
6	a4bbfa6c-78ba-4376-8f6e-e3bfa57ab801	Sébastien Oudghiri	74981.03	560f569e-2341-4f53-b933-1ab7016b2e5a
7	a7179be1-733d-45a1-b43d-c63d3ad0fa47	Marius Hugues	91793.15	32d7037b-e985-4a68-8084-273f27ef4728
8	admin	admin	69203.09	admin
9	caf4fbd3-1c97-46bc-97b8-4f315ec1e2f2	Damien Forestier	81166.11	0645c79a-f6c3-40c2-94dd-9b202fb9d7bb
10	d3f4e7f0-b940-44a8-8dd9-8f477640344a	Sébastien Conan	74504.78	3201a2be-e41d-4c96-9596-fcc9f6b02c62
11	f6592920-e12e-4999-9b1e-38ae8e0426fc	François Tonnant	98791.07	0853bd7f-b69a-4e12-b39b-7ce69e920cf8
*				

loc notes

1 lignes.

Base de données des ordres passés

Édition des données - PostgreSQL 9.6 (localhost:5432) - PFE - public.ordres

Fichier Édition Affichage Outils Aide

Pas de limite

	id [PK] character varying(100)	emetteur character varying(100)	date character varying(100)	sens character varying(100)	titre character varying(100)	prix character varying(100)	quantite character varying(100)	expiration character varying(100)
77	d17d2e44-50e4-4d00-9001-50014020190e	Damien Séveno	01-03-2017	Achat	Total	50.34	19	29-02-2020
78	d87f301f-0c7c-4bef-9cfd-aa3c181a501e	Sébastien Conan	01-03-2017	Achat	Carrefour	82.84	60	29-02-2020
79	d9d55813-0b0a-44c3-8e6b-3f7237b6b95f	Sébastien Conan	01-03-2017	Achat	Air Liquide	103.17	44	29-02-2020
80	dd0ace79-f471-421c-a70f-36dd5d1d1e9a	François Frédéric	01-03-2017	Vente	Air Liquide	140.43	53	29-02-2020
81	de0cb284-9ce9-4f12-b744-7738d8951e15	Sébastien Oudghiri	01-03-2017	Achat	Carrefour	70.15	28	29-02-2020
82	df678199-f82f-484e-b0b2-21571322ed60	Damien Forestier	01-03-2017	Vente	Carrefour	127.06	57	29-02-2020
83	dfbf772-0d91-4e0d-8b74-940b5c2a5191	Sébastien Oudghiri	01-03-2017	Achat	Air Liquide	97.13	42	29-02-2020
84	e2a647e9-e517-42d8-a825-3f5400520919	Marius Hugues	01-03-2017	Vente	Air Liquide	130.59	11	29-02-2020
85	e5763246-7957-4e3a-8872-16569bb011be	Sammy Carrel	01-03-2017	Vente	Renault	127.48	1	29-02-2020
86	e6b9d33c-a470-479d-bd28-867da8d59e48	Sébastien Conan	01-03-2017	Achat	BNP Paribas	95.22	17	29-02-2020
87	e77be068-a2d5-443e-99c7-5368200a85c3	admin	01-03-2017	Vente	Total	110.72	79	29-02-2020
88	ea04b8ef-fc63-4235-b672-d6370d01b031	Damien Séveno	01-03-2017	Achat	L Oréal	74.85	19	29-02-2020
89	eb2593b6-dd63-43e1-b19c-b84926262bad	François Frédéric	01-03-2017	Vente	Renault	122.84	10	29-02-2020
90	ec9a34d5-b995-4880-a0fa-6ce4ba91c586	Damien Forestier	01-03-2017	Vente	Air Liquide	133.85	30	29-02-2020
91	ed2efca4-dc24-4fe2-a602-aaf8065c9d0c	François Tonnant	01-03-2017	Vente	L Oréal	140.51	12	29-02-2020
92	ef923c7f-22c7-47ab-9448-7ed34e17aa96	Sébastien Oudghiri	01-03-2017	Achat	L Oréal	91.66	39	29-02-2020
93	f15b56ec-08bd-474f-91e9-d6c39f0dd146	Camille Jeanjean	01-03-2017	Achat	Renault	111.32	3	29-02-2020
94	f4691c4e-f5d6-449c-a306-9309dc9f8f01	Sammy Carrel	01-03-2017	Vente	Total	118.93	35	29-02-2020
95	f5a6b07a-e8b3-43cf-bef2-2a2184333ac4	Marius Hugues	01-03-2017	Vente	Carrefour	136.49	60	29-02-2020
96	f756df66-a92b-4318-83b9-c30304156f62	Jenna Conan	01-03-2017	Achat	CAC 40	76.61	23	29-02-2020
97	f971f2de-16b7-4de3-8e62-945d456e411c	Damien Forestier	01-03-2017	Vente	Renault	134.0	27	29-02-2020
98	fb2f51b-4289-4b05-9128-50b6e95a1145	Francois Tonnant	01-03-2017	Vente	Total	109.99	4	29-02-2020

loc notes

8 lignes.

Base de données du portefeuille

Édition des données - PostgreSQL 9.6 (localhost:5432) - PFE - public.ptf

Fichier Édition Affichage Outils Aide

Pas de limite

	id [PK] character varying(100)	owner character varying(100)	total character varying(100)	loreal character varying(100)	renault character varying(100)	carrefour character varying(100)	airliquide character varying(100)	bnpparibas character varying(100)
1	2e4b155c-ee21-4062-b052-8b064a5820e6	admin	79	0	0	0	0	0
*								

Et enfin la base de données des transactions.

Pas de limite							
	id [PK] timestamp without time zone	date character varying(100)	acheteur character varying(100)	vendeur character varying(100)	titre character varying(100)	prix character varying(100)	quantite character varying(100)
1	2017-03-01 20:55:15.391858	01-03-2017	Jenna Conan	Sammy Carrel	L Oréal	104.79	17
2	2017-03-01 20:55:18.039495	01-03-2017	Damien Séveno	François Tonnant	Renault	105.6	52
3	2017-03-01 20:55:20.706921	01-03-2017	Damien Séveno	François Tonnant	Renault	107.6	4
4	2017-03-01 20:55:23.350951	01-03-2017	Camille Jeanjean	François Tonnant	Renault	107.6	19
5	2017-03-01 20:55:26.04117	01-03-2017	Sébastien Conan	François Tonnant	Carrefour	109.44	51
6	2017-03-01 20:55:28.70074	01-03-2017	Sébastien Conan	François Frédéric	Carrefour	114.42	3
7	2017-03-01 20:55:31.41083	01-03-2017	Jenna Conan	François Tonnant	Air Liquide	104.78	28
8	2017-03-01 20:55:34.168503	01-03-2017	Sébastien Oudghiri	François Frédéric	BNP Paribas	102.48	9
9	2017-03-01 20:55:37.118002	01-03-2017	Damien Séveno	François Frédéric	BNP Paribas	102.48	10
10	2017-03-01 20:57:29.300002	01-03-2017	admin	Damien Forestier	Total	106.01	11
11	2017-03-01 20:57:31.966071	01-03-2017	admin	Sammy Carrel	Total	104.62	1
12	2017-03-01 20:57:34.664525	01-03-2017	admin	Marius Hugues	Total	107.93	59
13	2017-03-01 20:57:37.333345	01-03-2017	admin	Camille Jeanjean	Total	104.76	4
14	2017-03-01 20:57:40.022335	01-03-2017	admin	Sébastien Conan	Total	107.37	4
15	2017-03-01 20:57:42.733724	01-03-2017	Jenna Conan	Marius Hugues	Total	110.72	12
16	2017-03-01 20:57:45.465664	01-03-2017	Sébastien Oudghiri	Marius Hugues	Total	110.72	37
17	2017-03-01 20:58:22.15816	01-03-2017	admin	François Tonnant	Total	109.99	21
*							

loc notes

7 lignes.

6 Retour sur le projet

6.1 Travail réalisé

Disposant seulement de deux mois pour la réalisation de ce projet et n'ayant pas beaucoup de temps à y consacrer à cause de nos examens de fin de cycle et nos recherches de stages, nous avons mis un petit peu de temps à nous mettre dans le bain. Notre équipe de projet finale est composée de 4 personnes ce qui nous a permis d'élargir le spectre de nos recherches ainsi que de se partager les tâches efficacement dans le but de proposer un travail aboutit et de qualité à la fin de l'année. Chaque personne compétente dans le domaine de recherche attiré et comprenant les autres domaines grâce au partage direct des informations sur notre espace de travail commun. Nous avons donc pu mener à bien dans un premier temps un large travail d'acquisition de savoir théorique comprenant tous les domaines passés en revue dans ce rapport :

- Marchés financiers
- Produits financiers
- Trading algorithmique
- Méthodes d'analyse graphique
- Fonctionnement Carnet d'ordre

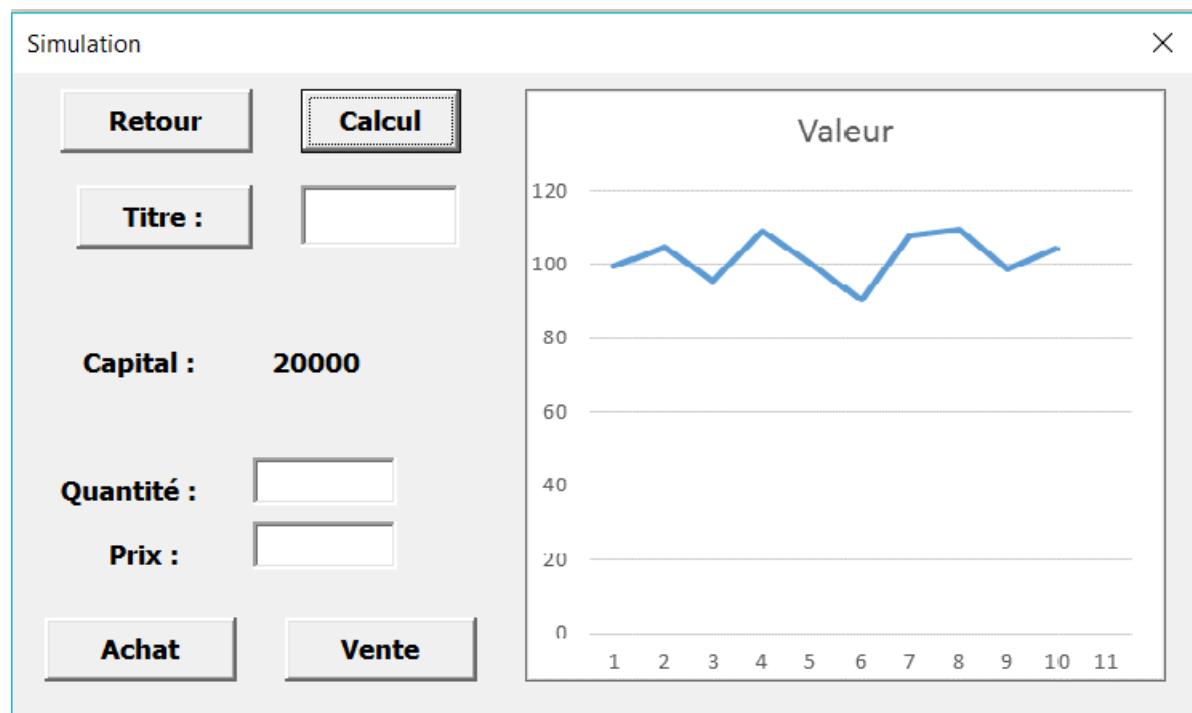
Ces connaissances, et le fait que nous ayons résumé et répertorié les notions importantes font ce rapport une base importante en tant que telle pour comprendre un domaine étudié ou une opportunité pour en apprendre d'avantage en suivant les liens de notre bibliographie. A noter que nous avons essayé de rendre les recherches les plus intéressantes et fiables possibles en vérifiant nos sources le plus possible et en privilégiant des données citées de thèses, documents de recherche, livres de finance ou de cours de grande écoles (tel que nos cours à Polytech).

Au niveau de la pratique et du travail réalisé sur le simulateur, ce projet nous a permis de mettre en application beau coups de qualités mise à profits durant ces années d'études d'ingénieur. Le code fournit, même si pas forcément totalement optimisé, est solide et valide la totalité des points et des attentes développées dans le cahier des charges. Il nous a permis de réaffirmer nos connaissances dans le langage java, VBA, JEE ainsi que dans la manipulation d'une base de données. VBA pour les différentes maquettes réalisées et JEE pour le code final. La maîtrise tout du long de l'avancement des différentes parties de ce code à permis d'assurer la qualité du livrable de fin d'année (code, rapport , présentation). Ceci a été permis grâce à une bonne gestion tout au long de ce projet par étapes et par répartition

équitable du travail selon les envies, capacités et besoins de chacun.

6.2 Problèmes rencontrés

Le travail demandé étant assez complexe, nous sommes passés par plusieurs phases de questionnement et de réflexion en prévoyant les problèmes éventuels mais bien sûr aussi suite à quelques problèmes imprévus rencontrés en chemin. Ces problèmes se situent pour la plus part dans le côté pratique, et le code en lui-même de notre application. Nous étions partis en premier lieu sur VBA pour créer simplement et rapidement une maquette pour proposer un visuel clair pour la première présentation.



Celle-ci proposant à un utilisateur de s'enregistrer sur un formulaire et d'accéder à son compte étant donné une base de données inscrite en mémoire sur une feuille Excel cachée. Le but étant de pouvoir s'identifier et retrouver ses informations à tout moment. On pouvait avec cette application voir fluctuer le prix d'un titre régi par une loi uniforme qui informait graphiquement de la valeur à un instant et la mettait à jour aléatoirement quelques secondes plus tard. On pouvait alors passer un ordre et acquérir ou vendre un titre au prix du marché puis le

céder quelques instants plus tard quand le prix avait descendu par exemple. Les limites techniques de VBA ont fait que nous avons vite abandonné cette maquette. En effet le modèle de donné assez lourd nous permettait de créer un ordre et le mettre en mémoire en quelques secondes, rendant la créations de joueurs fictifs et le passage de 10 aines d'ordres impossible (l'ordre de grandeur du temps d'attente pour une telle opération serait la minute)! De plus, la mémoire vive de nos ordinateurs ne nous permettait pas de créer un grand nombres d'instances de modules de classes car ceux-ci perdaient la mémoire au fil du temps car elle était alloué aux nouveaux objets arrivants. Pour ce qui est du code en Java JEE, nous avons eu quelques problèmes en ce qui concerne plus particulièrement la base de données. Lorsque beaucoup de requêtes sont passées à la suite, il est certaines fois possible que la base de données surchauffe et se déconnecte de l'affichage le temps que les requêtes se résolvent d'elles même au bout d'un certain temps (lors de la présentation ce cas-ci s'est produit, nous sommes donc repassé sur la conclusion de la présentation avant de retourner à la démonstration quelques minutes après pour assister en direct au retour de l'affichage lorsque tous les joueurs fictifs eurent terminé leurs tache de création/passage ordre. Ce problème est contournable de deux manières : Gérer plus intelligemment le processus de requêtes en optimisant le code à plusieurs niveaux (base de données, sélection et affichage en mémoire des ordres à cours limité dynamiques uniquement, ou alors en utilisant un ordinateur plus rapide.

6.3 améliorations possibles

- Pour ce qui est du code en lui même, nous n'avons pas jugé d'importance prioritaire d'intégrer les ordres au marché. Ainsi, notre projet final ne présente cet aspect que de façon déguisé sous un ordre à cours limité utilisant la totalité de la quantité souhaitée en une ou plusieurs transactions. Il est donc possible de rajouter une classe à ce niveau là et un retour graphique nous permettant de proposer un ordre au marché. Tout simplement on demandera en entrée un sens et une quantité, le prix sera déduis directement comme prix maximal de la colonne des contreparties (pour achat, et prix minimal pour vente) et cet ordre aura une priorité supérieure à un ordre à cours limité passé au même moment par un joueur fictif par exemple. - Nous pouvons aussi implémenter une ou plusieurs méthodes d'analyse graphique étudiés à l'écrit dans notre rapport. Ceci étant un peu plus complexe que l'ajout précédent, il nous faudra alors étudier en détail les possibilités de graphiques de java avant de pouvoir ajouter cette fonctionnalité. - Par oubli simple, nous avons aussi manqué d'ajouter le retour sur le résultat de chaque joueur (mise de départ - total actuel) alors que présent simplement dans le code.

Il nous est alors possible d'ajouter une petite page (ou même dans l'historique de transactions) un affichage rendant visible ce chiffre. - Évoqué dans les problèmes rencontrés, il est aussi intéressant de revoir et d'optimiser nos requêtes si possibles pour alléger notre algorithme.

7 Bibliographie

[25] - Trading algorithmique :
http://www.xavierdupre.fr/site2013/documents/reports/finance_utostrat.pdf

[24] - Trading algorithmique :
https://halshs.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/369314/filename/LE_TRADING_ALGORITHM

[22] - Analyse graphique :
<https://www.binck.fr/formations/espace-bourse-pratique/les-bases-de-l-analyse-technique>
Autres liens utiles :
<https://academy.alvexo.fr/academy-advanced/advanced-articles/rsi-et-principaux-indicateurs-dynamiques-fonctionnement>
<http://www.hec.ca/salledesmarches/reference/Analysetechnique.pdf>
http://investir.lesechos.fr/dossiers/comprendre_l_analyse_graphique_en_7_lecons/les-figures-346829.php

[23] - Moyenne mobile :
<https://www.zonebourse.com/formation/Les-moyennes-mobiles-399/>

[21] - Bid-Ask :
<http://www.edubourse.com/lexique/bid-ask.php>
<http://edufin.md/instrumente-financiare-derivate-pentru-moldova/>

[20] - Chiffres marché
<http://money.visualcapitalist.com/all-of-the-worlds-stock-exchanges-by-size/>

[19] - Carnet ordres résilience :
<http://www.cairn.info/revue-finance-2008-1-page-81.htm>

[18] - Types d'ordres :
<https://www.binck.fr/formations/espace-bourse-pratique/les-types-d-ordres>

[17] - Trading algo :
http://www.lemonde.fr/economie/article/2011/01/21/l-essor-vertigineux-du-trading-algorithmique_1468594_3234.html

[16] - Carnet d'ordres :
https://www.boursorama.com/pub/banque/nl/2012-02/Les_ordres_de_Bourse-Le_Guide.pdf

[15] - Certificats :

<http://www.boursedeparis.fr/centre-d-apprentissage/les-certificats>
pour apparition bourse, par fernand braudel :
http://www.persee.fr/doc/pop_032-4663_1981_num_36_2_17191

Livres proposés par Franck Ciosi :

- Trading algorithmique : Victor Lebreton

<https://drive.google.com/open?id=0B77s65W1DNE1a2daMlVVY2VRVv0>

[2] - Produits financiers : The essentials of risk management

https://drive.google.com/open?id=0B5LbjxJw_nuJcHZZCQUJscVV4MIU

[3] - **Hull** :

https://drive.google.com/open?id=0B5LbjxJw_nuJbTRyT2huaFg0c3c

[4] - Option volatility and pricing :

https://drive.google.com/open?id=0B5LbjxJw_nuJaVl0d0VTSmJvRXM

[5] - Mastering financial calculations :

https://drive.google.com/open?id=0B5LbjxJw_nuJNVc0M0ZZV1B4X2s

[6] - Marché de la dette : Bond market :

https://drive.google.com/open?id=0B5LbjxJw_nuJbDdHUEZoMW12Qkk

[7] - Marchés financiers : Foreign exchange and money markets :

https://drive.google.com/open?id=0B5LbjxJw_nuJd2tEbWhkMVc2SWM

Strategiesdeportefeuille : Fixed – Incomesecurities :

https://drive.google.com/open?id=0B5LbjxJw_nuJRTFvY3pvdDhFdEE

[8] - La finance : giraud, le commerce des promesses :

https://drive.google.com/open?id=0B5LbjxJw_nuJTFIwYTDnaVlhZ1E

Ordres et marchés et produits : Leleux association brokers master class :

[9] - Produits : <http://www.arolla.fr/blog/wp-content/uploads/2012/02/Introduction-%C3%A0-la-finance-de-march%C3%A9.pdf>

[10] - Marchés financiers :

<http://graduateschool.agroparistech.fr/site.php?id=65fileid=169>

[11] - Historique marchés :
<http://www.parisschoolofeconomics.com/hautcoeur-pierre-cyrille/RCE030159.pdf>

[12] - Historique des marchés :
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00532862/document>

[13] - OPCVM :
http://www.memoireonline.com/07/09/2428/m_Marche-financier-et-bourse-des-valeurs.html

[14] - Origine bourse : Introduction marchés financiers Erwan le Saout
<http://mursdeboutique.com/wp-content/uploads/2011/08/origine-de-la-bourse.pdf>
<http://www.erwanlesaout.com/>

Merci de votre lecture,
Toute l'équipe