

Table des matières

Déclaration	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Liste des tableaux	vi
Liste des figures	vi
1. Introduction	1
2. Indicateurs financiers	3
2.1 Définitions	3
2.2 Moyennes mobiles	4
2.3 Moyennes mobiles exponentielles	6
2.4 Convergence et divergence des moyennes mobiles	7
2.5 Value at risk	9
2.6 Volatilité	11
2.7 Coefficient bêta	12
2.8 Maximum Drawdown	13
2.9 Relative Strength Index	14
2.10 Money flow index	16
2.11 Bandes de Bollinger	18
2.12 On Balance Volume	19
3. Récolte de données	21
3.1 Code de récolte de données et explications	23
3.2 JSON	27
4. Application	29
4.1 Implémentation des indicateurs financiers sur VBA	30
4.1.1 Moyennes mobiles	31
4.1.2 Moyennes mobiles exponentielles	31
4.1.3 Convergence et divergence des moyennes mobiles	32
4.1.4 Value at risk	33
4.1.5 Volatilité	33
4.1.6 Coefficient bêta	34
4.1.7 Maximum Drawdown	34
4.1.8 Relative strength index	35
4.1.9 Money flow index	36

4.1.10 Bandes de Bollinger	38
4.1.11 On Balance Volume	38
5. Résultats obtenus	39
6. Points d'amélioration possibles.....	44
Conclusion.....	45
Bibliographie	46
Annexe 1 : Codes VBA moyennes mobiles	50
Annexe 2 : Codes VBA moyennes mobiles exponentielles.....	51
Annexe 3 : Codes VBA MACD.....	53
Annexe 4 : Codes VBA bêta	55
Annexe 5 : Codes VBA RSI.....	56
Annexe 6 : Codes VBA MFI	58
Annexe 7 : Codes VBA Value at risk	60
Annexe 8 : Codes VBA Volatilité.....	62
Annexe 9 : Codes VBA Bandes de Bollinger	63
Annexe 10 : Codes VBA On Balance Volume	64
Annexe 11 : Codes VBA Maximum Drawdown	65
Annexe 12 : Table de la loi normale centrée réduite.....	66

Liste des tableaux

Tableau 1 : Calcul moyenne mobile	5
Tableau 2 : Calcul moyenne mobile exponentielle.....	7
Tableau 3 : Calcul convergence et divergence des moyennes mobiles.....	8
Tableau 4 : Calcul volatilité.....	11
Tableau 5 : Calcul Relative strength index	14
Tableau 6 : Calcul money flow index	16
Tableau 7 : Calcul bandes de Bollinger	18
Tableau 8 : Calcul On balance volume	19

Liste des figures

Figure 1 : Moyennes mobiles	5
Figure 2 : Moyennes mobiles exponentielles	6
Figure 3 : Convergence et divergence des moyennes mobiles.....	8
Figure 4 : Value at Risk	10
Figure 5: Ecart-type.....	11
Figure 6 : Coefficient Bêta.....	12
Figure 7 : Maximum Drawdown	13
Figure 8 : Relative Strength Index	15
Figure 9 : Money Flow Index	17
Figure 10 : Bandes de Bollinger	18
Figure 11 : On balance volume	20
Figure 12 : Beta des fonds	22
Figure 13 : Exemple JSON Editor Online	28

1. Introduction

La science financière s'est beaucoup développée grâce à l'aide des outils informatiques. L'utilisation de ces outils permet entre autres de comprendre le fonctionnement des marchés en utilisant des traitements statistiques ou économétriques. Autrefois, les programmes étaient assez complexes, de plus, la durée de la formation pour utiliser ce genre d'outils était longue et coûteuse. C'est seulement depuis une dizaine d'années que les fonctionnalités de ces applications sont plus accessibles au grand public. Une des applications qui fait partie, est Excel de Microsoft. Au fil des années, Excel a beaucoup évolué, elle intègre diverses fonctions telles que le calcul numérique et l'analyse de données et aussi le langage VBA.

Visual Basic est un langage de programmation créé par Microsoft en 1991. Ensuite, Microsoft a développé des langages dérivés notamment Visual Basic Application. Ce langage est présent dans tous les programmes de Microsoft Office, par exemple, dans le Word et Excel. VBA et Visual Basic sont très similaires au niveau des syntaxes puisque VBA découle de Visual Basic.

« VBA est un langage orienté objet » (Riva Fabrice 2012, page 8). Un objet sur Excel est tous les éléments que l'on peut exécuter. Cela peut être la fermeture d'Excel, les formules que l'on écrit sur différentes cellules, supprimer des valeurs qui sont inscrites dans les cellules, faire un quadrillage, etc. Des graphiques, des formules et autres fonctions sur Excel peuvent être exécutés à l'aide d'une macro. C'est grâce aux macros que l'on peut automatiser les tâches et personnaliser en fonction des besoins.

Dans le monde de la finance, VBA sur Excel est très utilisé pour exécuter des formules mathématiques, des graphiques ainsi que d'autres fonctions de traitement de données. La programmation sur VBA permet d'automatiser certaines tâches grâce aux codes écrits sur les macros et d'effectuer un grand nombre d'opérations. Un des avantages de VBA est la flexibilité du code.

Cependant, la programmation VBA ne peut pas être exécutée en tant qu'application autonome. En effet, VBA peut être seulement utilisé dans une application de Microsoft Office.

Au XVII^e siècle, les Japonais ont utilisé l'analyse technique pour anticiper le mouvement du prix du riz à court terme. C'était très utilisé pour les marchés à terme, c'est-à-dire que l'acheteur et le vendeur concluaient à l'avance la qualité de la marchandise, sa valeur et la date à laquelle ils se faisaient livrer cependant la livraison et le paiement intervenaient qu'à une date ultérieure. Ils ont découvert que le marché du riz était aussi influencé par le comportement et les émotions des investisseurs en analysant l'historique des prix du riz. C'est seulement en 1990 que l'Occident a connu l'analyse technique grâce à Steve Nison qui l'a rendue populaire.

L'analyse technique est une méthode pour évaluer les investissements et identifier des opportunités en analysant l'activité des négociations. Contrairement à l'analyse fondamentale qui se concentre sur la valeur intrinsèque, des comptes financiers et l'environnement économique de l'entreprise, l'analyse technique, quant à elle, se focalise sur le mouvement des prix, les volumes, les tendances, les signaux et autres méthodes. L'analyse technique peut être utilisée sur différents actifs financiers qui ont un historique de données telles que les matières premières, le marché des changes et les contrats à terme.

Cette méthode d'analyse essaye de prévoir les prix futurs en fonction de l'activité passée. Les investisseurs qui utilisent cette analyse pensent que les mouvements des prix passés vont se répéter dans le futur.

L'analyse technique se base sur deux analyses. La première est l'analyse graphique qui est une simple observation du niveau des cours et des volumes et la deuxième est réalisée par construction mathématique, ou plutôt, l'utilisation des indicateurs tels que les moyennes mobiles. Les indicateurs techniques sont des calculs mathématiques basés sur l'historique des prix et des volumes des instruments financiers dans le but de prédire les mouvements des prix futurs.

2. Indicateurs financiers

2.1 Définitions

Un indicateur technique permet d'analyser l'historique des titres boursiers afin de prédire l'évolution du cours. Comme déjà dit précédemment, les indicateurs sont des calculs mathématiques qui utilisent le prix ou le volume. Ils peuvent identifier des situations des excès à la hausse et à la baisse en cas de survente ou surachat, les tendances haussières et baissières, en mesurant l'allure et la qualité des mouvements des prix. Il existe plusieurs types d'indicateurs. Les types d'indicateurs qui sont utilisés dans l'application sont des indicateurs de tendances, oscillateurs et des indicateurs de volumes.

Les indicateurs de tendances, comme le nom l'indique, identifient les tendances. Ils se basent sur les prix historiques des actions. Ils permettent aussi de repérer un essoufflement du courant entre les acheteurs et les vendeurs et avertissement un retournement du marché. Les principaux indicateurs de tendances sont les moyennes mobiles, les bandes de Bollinger, la convergence et divergence des moyennes mobiles et les moyennes mobiles exponentielles.

Les oscillateurs permettent de capter des points de retournement. Contrairement aux indicateurs de tendances, ils sont utilisés plutôt dans les marchés non directionnels. Généralement, ils indiquent s'il y a un surachat ou une survente de l'action. Le *relative strength index* et le *money flow index* sont des oscillateurs.

Les indicateurs de volumes se basent sur le volume des actions. Le volume représente la quantité d'un instrument financier qui a été échangée durant une période et l'implication émotionnelle des investisseurs. En effet, une augmentation de volume indique une variation de prix élevée. Ils sont principalement utiles dans le marché directionnel et non directionnel. Un des indicateurs de volume est le « on balance volume ».

2.2 Moyennes mobiles

Dans l'analyse technique, la moyenne mobile permet de lisser le prix de l'action et de supprimer les fluctuations aléatoires des prix et certains « bruits ». Ces derniers sont plus communément appelés « bruits de marché », ce sont des rumeurs ou des données qui peuvent influencer le cours de l'action ou même du marché. Elle peut aussi fournir des signaux d'achats et de ventes afin d'améliorer les prises de positions. Un des points fort de cet outil est d'identifier les tendances du cours, par exemple, s'il y a une tendance haussière ou baissière. L'utilisation de deux moyennes mobiles permet de d'identifier le changement de tendance en surveillant les croisements des deux moyennes. C'est plus efficace qu'en utilisant seulement une. Ce type de moyenne est une méthode de lissage, elle est calculée sur une période donnée. Elle correspond à une moyenne établie sur un laps de temps glissant. Par exemple, si une moyenne mobile est de 20 jours, nous faisons la somme des valeurs des 20 derniers jours et nous la divisons par 20 et ensuite nous faisons de la même manière pour les prochains jours. Dans la pratique, les investisseurs utilisent souvent une moyenne mobile dite lente à 50, 100 ou même 200 jours et une moyenne dite rapide à 10, 20 et 50 jours. La moyenne mobile aide à identifier les tendances et les signaux d'achat ou de vente.

Nous pouvons voir si le cours a une tendance haussière ou baissière. Lorsque la courbe de la moyenne mobile rapide passe au-dessus de la moyenne mobile lente, cela se traduit par une accélération. Cette accélération se caractérise par une hausse de la courbe, et donc, c'est un signal d'achat à court terme. C'est positif pour la personne qui détient ou achète l'action parce qu'il est probable que la courbe augmentera puisqu'elle suit une tendance haussière. Quand la courbe de la moyenne mobile lente est supérieure à la courbe de la moyenne mobile rapide, il y a une décélération de la courbe, donc c'est un signal de vente à long terme. Il est conseillé de vendre l'action si la personne la détient ou ne doit l'acheter.

La figure, présente ci-dessous, montre deux moyennes mobiles. La moyenne mobile rapide est représentée en bleu et la moyenne mobile lente en rouge. Nous pouvons voir que lorsque la moyenne rapide se trouve au-dessus de la moyenne mobile lente, il y a une tendance haussière et vice-versa.

Figure 1 : Moyennes mobiles



(Investopedia, moving averages)

Voici un exemple de calcul de moyenne mobile à deux jours :

Tableau 1 : Calcul moyenne mobile

DATE	PRIX	MOYENNE MOBILE	FORMULE
1 janv. 2019	100		
2 janv. 2019	102	101	$(100+101)/2$
3 janv. 2019	103	102.5	$(102+103)/2$
4 janv. 2019	107	105	$(107+103)/2$
5 janv. 2019	106	106.5	$(107+106)/2$

2.3 Moyennes mobiles exponentielles

L'objectif de la moyenne mobile exponentielle est de donner plus de poids sur les prix les plus récents. La pondération se fait par l'intermédiaire d'un pourcentage au lieu d'une valeur absolue. Cela signifie que la moyenne mobile exponentielle réagit rapidement aux derniers prix contrairement à la moyenne mobile classique. L'usage d'une variante de la moyenne mobile a pour but d'éviter les faux signaux. C'est une des raisons pour lesquelles j'ai choisi cet indicateur. La formule de la moyenne mobile exponentielle est la suivante :

$$EMAn = (Pn * \alpha) + (EMAn-1 * (1 - \alpha))$$

$$\alpha = 2 / (1 + N)$$

P : représente le prix actuel et alpha est un facteur de lissage

N : le nombre de jours que nous avons choisi pour faire la moyenne mobile exponentielle

Figure 2 : Moyennes mobiles exponentielles



Nous pouvons voir sur la figure présente ci-dessus, la comparaison d'une moyenne mobile standard et d'une moyenne mobile exponentielle de 50 jours. Même en ayant la même période, les deux moyennes se comportent différemment. Nous remarquons que la moyenne mobile exponentielle, en rouge, réagit plus vite à la variation de prix. Elle commence à monter plus rapidement puis à redescendre vite.

Rapport-gratuit.com



LE NUMERO 1 MONDIAL DES MEMOIRES

Développement d'une application qui permet d'analyser les prix historiques des actions à l'aide de VBA dans Microsoft Excel

CAETANO DA SILVA Miguel

Afin d'illustrer mes propos, le tableau ci-dessous est un exemple de calcul d'une moyenne mobile exponentielle.

Tableau 2 : Calcul moyenne mobile exponentielle

DATE	PRIX	MOYENNE MOBILE EXPONENTIELLE	FORMULE
1 janv. 2019	100		
2 janv. 2019	102	101	$(100+101)/2$
3 janv. 2019	103	101.66	$102*(2/(1+2))+101*(1-(2/(1+2)))$
4 janv. 2019	107	102.55	$103*(2/(1+2))+101.66*(1-(2/(1+2)))$
5 janv. 2019	106	105.51	$107*(2/(1+2))+102.55*(1-(2/(1+2)))$

Une des raisons pour laquelle j'ai décidé d'utiliser des moyennes mobiles exponentielles, c'est parce que cela aide à calculer l'indicateur MACD, (*Moving Average Convergence Divergence*) et d'autres indicateurs présents dans l'application. J'ai trouvé qu'il serait judicieux d'utiliser cet indicateur boursier puisqu'il permet d'identifier les tendances et d'anticiper l'évolution du prix de l'action.

2.4 Convergence et divergence des moyennes mobiles

Le MACD, acronyme en anglais qui signifie *Moving Average Convergence Divergence*, a été créé par Gerald Appel dans les années 70. Cet indicateur est pertinent pour l'analyse de l'historique du cours puisqu'il permet d'anticiper l'évolution des prix. Lorsque la courbe du MACD est plus élevée que la courbe du signal, il est recommandé d'acheter l'action. À l'inverse si la courbe du signal dépasse à la hausse la courbe MACD, cela indique qu'il faudrait vendre l'action. L'avantage du MACD est sa plus grande réactivité par rapport aux moyennes mobiles, autrement dit, il détecte plus tôt un changement de tendance.

Afin de calculer le MACD il faut tout d'abord calculer deux moyennes mobiles exponentielles de différentes durées, généralement, une période de 12 et 26 jours. Ensuite, la MACD est la différence entre ces deux moyennes. Cependant, la soustraction se fait seulement à partir de la première valeur de la moyenne mobile exponentielle lente et enfin, la moyenne mobile exponentielle de la MACD représente le signal.

Le tableau suivant est un exemple de calcul du MACD. Afin que cela soit plus compréhensible et simple, le MACD rapide est de 2 jours, le MACD lent de 4 jours et le signal est calculé sur une période de 2 jours. Le MACD rapide est caractérisé par la moyenne exponentielle rapide et le MACD lent par la moyenne exponentielle lente.

Tableau 3 : Calcul convergence et divergence des moyennes mobiles

PRIX	MACD rapide	MACD lent	MACD	Signal
100				
102	101			
103	101.66			
107	102.55	103	-0.45 (=102.55-103)	
106	105.51	105.67	-0.16 (=105.51-105.67)	-0.305 = -0.16 + -0.45
108	105.84	105.89	-0.05 (=105.84-105.89)	-0.208 = -0.16 * (2 / (1 + 2)) + -0.305 * (1 - (2 / (1 + 2)))

Nous pouvons voir sur le graphique ci-dessous que les courbes montrent une tendance comme les moyennes mobiles. Quand le signal est supérieur à la courbe MACD, cela représente un signal de vente puisque c'est une tendance baissière et inversement.

Figure 3 : Convergence et divergence des moyennes mobiles



(Investopedia, MACD)

2.5 Value at risk

Avant d'être adoptée dans les institutions financières aux États-Unis à la fin des années 1980, la *value at risk* était utilisée par les assurances. Depuis l'introduction des normes de Bâle I en 1988, les banques sont obligées d'avoir un minimum de fond propre afin de s'assurer contre le risque de crédit. En 1996, le comité de Bâle autorise les banques à utiliser cette notion de façon très limité. Effectivement, les banques devaient utiliser une *value at risk* à 10 jours et un niveau de confiance de 99%.¹ Depuis la publication des accords de Bâle III par le comité de Bâle en 2010, les banques peuvent utiliser la *value at risk* sous différents modèles statistiques.² La *value at risk* est utilisée dans différents domaines, par exemple, pour le capital économique, le risque de marché et le risque de crédit. En finance, la *value at risk* permet de mesurer et de quantifier le niveau de risque d'un portefeuille. Cette formule permet de déterminer le risque potentiel de perte. En général, on peut utiliser la *value at risk* sur un portefeuille ou un actif financier.

La *value at risk* a trois paramètres :

- la distribution
- le niveau de confiance
- l'horizon du temps

La distribution de la *value at risk* est souvent normale. L'échantillon historique joue un rôle important sur la distribution puisque si l'échantillon est très grand ou très petit, la probabilité de perte ne sera pas suffisamment précise. Généralement, le niveau de confiance le plus souvent utilisé est de 95% ou de 99%. Cela permet de calculer la probabilité du montant de la perte. L'horizon du temps un paramètre majeur. En effet, plus l'historique de prix est longue, plus le montant de la perte sera grand et vice-versa. La crise financière de 2008 a montré la faiblesse de la *value at risk*, en effet, cette formule a sous-estimé les pertes potentielles. Cela a empêché les institutions financières de couvrir les pertes dues à un effondrement de la valeur de prêts hypothécaires.

¹ Revisions to the Basel II market risk framework, 2009

² Value-at-Risk Estimation in the Basel III, 2012

Pour le calcul de la *value at risk*, je me suis basé sur le cours du Professeur François Duc. Il faut tout d'abord avoir une valeur de portefeuille, sur l'application elle est de 10'000 dollars. En ce qui concerne la composition du portefeuille, je me base sur le fait que celui-ci est constitué d'une ou plusieurs actions d'une seule entreprise. Par la suite, la macro calcule automatiquement la moyenne et l'écart-type des rendements, le alpha ainsi que la distribution normale qui représente la lettre Z. La formule de la value at risk est la suivante :

$$Value at risk = (\mu(r) + \sigma(r) * Z) * valeur du portefeuille$$

$$\mu(r) = \text{moyenne des rendements} \quad \sigma(r) = \text{écart-type des rendements}$$

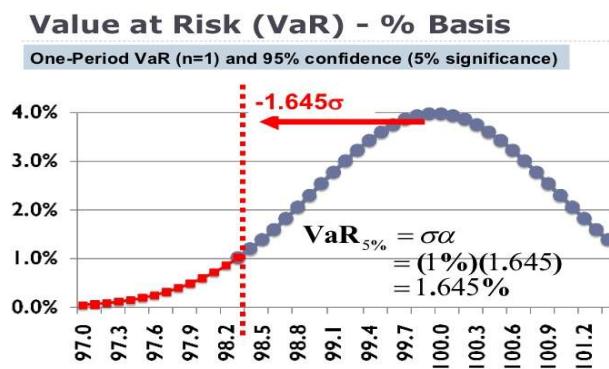
Exemple de calcul : Moyenne de rendement journalier : 0.07% , écart-type des rendements : 1.66%, niveau de confiance : 99% , valeur du portefeuille : CHF 10'000

Alpha = $1 - 99\% = 0.01$. D'après la table de la loi normale centrée réduite qui se trouve en annexe, Z vaut environ 2.33.

$$(0.07\% + 1.66\% * 2.33) = 4.5678 = Value at Risk en pourcent$$

$$4.5678\% * 10'000 = 456.78 = Value at risk en francs Suisse.$$

Figure 4 : Value at Risk



(Slideshare, intro value at risk)

Sur la figure qui se trouve ci-dessus, le portefeuille a 95% de chance de ne pas perdre plus de 1.645% de sa valeur.

2.6 Volatilité

La volatilité est la variation du prix d'un actif financier. Une grande volatilité signifie que les changements de prix varient fortement et la volatilité est faible lorsque les prix varient très peu. En d'autres termes, une volatilité accrue indique que la valeur de l'action peut probablement se répartir sur un intervalle de prix plus étendu et si elle est basse, sa valeur tend à être stagne. Lorsque la volatilité est élevée, cela représente un risque pour l'investisseur puisque sa perte et son gain peuvent être significatifs contrairement à une volatilité faible, son potentiel de gain et de perte est minime. Tout dépendra de la stratégie de l'investisseur, si elle est averse au risque, il se penchera sur des actions moins volatiles et vice versa. J'ai choisi cet indicateur pour mesurer le niveau du risque de l'action. Le marché des actions a tendance à être plus volatile quand il est baissier et moins volatile lorsqu'il a une tendance haussière. La volatilité peut être mesurée en calculant l'écart-type des rendements.

Figure 5: Ecart-type

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Colin Bennett 2012, p. 22

Afin d'illustrer la volatilité, voici un exemple ci-dessous.

Tableau 4 : Calcul volatilité

PRIX	Variation	Ecart de la variation à la moyenne	Carré de l'écart
100			
102	2% (=102/100-1)	0.51%	0.0026% (=0.51%*0.51%)
103	0.98% (=103/102-1)	-0.51%	0.0026% (-0.51%*-0.51%)

Moyenne des variation : (2% + 0.98%) / 2 = 1.49%

Moyenne des carrés des écarts : (0.0026% + 0.0026%) / 2 = 0.0026%

La volatilité : Racine carré de 0.0026 % = 0.51 %

2.7 Coefficient bêta

Le coefficient bêta permet de comparer la volatilité historique de l'action et celle de l'indice. Cela démontre une certaine sensibilité vis-à-vis du marché par exemple si le bêta d'une action est de 1,2 par conséquent la valeur de l'action augmentera de 1,2 % quand le marché accroît de 1%. Si l'actif financier a un bêta négatif, cela veut dire qu'il va dans le sens inverse du marché. Dans ce cas, avec un bêta négatif de 1,2, l'action baissera de 1,2% si le marché augmente de 1%. Cela indique aussi si l'action est plus volatile ou plus risquée que le marché, en effet, avec un bêta de 1,2, l'action est 20% plus volatile que le marché. Il est important de souligner que pour le calcul du bêta, il faut que l'action soit incluse dans l'indice. C'est-à-dire que l'action doit appartenir au portefeuille de marché de façon à comparer la volatilité de l'action.

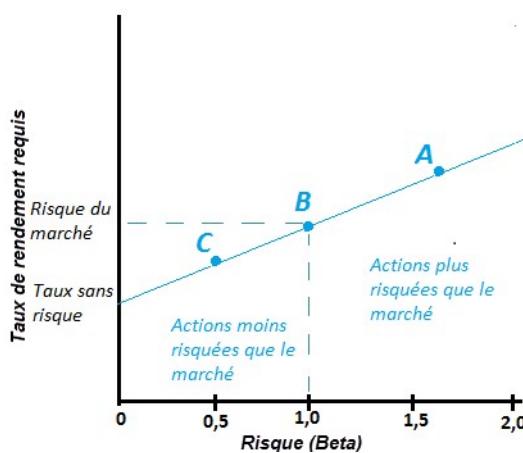
Cependant cet indicateur a quelques limites notamment il ne prend pas en compte les frais et les coûts de transaction et considère que le marché est parfait. La formule du bêta est la suivante :

$$\text{Bêta} = \text{Covariance} (Ra, Rm) / \text{Variance} (Rm)$$

Ra : Rendement de l'action

Rm : Rendement du marché, par exemple, l'indice du Dow Jones ou du S&P 500

Figure 6 : Coefficient Bêta



(Andill, Coefficient bêta)

2.8 Maximum Drawdown

Le *maximum drawdown* est la perte maximale du portefeuille ou de l'action dans une période donnée. Cela correspond au prix le plus haut jusqu'au prix le plus bas avant que le pic ne soit atteint. Cet outil mesure seulement la plus grande perte, mais n'indique pas la fréquence des pertes importantes. Deux actions peuvent avoir le même rendement et la même volatilité mais leur maximum drawdown peut être différent. Si le maximum drawdown est de 20%, cela signifie qu'on a perdu 20% du capital investi. La valeur du portefeuille a donc diminué. La formule du maximum drawdown est la suivante :

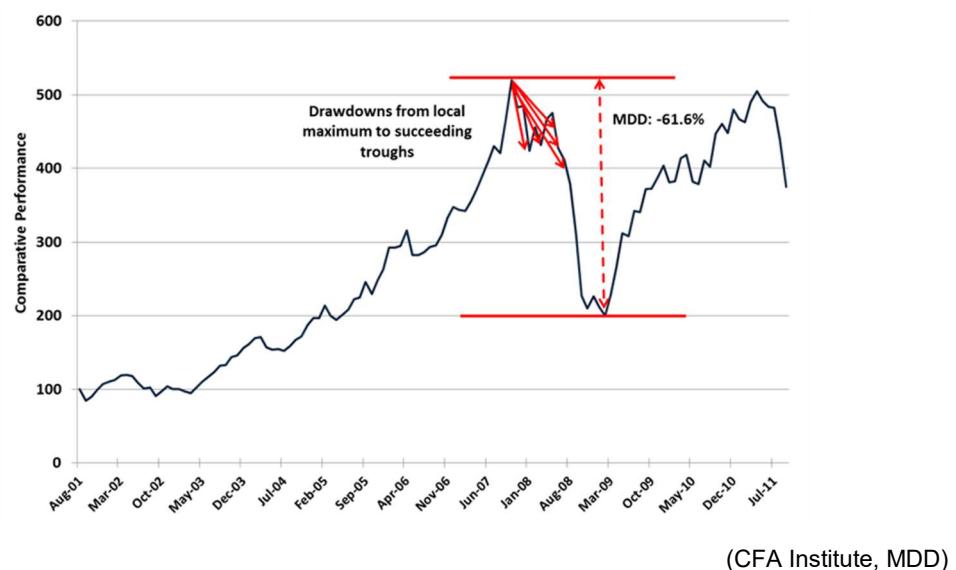
$$(\text{PH} - \text{PB}) / \text{PH} = \text{Maximum drawdown}$$

PH est le prix le plus haut avant la plus grande baisse et PB est prix le plus bas avant le nouveau prix le plus haut

Par exemple, le point le plus haut d'un titre était de 230,27 dollars et le point le plus bas était de 141,58 dollars. Le calcul est le suivant :

$$(230,27 - 141,58) / 230,27 = 38,51 \%$$

Figure 7 : Maximum Drawdown



Nous pouvons remarquer la figure ci-dessus que le maximum drawdown est de -61.6%, en prenant en compte les points le plus haut et le plus bas.

2.9 Relative Strength Index

Le RSI, développé par J. Welles Wilder, indique le bon moment pour acheter ou vendre un instrument financier. Cet indicateur permet de déterminer la puissance d'une tendance et d'indiquer s'il y a un surachat ou survente de l'action. Le RSI représente une valeur entre 0 et 100. Selon l'interprétation traditionnelle, si la valeur est au-dessus de 50, l'élan est à la hausse alors que si elle est inférieure, elle est à la baisse. Plus cette valeur s'éloigne de 50, plus la dynamique est forte. En effet, un RSI supérieur à 70 indique qu'il y a un surachat et en dessous de 30, représente une survente. Quand le RSI est au-dessus de 70, c'est un signal de vente et inférieur à 30 c'est un signal d'achat. Le RSI peut être calculé de deux manières :

$$RSI = 100 - ((100 / 1 + H / B)) = H / (H + B) \times 100$$

H : moyenne des hausses pendant X jours

B : moyenne des baisses pendant X jours

Pour mieux illustrer mes propos, voici un exemple d'un RSI de 2 jours :

Tableau 5 : Calcul Relative strength index

Prix	Change %	Mouv. haussier	Mouv. baissier	Moyenne mouvement haussier	Moyenne mouvement baissier	Relative strength	RSI
102							
104	1.96%	1.96%	0				
102	-1.92%	0	1.92%	0.98%	0.96%	1.021 = 0.0098 / 0.0096	50.51
106	3.9%	3.9%	0	0.33%	1.6%	0.21 = 0.0033 / 0.016	17.35

Les calculs sont les suivants :

$$0.98\% = (1.96\% + 0) / 2$$

$$0.33\% = 0\% * (2 / (1 + 2)) + 0.98\% * (1 - (2 / (1 + 2)))$$

$$0.96\% = (1.92\% + 0) / 2$$

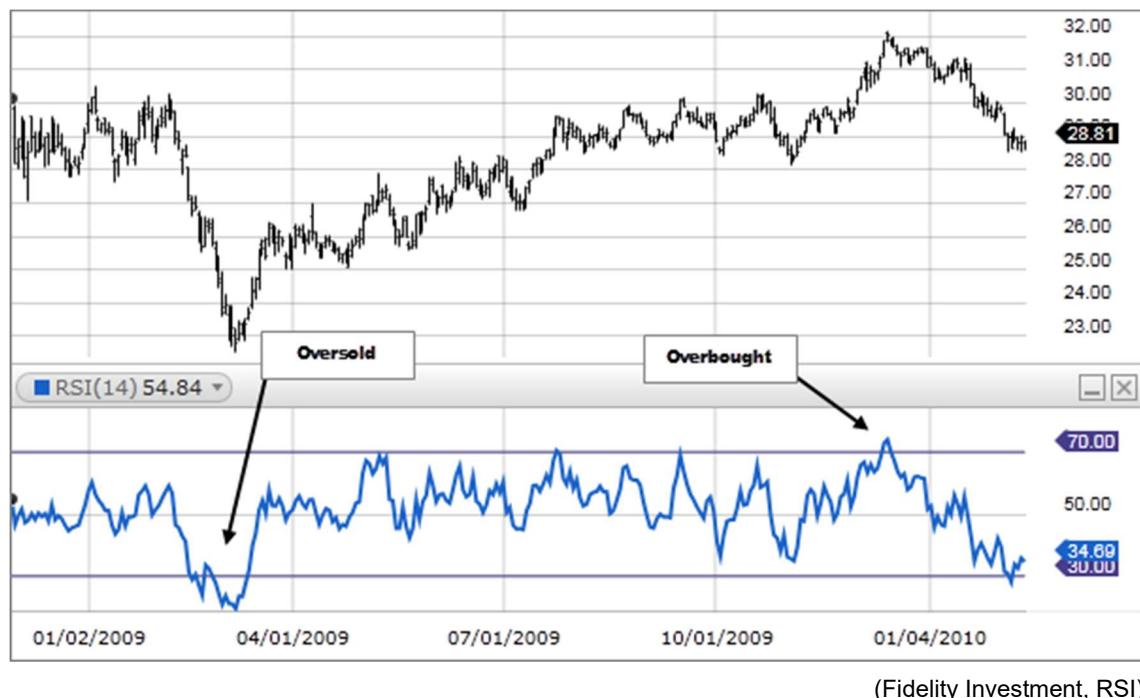
$$1.6\% = 1.92\% * (2 / (1 + 2)) + 0.96\% * (1 - (2 / (1 + 2)))$$

$$50.51 = 100 - 100 / (1.021 + 1)$$

$$17.35 = 100 - 100 / (0.21 + 1)$$

Nous pouvons voir ci-dessous un graphique du RSI. Nous remarquons que, lorsque le RSI se trouve en dessous de 30, l'action est survendue et donc c'est un signal d'achat. Nous pouvons voir par la suite que le cours de l'action a augmenté. Au moment où, le RSI a atteint un niveau supérieur à 70, le cours a diminué.

Figure 8 : Relative Strength Index



(Fidelity Investment, RSI)

2.10 Money flow index

Cet indicateur utilise le prix et le volume historique des actions qui permettent d'analyser si c'est un surachat ou survente des actifs. Cela permet donc d'identifier les tendances haussières et baissières et aussi permet d'avertir un changement de tendance. L'oscillateur se déplace entre 0 et 100 comme l'indicateur RSI. Il ressemble fortement à l'indicateur *Relative Strength Index*, la seule différence c'est que le MFI inclut le volume des actions. Lorsque un MFI est au-dessus de 80, cela signifie qu'il y a un surachat et en dessous de 30 c'est considéré comme une survente. Cependant, d'après les créateurs Gene Quong et Avrum Soudack, il est recommandé d'utiliser 10 et 90 au lieu de 20 et 80. Tout comme le RSI, quand l'oscillateur est supérieur à 80 ou inférieur à 20, cela ne veut pas forcément dire que le prix va s'inverser, c'est seulement un signal. Cet indicateur se traite habituellement sur les 14 derniers jours. La formule du *Money Flow Index* est la suivante :

$$\text{Money Flow Index} = 100 - \frac{100}{1 + \text{Ratio Money Flow}}$$

$$\text{Ratio Money Flow} = \frac{\text{Période de flux monétaire positif}}{\text{Période de flux monétaire négatif}}$$

$$\text{Flux monétaire brut} = \text{Prix typique} * \text{Volume}$$

$$\text{Prix typique} = \frac{(\text{Prix le plus haut} + \text{Prix le plus bas} + \text{Prix de fermeture})}{3}$$

Pour apporter une meilleure clarté de la formule, le tableau suivant illustre les calculs du MFI de deux jours. Pour des raisons d'espace, le tableau est en deux parties.

Tableau 6 : Calcul money flow index

Dates	Prix haut	Prix bas	Prix de clôture	Volume	Prix typique	Flux monétaire brut	Gains	Pertes
01/01/2019	11	9	10	100	10	1000		
02/01/2019	12	10	11	101	11	1111 = 11x101	1111	0
03/01/2019	11	8	9	104	9.3	967.2 = 9.3x104	0	967.2

Dates	Moyenne des gains	Moyenne des pertes	MF	MFI
01/01/2019				
02/01/2019				
03/01/2019	$555.5 = 1111 / 2$	$486.2 = 967.2 / 2$	$0.875248 = 486.2 / 555.5$	$46.67 = 100 - (100 / 1 + 0.875248)$

Figure 9 : Money Flow Index



(Fidelity Investment, MFI)

Le graphique ci-dessus illustre bien lorsque le MFI se trouve en dessous de 20, il y a un signal d'achat puisque l'action est considérée comme survendue. Nous pouvons voir que par la suite le cours de l'action a augmenté. Au moment où la courbe est au-dessus de 80, il y a un signal de vente, la valeur de l'action est redescendue.

2.11 Bandes de Bollinger

Développé par John Bollinger, cet outil permet de mesurer la volatilité et l'évolution probables des prix des actions. Les bandes de Bollinger sont constituées de 3 courbes. La première représente la moyenne mobile des prix. Les bandes supérieure et inférieure correspondent généralement à 2 écart-types en fonction de la moyenne mobile sur 20 jours. Si les prix de l'action suivent une distribution normale, les bandes de Bollinger avec un écart-type de 2, statistiquement cela signifie que 95% des valeurs se situent entre les deux bandes³. Les valeurs qui se trouvent en dehors de ces bandes, sont très rares. La région qui se trouve en dessous de la bande inférieure, est une zone de survente alors que la valeur qui se situe au-dessus de la bande supérieure est estimée comme un surachat. Si la largeur des deux bandes s'écarte, cela indique une forte volatilité et vice-versa. Voici une manière de calculer les bandes de Bollinger avec une moyenne mobile de deux jours et en utilisant 2 écart-types :

Tableau 7 : Calcul bandes de Bollinger

Prix	Moyenne mobile	Ecart-type	Bande supérieure	Bande inférieure
102	101			
103	102.5	0.5	$103.5 = 102.5 + 0.5 * 2$	$101.5 = 102.5 - 0.5 * 2$
104	103.5	0.5	$104.5 = 103.5 + 0.5 * 2$	$102.5 = 103.5 - 0.5 * 2$

Figure 10 : Bandes de Bollinger



(Fidelity Investment, Bollinger Bands)

Sur cette figure, lorsque les chandeliers dépassent la bande supérieure, son prix diminue et vice-versa.

3

Empirical Optimization of Bollinger bands for profitability, 2006

2.12 On Balance Volume

Développé par Joseph Granville en 1976, cet indicateur cumule les volumes en fonction de la variation du cours. Il permet d'apprécier via les volumes les pressions des acheteurs et des vendeurs. Il additionne les volumes si le cours est plus élevé que le cours du jour précédent et vice-versa. Le principal atout de cet indicateur est de mesurer la force et la faiblesse des tendances et d'identifier les risques de retournement de tendances. De plus, ce n'est pas un indicateur borné de 0 à 100, l'analyse se fait par la comparaison entre la courbe des prix et de l'OBV. Si le cours a une tendance baissière alors que l'OBV est haussier, il y a une plus grande probabilité qu'il y ait un retournement à la hausse. À l'opposé, si il y a une tendance à la hausse des prix et que l'OBV diminue, il est fort probable que le prix de l'action va diminuer.

La formule de cet indicateur est la suivante :

Si le prix de clôture est à la hausse :

$$OBV[n] = OBV[n-1] + Volume[n]$$

Si le prix de clôture est à la baisse :

$$OBV[n] = OBV[n-1] - Volume[n]$$

Si les cours n'ont pas varié :

$$OBV = OBV[n-1]$$

Tableau 8 : Calcul On balance volume

Prix de clôture	Volume	OBV
10	1000	1000
11	1200	2200
9	1100	1100

Figure 11 : On balance volume



(MQL5, on balance volume)

En regardant la figure ci-dessus, lorsque le prix a une tendance haussière alors que l'OBV est en tendance baissière, cela nous montre qu'il y a un changement de tendance et donc le prix a baissé.

3. Récolte de données

À l'aide d'une interface de programmation applicative, plus communément appelée par le terme anglais API, j'ai pu récolter des données historiques des actions américaines depuis le site internet de IEX Trading. En d'autres termes, un API est une interface qui permet à deux logiciels de communiquer entre eux. En finance, généralement, l'API est souvent utilisé pour se connecter à un courtier ou broker afin de recueillir les données.

Avant d'avoir réussi à récolter les données avec l'API de IEX Trading, j'ai eu quelques soucis pour extraire les données historiques des actions. En effet, j'ai essayé avec l'API de Google et de Yahoo. J'ai tenté plusieurs manières pour récolter les données. L'une d'entre elles était d'extraire les données depuis VBA à l'aide de macro. Après quelques changements dans le code, je n'étais pas parvenu à les récolter puisque leurs API ne sont plus disponibles depuis quelque temps.

IEX Group est une bourse basée aux États-Unis et fondée en 2012. Elle est considérée comme bourse nationale depuis septembre 2016 par la SEC, *Securities and Exchange Commission* qui a approuvé IEX comme bourse officielle en juin 2016. L'année suivante, cette bourse a reçu l'approbation réglementaire de la SEC afin de répertorier les sociétés.

Pour récolter l'historique de l'action, j'ai utilisé l'API IEX Trading car il permet de récolter l'historique de toutes les actions américaines car c'est l'un des seuls qui est gratuit et assez complet. Toutes les actions américaines sont disponibles depuis cet API ainsi que leurs historiques des prix, dividendes, prix instantanés, etc.

Or, les indices boursiers tels que le Standard & Poor's 500 et le Dow Jones ne sont pas disponibles sur le site internet. Cependant, IEX Trading met à disposition des fonds cotés en bourse qui répliquent ces indices. Les fonds qui répliquent le Standard & Poor's 500 et le Dow Jones sont respectivement SPDR S&P 500 ETF Trust et SPDR Dow Jones Industrial Average ETF Trust.

Afin de pouvoir comparer les rendements des fonds et des indices, j'ai pris en considération le bêta. Cet indicateur sera plus expliqué de manière plus détaillée par la suite.

Figure 12 : Beta des fonds

SPDR S&P 500 ETF Trust (SPY)	SPDR Dow Jones Industrial Average ETF Trust (DIA)
BETA	BETA
1.00	0.981
(IEXTrading, beta)	

Le bêta des fonds est de 1 ou très proche de 1. Cela signifie que les fonds ont presque la même volatilité que les indices. En d'autres termes, ces fonds répliquent les indices quasi parfaitement.

Sur IEX Trading, leur prix des fonds tels que les réplique du Dow Jones et le Standard & Poor's 500 ont un prix légèrement différent de celui des indices. Par exemple, le 14 mars 2019, à la clôture le Standard & Poor's 500 avait 2'808,59 points sur Google Finance. Sur IEX Trading, le fond qui réplique l'indice, avait 279,93 points. En le multipliant par 10 à l'aide de la macro, le fond a 2799,26 points soit une différence de 9,33 points. Le but du fond est de fournir des résultats d'investissements qui correspondent généralement au prix et rendement de l'indice du S&P 500 avant les charges. En ce qui concerne, le fond qui réplique le Dow Jones, je multiplie par 100 pour avoir plus de ressemblance avec cet indice. Le valeur des fonds est en centaine alors que le S&P500 et le Dow Jones est en millier. Cela permet aussi d'avoir plus de précision dans mes calculs, en effet, en multipliant, cela enlève les éventuels arrondis. C'est l'une des solution que j'ai trouvée pour utiliser des indices dans l'application. Avant de faire cette méthode, j'ai cherché s'il n'y aurait pas d'autres API qui me permettraient de récolter les données historiques des indices. La plupart des API gratuits ne mettent pas à disposition les indices.

3.1 Code de récolte de données et explications

En ce qui concerne l'importation des données, j'ai téléchargé le fichier VBA-JSON sur le web⁴. Ensuite, j'ai créé un nouveau module sur VBA pour importer le fichier JSON en format BAS.

```
Sub GetData()

Dim wdash As Worksheet
Dim wdata As Worksheet
Set wdash = Sheets("Dashboard")
Set wdata = Sheets("Data")

Application.ScreenUpdating = False

'clear the previous data
Application.Sheets("Data").Select
Application.Sheets("Data").Range("a1:f1999").Clear
Application.Sheets("Data").Range("aj1:ao1999").Clear
```

Tout d'abord, j'ai créé deux variables « `wdash` » et « `wdata` » qui représentent deux feuilles de l'application, la feuille *Dashboard* et *Data*. Cette dernière contient toutes les données dont l'historique de l'action ainsi que tous les calculs. En ayant ces deux, cela permet de prendre des données de la feuille *Dashboard*, c'est-à-dire, les informations telles que le symbole et la durée qui sont aussi des variables. J'ai placé les données de l'historique de l'action sur la feuille *Data* pour ne pas prendre de la place sur le *Dashboard* pour avoir une meilleure lisibilité.

Ensuite, lorsqu'on importe une nouvelle fois les données historiques, les cellules qui contiennent les données précédentes seront supprimées et laissent place aux nouvelles données historiques.

Le *ScreenUpdating* permet de désactiver la mise à jour de l'écran et accélérer la macro. De cette manière, on ne voit pas ce que fait la macro et cela évite de montrer la feuille *Data* lorsque la macro importe les données sur cette feuille.

⁴ GitHub, VBA tools, VBA JSON

Les variables « symbol » et « thedate » prennent les valeurs qui sont dans les cellules i7 et i8 de la page *Dashboard*. La première correspond au *ticker* de l'action et la deuxième à la durée de la période.

```
'Variable symbol and the date
Dim symbol As String
Dim thedate As String

symbol = wdash.Range("i7").Value
thedate = wdash.Range("i8").Value

'Array the column hear
Dim myarray As Variant
Dim arrSize As Integer
myarray = Array("date", "open", "high", "low", "close", "volume")
arrSize = UBound(myarray) - LBound(myarray) + 1
```

La variable « myarray » permet de choisir les données que je souhaite importer. Les données qui sont les plus pertinentes sont : la date, le prix d'ouverture, le prix de clôture, le prix le plus élevé et le plus bas de la journée et le volume.

La fonction UBound est utilisée avec la fonction LBound afin de déterminer la taille du tableau. La fonction LBound permet de rechercher la limite inférieure de la dimension du tableau.

```
Dim rngTarget As Range
Set rngTarget = wdata.Range(Cells(1, 1), Cells(1, arrSize))
rngTarget = myarray

Url = "https://api.iextrading.com/1.0/stock/" & symbol & "/chart/" & thedate &

'send the request
Set myrequest = CreateObject("WinHttp.WinHttpRequest.5.1")
myrequest.Open "Get", Url
myrequest.Send

'Parse JSON
Dim Json As Object
Set Json = JsonConverter.ParseJson(myrequest.responseText)
```

Sur le code ci-dessus, la variable « rngTarget » permet de placer le tableau à partir de la première cellule A1.

La variable « url » correspondant à l'url dans lequel, les valeurs des deux variables peuvent être modifiées à partir de la feuille de *Dashboard* comme expliqué précédemment. Ensuite, l'envoi de la requête se fait automatiquement lorsqu'on active la macro. Il est très important de noter « Get » sur le code puisqu'il permet d'obtenir les informations en envoyant une requête. Le « http » qui permet de récolter l'historique des actions est représenté de la manière suivante :

/stock/{symbol}/chart/{range}⁵

À partir du 1^{er} juin 2019, IEX Group ne fournira plus les informations concernant l'historique des données, cependant elles seront disponibles sur IEX Cloud, une nouvelle plateforme de IEX Group, qui est séparée de Exchange.

```

'get numbers of objects in array

Dim arrayLen As Integer
arrayLen = Json.Count

'loop through elements
Dim element As Variant
Dim a, b, c As Integer

c = 2
b = 1
a = 1

While a < arrayLen + 1
For Each element In myarray
    wdata.Cells(c, b).Value = Json(a)(element)
    b = b + 1
Next element

    b = 1
    a = a + 1
    c = c + 1

Wend

```

À propos de la description et du fonctionnement de JSON, les explications plus détaillées sont faites par la suite. Dans le but de placer correctement les données sur Excel, la boucle « While » et les variables « b » et « c » permettent de décaler les données d'une colonne et de sauter une ligne. Cette boucle permet de sauter de ligne à chaque fois que les données des catégories sont remplies. En ce qui concerne le code de l'indice, c'est exactement le même, la seule différence c'est l'emplacement de l'historique sur la feuille *Data*.

3.2 JSON

Afin d'exporter les données sur Excel, j'ai dû télécharger JSON, inventé par Douglas Crockfrod. Ce dernier est l'acronyme de « JavaScript Object Notation ». JSON, basé sur un sous-langage de programmation de JavaScript, est un format texte qui permet d'échanger des données structurées entre tous les langages de programmations. Il est indépendant de tous les langages de programmations tels que C++, Java, JavaScript, Python et encore d'autres. Ce format permet de stocker des informations et JSON a deux structures. La première est basée sur une collection de valeurs paires et de noms et la deuxième est une liste de valeurs qui est ordonnées, par exemple un tableau ou une suite.

Les structures de données de JSON peuvent se développer sur différentes formes par exemple :

- En objet
- En tableau
- En valeur
- Une chaîne de caractères

Pour importer correctement les données sur Excel, JSON est un combiné de tableaux et d'objets. L'objet de JSON commence et finit par des accolades. Les noms des catégories, c'est-à-dire le prix d'ouverture, de clôture, la date et leurs valeurs correspondantes sont séparés par deux points. Dans ce cas, chaque objet représente les données d'un seul jour. Les objets et les catégories sont séparés par une virgule. De plus, les noms des catégories sont entre guillemets. Le tableau de JSON contient simplement des données qui sont séparées par des virgules et le tableau commence et fini par des crochets.

Afin d'avoir une vue d'ensemble, un extrait des données historiques d'Apple, situé ci-dessous, est un combiné d'un tableau et des objets de JSON.

```
[{"date": "2018-05-21", "open": 185.1811, "high": 186.4321, "low": 184.108, "close": 184.8166, "volume": 18400787, "unadjustedVolume": 18400787, "change": 1.3002, "changePercent": 0.708, "vwap": 185.2575, "label": "May 21, 18", "changeOverTime": 0}, {"date": "2018-05-22", "open": 185.5505, "high": 186.0479, "low": 183.9794, "close": 184.3537, "volume": 15240704, "unadjustedVolume": 15240704, "change": -0.462953, "changePercent": -0.25, "vwap": 184.772, "label": "May 22, 18", "changeOverTime": -0.00250464514551177}]6
```

Afin de mieux déchiffrer les données, j'ai extrait l'historique des prix d'Apple et je l'ai copié sur JSON Editor Online⁷. Sur la liste à droite de l'image ci-dessous, le tableau contient 509 objets et les objets sont séparés par des accolades. Cela permet d'avoir une meilleure visualisation des données qui sont extraites à partir d'un url et la manière comment JSON fonctionne.

Figure 13 : Exemple JSON Editor Online

The screenshot shows the JSON Editor Online interface with a tree view of a JSON array. The array has 509 elements. The first element is expanded, showing its properties: date (2017-03-15), open (135.1803), high (136.4798), low (134.807), close (136.1985), volume (25691774), unadjustedVolume (25691774), change (1.4254), changePercent (1.058), vwap (135.7257), label (Mar 15, 17), and changeOverTime (0). Subsequent elements are shown as collapsed arrays of 12 items each.

JSON Editor Online, Apple

⁶ IEX Trading, Apple, 1 year
⁷ JSONEditorOnline

4. Application

Sur la feuille principale de l'application, appelée *Dashboard*, il y a un bouton « Get Data » qui permet de récolter les données historiques de l'action et celles de l'indice. En plus de la récolte de données, les graphiques des prix de ces derniers apparaissent en première page. L'action peut être choisie en fonction de l'indice sélectionné. Le S&P 500 est composé de 500 compagnies et le Dow Jones de 30 entreprises. L'action et l'indice peuvent être choisis à l'aide de la liste déroulante ou alors en écrivant les symboles des entreprises cotées ou des indices. Cependant, un message d'erreur apparaît si le symbole n'est pas disponible sur la liste déroulante ou lorsqu'il est mal orthographié. Concernant la période, la durée se limite à 6 choix, c'est-à-dire une période de 5, 2 et 1 ans et 6,3 et 1 mois.

Les paramètres des indicateurs peuvent être librement modifiés, par exemple, le nombre de jours des moyennes mobiles et du *relative strength index*. Cela dépendra de la stratégie de la personne, si elle préfère investir à court ou moyen terme. À côté de chaque indicateur, il y a un bouton de commande qui nous dirige vers d'autres feuilles qui contiennent des graphiques correspondant aux indicateurs. J'ai mis à disposition de cette manière pour avoir un graphique plus lisible afin de mieux l'analyser.

Le tableau des résultats sur l'application est représenté de la manière suivante :

Analyze			
Indicator	Data	Criteria	Result
Moving average			nothing
Volatility		Max	30,00% nothing
Money Flow Index			nothing
Max Drawdown		Max	-35,00% nothing
Value at risk	99%		400 nothing
Exp. Moving Avg.			nothing
MACD			nothing
RSI			nothing
Beta		Superior	1 nothing
Bollinger Bands			nothing
On Balance Volume			nothing

Le bouton « Analyze » calcule tous les indicateurs en appelant leurs macros. Ensuite, en fonction de certains critères choisis, il analyse et donne les résultats. Ces derniers indiquent s'il faut acheter ou vendre l'action. Le bouton « Info » fait apparaître les résultats des indicateurs.

En fonction des critères dont certains qui peuvent altérer, la macro calcule s'il faut acheter ou vendre l'action. Les critères qui peuvent être modifiés sont ceux de la volatilité, du *maximum drawdown*, la *value at risk* et le coefficient bêta.

Les moyennes mobiles et le MACD n'ont pas besoin de critères puisque c'est en fonction des courbes, c'est-à-dire, si la courbe rapide est au-dessus de la courbe lente, c'est un signal d'achat. Le MFI et le RSI sont déjà paramétrés, autrement dit, il y a un signal d'achat quand le RSI est en dessous de 30 et 20 pour le MFI. En ce qui concerne le critère de la *value at risk*, la valeur qui se situe à côté du résultat représente la valeur maximale qu'on tolère perdre. Si le résultat se trouve au-dessus du critère choisi, c'est un signal de vente. Le niveau de confiance de la *value at risk* peut être paramétré à 95% ou de 99% en fonction de l'analyse. Les critères de la volatilité et du *maximum drawdown* représentent la valeur maximum que l'on souhaite avoir.

4.1 Implémentation des indicateurs financiers sur VBA

La majorité des indicateurs que j'ai choisi sont très utilisés dans l'analyse technique. Des boutons de commandes sont mis à disposition qui permettent d'activer un indicateur. Il sera alors dirigé sur une autre feuille pour voir le graphique de l'indicateur. Je pense qu'il est plus judicieux de mettre un graphique dans chaque feuille parce que certains graphiques sont illisibles lorsqu'ils sont petits et il cacherait certains boutons de commandes sur la feuille de *Dashboard*. J'ai trouvé que c'est plus pratique que chaque graphique soit dans une feuille différente. Toutes les données ainsi que les calculs des indicateurs sont disponibles sur la feuille *Data* sur Excel.

4.1.1 Moyennes mobiles

Pour implémenter la moyenne mobile et les autres indicateurs sur VBA, j'ai utilisé une boucle qui permet de calculer la moyenne à partir de la durée choisie jusqu'au dernier jour. Dans le code ci-dessous, il y a la moyenne mobile rapide. La variable « rng » correspond à la colonne des prix de clôtures. La variable « mafastminus » est la valeur qui est paramétrée dans les moyennes mobiles.

Code VBA :

```
'Moving average fast
For i = mafastplus To lastrow
    Set rng = wdata.Range(wdata.Cells(i - mafastminus, 5), wdata.Cells(i, 5))
    wdata.Cells(i, 9) = Application.Average(rng)
Next
```

4.1.2 Moyennes mobiles exponentielles

Pour créer cette macro, j'ai procédé de la même manière que la moyenne mobile, j'ai changé simplement la formule mathématique. Je me suis basé sur formule suivante :

$$(\text{Prix}_i * 2 / \text{durée}) + (\text{EMA}_{i-1} * (1 - (2 / \text{durée})))$$

Code VBA :

```
'EMA fast
For i = emafastplus To lastrow
    wdata.Cells(i, 28) = (wdata.Cells(i - 1, 5) * 2 / (emafastplus)) + ((wdata.Cells(i - 1,
28) * (1 - (2 / emafastplus))))
```

4.1.3 Convergence et divergence des moyennes mobiles

Tout d'abord, j'ai commencé par calculer la « EMA fast » et la « EMA low » qui sont des moyennes mobiles exponentielles. Ensuite, sur la colonne suivante, j'ai calculé le MACD en faisant la soustraction entre la « EMA fast » et la « EMA low ». Enfin, le signal est tout simplement la moyenne mobile exponentielle du MACD. Chaque formule correspond à une colonne. Pour le signal, je me suis basé sur la moyenne mobile exponentielle lente parce que c'est à partir de la première ligne de cette moyenne que le MACD est calculé.

Code VBA :

```
'EMA Fast
For i = macdfastplus To lastrow
    wdata.Cells(i, 30) = (wdata.Cells(i - 1, 5) * 2 / (macdfastplus)) + ((wdata.Cells(i - 1, 30)
    * (1 - (2 / macdfastplus))))
Next i

'EMA low
day2 = macdlow
    For i = macdlowplus To lastrow
        wdata.Cells(i, 31) = (wdata.Cells(i - 1, 5) * 2 / (macdlowplus)) + ((wdata.Cells(i - 1,
        31) * (1 - (2 / macdlowplus))))
    Next i

'MACD
For i = 2 To lastrow
If wdata.Cells(i, 30) = "" Or wdata.Cells(i, 31) = "" Then
    wdata.Cells(i, 32) = ""
Else
    wdata.Cells(i, 32) = wdata.Cells(i, 30) - wdata.Cells(i, 31)
End If
Next i

'Signal
oneday2 = wdash.[O15]
t = day2 + oneday2 - 1
Z = 0
For i = day2 To day2 + oneday2 - 1
    Z = wdata.Cells(i, 32) + Z
Next i
wdata.Cells(t, 33) = Z / oneday2

signal = wdata.[O15]
result = signal + day2

    For i = result To lastrow
        wdata.Cells(i, 33) = (wdata.Cells(i, 32) * 2 / wdash.[O15]) + (wdata.Cells(i - 1, 33)
        * (1 - (2 / wdash.[O15])))
    Next i
```

4.1.4 Value at risk

J'ai commencé par calculer la moyenne et l'écart-type des prix de l'action. Pour obtenir l'alpha, j'ai soustrais le niveau de confiance par 1. Ensuite, j'ai utilisé la formule de la loi normale pour calculer Z à l'aide de la fonction « Function.Norm_S ». Pour le calcul de la value at risk, je me suis basé sur le cours de Monsieur François Duc.

VaR = moyenne + écart-type * Z.

Pour obtenir la valeur en dollars, j'ai multiplié la value at risk par le montant du portefeuille.

Code VBA :

```
'average return  
wrisk.[B4] = WorksheetFunction.Average(wdata.Range("P2:P2000"))  
'stdv.s  
wrisk.[B5] = WorksheetFunction.StDev(wdata.Range("P2:P2000"))  
'confidence level  
wrisk.[b6] = wdash.[b10]  
'alpha  
wrisk.[B7] = (1 - wrisk.[b6])  
'normal distribution  
wrisk.[B8] = (Application.WorksheetFunction.Norm_S_Inv(wrisk.Cells(7, 2)))
```

```
'VaR  
var = (wrisk.[B4] + wrisk.[B5] * wrisk.[B8])  
wrisk.[b10] = -(var)
```

'Value at risk in dollar

```
wrisk.[B11] = wrisk.[b10] * wrisk.[B3]
```

4.1.5 Volatilité

Pour calculer la volatilité, j'ai utilisé la formule de l'écart-type. Afin de calculer la volatilité annuelle, j'ai multiplié la valeur par la racine carrée de 250 et pour la volatilité mensuelle par 20.

Code VBA :

```
'return  
For i = 3 To lastrow  
    wdata.Cells(i, 16) = (wdata.Cells(i, 5) - wdata.Cells(i - 1, 5)) / wdata.Cells(i - 1, 5)  
Next i  
wvol.[D1] = WorksheetFunction.StDev(wdata.Range("P3:P2000")) * 250 ^ 0.5  
wvol.[D2] = WorksheetFunction.StDev(wdata.Range("P3:P2000")) * 20 ^ 0.5  
wvol.[D3] = WorksheetFunction.StDev(wdata.Range("P3:P2000"))
```

4.1.6 Coefficient bêta

Le coefficient bêta est basé sur les rendements de l'action et de l'indice. Après, j'ai utilisé la formule *slope*. L'axe des abscisses représente les rendements de l'action et l'axe des ordonnées correspond aux rendements de l'indice.

Code VBA :

```
'Return stock  
For i = 3 To lastrow  
    wdata.Cells(i, 16) = (wdata.Cells(i, 5) - wdata.Cells(i - 1, 5)) / wdata.Cells(i - 1, 5)  
    Next i  
  
'Return market  
For i = 3 To lastrow1  
    wdata.Cells(i, 53) = (wdata.Cells(i, 40) - wdata.Cells(i - 1, 40)) / wdata.Cells(i - 1, 40)  
    Next i  
  
'copy data of the column  
wdata.Range("AZ2:AZ2000").Value = wdata.Range("P2:P2000").Value  
  
'Slope (x, y)  
Set x = wdata.Range("AZ3:AZ" & lastrow)  
Set y = wdata.Range("BA3:BA" & lastrow)
```

4.1.7 Maximum Drawdown

C'est le seul indicateur que j'ai calculé à l'aide de l'enregistrement macro. Pour calculer le maximum drawdown, je divise le prix de clôture par le prix maximal qui précède ce prix de clôture et je soustrais par 1 le résultat.

Code VBA :

```
Range("Y3").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-24]=""", "", RC[-20]/MAX(R2C5:RC5)-1)"  
Range("Y3").Select  
Selection.AutoFill Destination:=Range("Y3:Y2025")  
Range("Y3:Y2025").Select  
Application.ScreenUpdating = True
```

4.1.8 Relative strength index

Si le rendement journalier est supérieur à 0 alors je transpose le rendement positif dans la colonne *upward movement* et s'il est inférieur à 0 dans la colonne *downward movement*. En fonction de la période choisie, je calcule la moyenne exponentielle des deux colonnes que je reporte sur deux autres colonnes. *Relative strength* est une division entre ces deux dernières colonnes. Pour la dernière colonne RSI , je l'ai calculé en utilisant la formule suivante :

$$100 - \frac{100}{(\text{Relative Strength} + 1)}$$

'Upward movement

For i = 3 To lastrow

```
If wdata.Cells(i, 16) > 0 Then  
    wdata.Cells(i, 45) = wdata.Cells(i, 16)  
Else  
    wdata.Cells(i, 45) = 0  
End If  
Next i
```

'Downward Movement

For i = 3 To lastrow

```
If wdata.Cells(i, 16) < 0 Then  
    wdata.Cells(i, 46) = -(wdata.Cells(i, 16))  
Else  
    wdata.Cells(i, 46) = 0  
End If  
Next i
```

'Average (upward movement)

x = 0

```
For i = 3 To day + 2  
    x = wdata.Cells(i, 45) + x  
Next i
```

wdata.Cells(day + 2, 47) = x / day

'Average (downward movement)

y = 0

```
For i = 3 To day + 2  
    y = wdata.Cells(i, 46) + y  
Next i
```

wdata.Cells(day + 2, 48) = y / day

'EMA upward and downward movement

```

For i = day + 3 To lastrow1
    wdata.Cells(i, 47) = ((wdata.Cells(i - 1, 47) * (day2) + wdata.Cells(i, 45)) / day)
    wdata.Cells(i, 48) = ((wdata.Cells(i - 1, 48) * (day2) + wdata.Cells(i, 46)) / day)
Next i

'Relative Strength
For i = day + 2 To lastrow
    wdata.Cells(i, 49) = wdata.Cells(i, 47) / wdata.Cells(i, 48)
Next i

'RSI
For i = day + 2 To lastrow1
    wdata.Cells(i, 50) = 100 - 100 / (wdata.Cells(i, 49) + 1)
Next i

```

4.1.9 Money flow index

La première colonne *typical price* représente la moyenne des prix hauts, bas et de clôtures. La deuxième colonne *raw money flow* est une multiplication du volume et *typical price*. Pour les deux colonnes suivantes *gains* et *losses*, quand le prix est supérieur au prix précédent, je reporte le *typical price* dans la colonne *gains* et inversement. Ensuite, je calcule une moyenne mobile de la colonne *gains* et *losses* puis je divise moyenne la moyenne des pertes par la moyenne des gains. Pour finir, le formule du MFI est la même que le RSI.

Code VBA :

```

'Typical price

For i = 2 To lastrow

    wdata.Cells(i, 60) = (wdata.Cells(i, 3) + wdata.Cells(i, 4) + wdata.Cells(i, 5)) / 3

Next i

'Raw money flow
For i = 2 To lastrow
    wdata.Cells(i, 61) = wdata.Cells(i, 60) * wdata.Cells(i, 6)
Next i

'Gain
For i = 3 To lastrow
    If wdata.Cells(i, 5) > wdata.Cells(i - 1, 5) Then
        wdata.Cells(i, 62) = wdata.Cells(i, 61)
    Else
        wdata.Cells(i, 62) = 0
    End If

```

Next i

'Losses

For i = 3 To lastrow

If wdata.Cells(i, 5) < wdata.Cells(i - 1, 5) Then

wdata.Cells(i, 63) = wdata.Cells(i, 61)

Else

wdata.Cells(i, 63) = 0

End If

Next i

'Sum of gains

For i = mfiplusplus To lastrow

Set rng = wdata.Range(wdata.Cells(i - mfiminus, 62), wdata.Cells(i, 62))

wdata.Cells(i, 64) = Application.Average(rng)

Next

'Sum of losses

For i = mfiplusplus To lastrow

Set rng = wdata.Range(wdata.Cells(i - mfiminus, 63), wdata.Cells(i, 63))

wdata.Cells(i, 65) = Application.Average(rng)

Next

'MF

For i = mfiplusplus To lastrow

wdata.Cells(i, 66) = wdata.Cells(i, 64) / wdata.Cells(i, 65)

Next

'MFI

For i = mfiplusplus To lastrow

wdata.Cells(i, 67) = 100 - 100 / (1 + wdata.Cells(i, 66))

Next

4.1.10 Bandes de Bollinger

J'ai tout d'abord calculé une moyenne mobile des prix de clôture sur 20 jours, ensuite, pour les bandes supérieure et inférieure, j'ai additionné et soustrait la moyenne mobile par l'écart-type. La distance des bandes peuvent être modifiée en multipliant par le chiffre qui est sur la feuille *Dashboard*.

Code VBA :

```
'moving average 20 days  
For i = 21 To lastrow  
    wdata.Cells(i, 13) = Application.WorksheetFunction.Average(Range(wdata.Cells(i, 5),  
        wdata.Cells(i - 20, 5)))  
    Next i  
  
'standard deviation  
For i = 21 To lastrow  
  
    wdata.Cells(i, 14) = wdata.Cells(i, 13) +  
        Application.WorksheetFunction.StDev_S(Range(wdata.Cells(i, 5), wdata.Cells(i - 20,  
            5))) * wdash.[L4]  
    wdata.Cells(i, 15) = wdata.Cells(i, 13) -  
        Application.WorksheetFunction.StDev_S(Range(wdata.Cells(i, 5), wdata.Cells(i - 20,  
            5))) * wdash.[L4]
```

4.1.11 On Balance Volume

Si le prix est supérieur au prix précédent alors on additionne le précédent OBV par le volume actuel et si le prix est inférieur on soustrait l'OBV précédent par le volume actuel.

Code VBA :

For i = 3 To lastrow

```
If wdata.Cells(i, 5) > wdata.Cells(i - 1, 5) Then  
    wdata.Cells(i, 90) = wdata.Cells(i - 1, 90) + wdata.Cells(i, 6)  
Else  
    wdata.Cells(i, 90) = wdata.Cells(i - 1, 90) - wdata.Cells(i, 6)  
End If
```

Next i

5. Résultats obtenus

Afin de vérifier la fiabilité des indicateurs, j'ai fait une simulation de l'application sur Excel. Pour cette expérience, j'ai décidé de prendre l'action Apple sur une période d'environ 1 an et demi. Pour ce faire, j'ai récolté des données historiques de 2 ans d'Apple et j'ai effacé les dates à partir du 4 janvier 2019 jusqu'à la date la plus récente parce que le 3 janvier 2019, c'est la date à laquelle le cours d'Apple a été le plus bas. Le prix était de 141.03 dollars. C'est une façon de voir si les indicateurs sont assez fiables ou non puisque Le graphique suivant représente le cours d'Apple entre le 22 mai 2017 et le 3 janvier 2019.



Pour analyser l'historique des prix d'Apple, j'ai paramétré les indicateurs de la façon suivante. Les moyennes mobiles et les moyennes mobiles exponentielles sont de 20 et 50 jours. J'ai choisi la durée par défaut de 14 jours pour les indicateurs RSI et MFI. Quant à l'indicateur MACD, j'ai aussi choisi des valeurs qui sont les plus utilisées par les analystes techniques, c'est-à-dire un signal de 9 jours et les moyennes mobiles exponentielles de 12 et 26 jours.

Bollinger Bands	View	Moving Average	View	Volatility	View
Standard deviation	2	Number of days	20		
		Number of days	50		
Maximum Drawdown	View	Relative Strength Index	View	Moving Average Exp.	View
		Number of days	14		
On Balance Volume	View			Number of days	20
				Number of days	50
Value at risk	View	MACD	View	Money Flow Index	View
		Signal	9		
		Fast MACD	12		
		Lower MACD	26	Number of days	14

Les résultats sont les suivants :

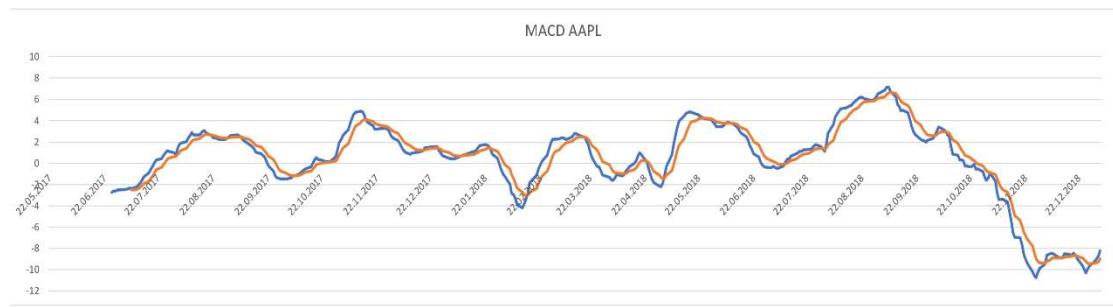
		Analyze	Info
Indicator	Data	Criteria	Result
Moving average			sell
Volatility		Max	30,00% buy
Money Flow Index			nothing
Max Drawdown		Max	-35,00% sell
Value at risk	99%		400 buy
Exp. Moving Avg.			sell
MACD			buy
RSI			buy
Beta		Superior	1 buy

Nous remarquons que les moyennes mobiles et les moyennes mobiles exponentielles ont un résultat négatif parce qu'elles montrent une tendance baissière. Nous pouvons voir cela à l'aide des tableaux des deux indicateurs.



Les graphiques ci-dessus montrent une tendance baissière parce que la courbe la plus lente est supérieure à la courbe la plus rapide. Les deux graphiques ont approximativement les mêmes courbes.

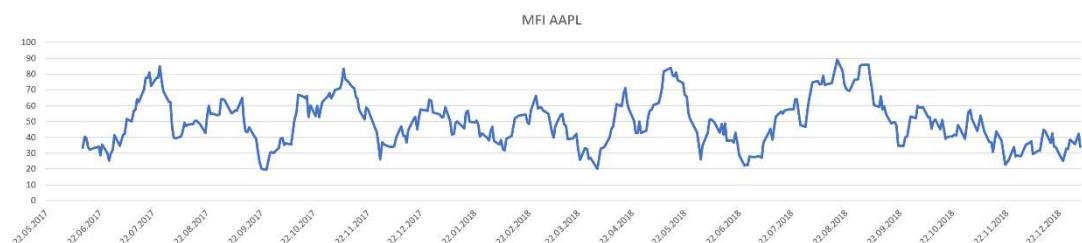
Cependant, le résultat de l'indicateur MACD indique un signal d'achat puisque c'est un signal d'achat lorsque la courbe du MACD est supérieure à celle du signal. Quelques jours avant, il y a eu un croisement entre ces deux courbes, cela se traduit par un retournement de tendance.



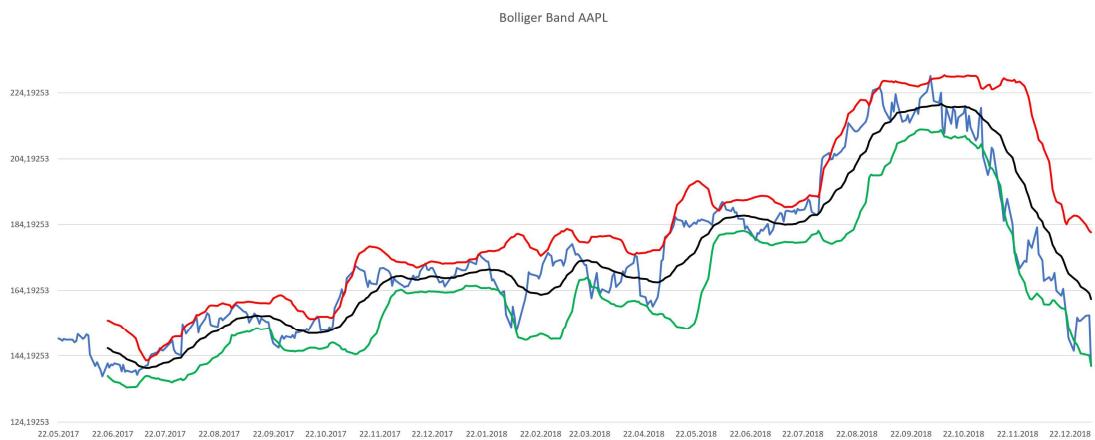
Durant cette période, nous constatons que la volatilité est moyennement élevée. Elle est d'environ 26% annuellement. Cela représente un risque élevé. Je ne prends pas compte l'indicateur *maximum drawdown* parce que j'ai choisi volontairement la date à laquelle le prix d'Apple était au plus bas pour vérifier le comportement des indicateurs.

Le résultat de l'indicateur RSI indique un signal d'achat puisqu'il se trouve en dessous de 30. C'est très positif parce que selon cet outil, l'action est survendue. Cela indique que le cours de l'action va potentiellement prendre de la valeur.

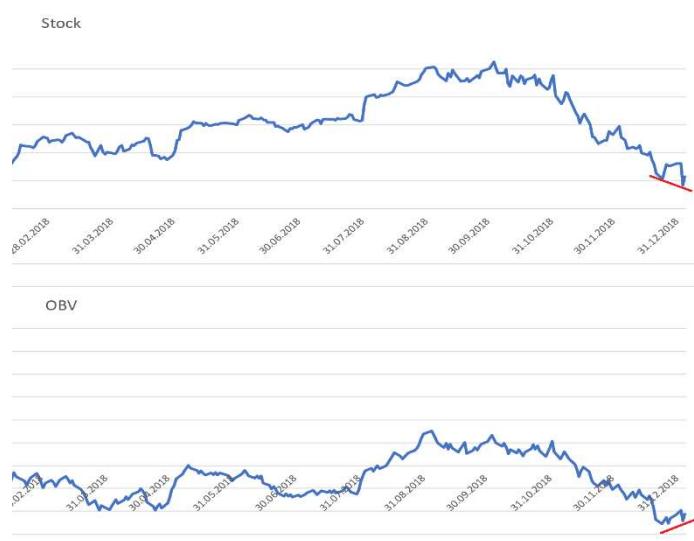
En ce qui concerne le *money flow index*, le résultat n'est pas très satisfaisant parce que la courbe n'est pas passée en dessous de la barre des 20. Cela ne nous indique pas vraiment si l'action est survendue. Cependant, sur le graphique ci-dessous, la courbe du MFI est en descente depuis septembre jusqu'en janvier, cela peut indiquer une phase de relâchement de la part des acheteurs.



D'après le résultat de la *value at risk*, j'ai 1% de perdre plus de 391.71 francs suisses, comme pour la volatilité, cela démontre que c'est un actif risqué.



Sur le graphique ci-dessus qui représente les bandes de Bollinger, nous remarquons que depuis que le cours d'Apple a chuté les bandes supérieure et inférieure se sont éloignées l'une de l'autre. Il y a une plus grande volatilité sur cette zone. Lorsque la courbe touche une des bandes, le prix, il y a un retournement de tendance et la courbe cherchera à toucher l'autre bande. Le 3 janvier 2019, le cours d'Apple a touché la bande inférieure et peut probablement augmenter dans les prochains jours parce que 95% des prix se situent entre les deux bandes. Il est très rare que le cours soit à l'extérieur des bandes.



Sur les deux graphiques ci-dessus, nous remarquons que la courbe OBV ne suit pas le cours des prix de clôtures d'Apple puisque la courbe OBV est à la hausse contrairement à la courbe des prix. Il est probable qu'il y ait un retournement de tendance.

Pour conclure, d'après mes analyses, j'estime que l'action d'Apple peut probablement monter. Il y a en effet une majorité d'indicateurs qui révèlent un résultat assez positif pour l'achat de l'action. Toutefois, je reste dubitatif sur l'achat de cette action parce que je ne sais pas si la valeur de l'action peut encore baisser. C'est aussi un actif financier assez risqué puisqu'il a aussi un coefficient bêta qui est supérieur à 1, c'est-à-dire qu'il est plus volatile que le marché. D'après les résultats, l'action est dans une phase très volatile, cependant, il y a des indicateurs qui montrent une phase de retournement. Je suis convaincu par les perspectives haussières du cours d'Apple. Afin de réduire le risque, je serai tenté par placer un *stop loss*. Je placerai le *stop loss* au prix de 137 dollars pour perdre au maximum 4% de mon capital investi. Le *stop loss* est le niveau de prix auquel je préfère fermer ma position en cas de perte.

6. Points d'amélioration possibles

Un des points que je pourrai améliorer sur l'application, c'est tout d'abord d'offrir plus d'indicateurs pour analyser au mieux les prix historiques. L'indicateur stochastique pourrait éventuellement améliorer l'analyse de l'action. C'est un indicateur borné entre 0 et 100 comme le RSI et le MFI. Il permet aussi de savoir si l'action est surachetée ou survendue. J'aurais complété avec un autre indicateur qui est complémentaire de l'oscillateur stochastique, c'est le %R de Williams parce que cela permet de renforcer l'analyse de l'oscillateur en comparant avec les deux graphiques.

De plus, l'ajout d'un ETF qui réplique l'indice Russell 2000 serait pertinent puisque cet indice comprend 2000 entreprises à petite capitalisation. Cela permet d'accroître la liste des actions disponibles sur l'application, en effet, les actions qui constituent l'indice Russell 2000 ne sont pas disponibles dans les indices du Standard & Poor's 500 et Dow Jones. Cela permettrait d'analyser des entreprises qui ont des caractéristiques différentes de celles du S&P 500 ou Dow Jones. Les spécificités de ce type d'entreprises, c'est leur volatilité et leur rendement qui sont plus élevés que les entreprises à grande capitalisation, ce qui les rend plus risquées. D'ailleurs, elles sont aussi moins liquides.

En outre, un autre point d'amélioration de l'application, c'est d'ajouter une pop-up qui recommande certains paramètres lorsqu'on choisit si on veut investir sur le court, moyen ou long terme. Ce message pourrait afficher le nombre de jours pour les moyennes mobiles en fonction de la durée d'investissement souhaitée. Il serait également souhaitable d'utiliser un bouton de commande qui mettrait les données des paramètres par défaut ou sauvegarderait les données que l'on aimera utiliser. Cela permet de garder en mémoire les paramètres des différents indicateurs.

Il serait aussi judicieux voire attractif d'ajouter des couleurs sur les lignes dans les graphiques de certains indicateurs notamment ceux du RSI afin d'avoir une meilleure lisibilité.

Pour les indicateurs OBV et RSI, il serait pertinent d'ajouter des niveaux de supports et de résistances pour apporter une meilleure lecture du graphique dans le but de mieux comprendre le comportement des acheteurs et des vendeurs.

Conclusion

Ce travail a pour objectif de prendre une décision sur l'investissement des actions à l'aide de différents indicateurs les plus pertinents. Grâce à la flexibilité du code sur VBA, j'ai pu implanter des indicateurs techniques pour les calculer. Un des grands avantages de l'application d'avoir des résultats des différents indicateurs.

L'interprétation des indicateurs dépendra de chaque investisseur, en effet, certains ont une préférence d'investir à court terme ou à moyen terme. L'application peut s'adapter à différents types d'investisseurs qui souhaitent spéculer puisque les paramètres peuvent être changés librement sur la page principale de l'application.

Je pense qu'il est plus judicieux de prendre en compte l'analyse fondamentale avant d'investir dans une action, c'est-à-dire d'analyser les résultats, la croissance et le taux de marge de l'entreprise. Il serait pertinent aussi de tenir compte son environnement et le marché en général afin d'avoir une meilleure vue d'ensemble. Il est possible que les indicateurs donnent des faux signaux. Analyser la situation de l'entreprise permet aussi de comprendre le comportements des courbes des prix.

En faisant ce travail, cela m'a permis de découvrir le monde de l'analyse technique et d'approfondir mes connaissances en VBA.

Bibliographie

Livres :

RIVA, Fabrice, 2008. *Applications Financières sous Excel en Visual Basic*. 3^{ème} édition. Paris : Economica. Techniques de Gestion. ISBN 978-271855906

SENGUPTA Chandan, 2004. *Financial Modeling using Excel and VBA*. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-26768-6

Fichiers PDF :

BENNET Colin et A. GIL Miguel, 2012. Measuring Historical Volatility. *Todaysgroep.nl* [en ligne]. 3 février 2012. [Consulté le 10 avril 2019]. Disponible à l'adresse : http://www.todaysgroep.nl/media/236846/measuring_historic_volatility.pdf

GRIMES Adam, 2012. A Deeper Look at Moving Averages and the MACD. *Onlinelibrary.wiley*. [en ligne]. 2012. [Consulté le 10 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781119202837.app2>

CARLSSON Jesper, 2017. Technical Analysis using Volume Profile. *Linclund.com* [en ligne]. 3 février 2012. [Consulté le 10 avril 2019]. Disponible à l'adresse : http://www.linclund.com/wp-content/uploads/2017/03/LINC_Articles_Final_version.pdf

Thèses, mémoires :

VAN DEN GOORBERGH R.W.J. and VLAAR P.J.G, 1999. *Value-at-Risk Analysis of Stock Returns: Historical Simulation, Variance Techniques or Tail Index Estimation?* Amsterdam : De Nederland Bank NV Econometric Research and Special Studies Department. Disponible à l'adresse : <https://ideas.repec.org/p/dnb/wormem/579.html>

PIROOZFAR Ghashang, 2009. *Forecasting Value at Risk with Historical and Filtered Historical Simulation Methods*, Suède: UPPSALA UNIVERSITET Disponible à l'adresse: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:300862/FULLTEXT01.pdf>

OSÓRIO João Pinto, 2010. *A Análise técnica e o mercado português : MACD E RSI*. Lisbonne : Instituto Universitário de Lisboa. Disponible à l'adresse : <https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/3593/1/JPO%20-%20Analise%20Tecnica%20e%20o%20Mercado%20Portugues%20-%20MACD%20e%20RSI.pdf>

Support de cours :

DUC, François, 2019. *Ch14- Value at Risk* [document PDF]. Support de cours : Cours « Pratique de la gestion du risque », Haute école de gestion de Genève, filière Economie d'entreprise, année académique 2018-2019

Site web :

Moving Average (MA). Investopedia [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.investopedia.com/terms/m/movingaverage.asp>

Money flow index. Fidelity [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.fidelity.com/learning-center/trading-investing/technical-analysis/technical-indicator-guide/MFI>

How is the exponential moving average (EMA) Formula Calculated. Investopedia [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.investopedia.com/ask/answers/122314/what-exponential-moving-average-ema-formula-and-how-ema-calculated.asp>

Value at risk. Investopedia [en ligne]. [Consulté le 9 mai 2019]. Disponible à l'adresse <https://www.investopedia.com/terms/v/var.asp>

Using Bollinger Bands to Gauge Trends. Investopedia [en ligne]. [Consulté le 15 avril 2019]. Disponible à l'adresse <https://www.investopedia.com/trading/using-bollinger-bands-to-gauge-trends/>

On Balance Volume (OBV). stockcharts [en ligne]. [Consulté le 9 avril 2019]. Disponible à l'adresse : https://stockcharts.com/school/doku.php?id=chart_school:technical_indicators:on_balance_volume_obv Drawdown Definition and Example. Investopedia [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.investopedia.com/terms/d/drawdown.asp>

Relative Strength Index (RSI). Investopedia [en ligne]. [Consulté le 9 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.investopedia.com/terms/r/rsi.asp>

Le maximum drawdown. Andill [en ligne]. [Consulté le 8 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.andlil.com/le-maximum-drawdown-277.html>

Money Flow Index – MFI Definition and Uses. Investopedia [en ligne]. [Consulté le 6 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.investopedia.com/terms/m/mfi.asp>

Moving average convergence divergence. Cafedelabourse [en ligne]. [Consulté le 5 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.cafedelabourse.com/lexique/definition/macd-moving-average-convergence-divergence>

Le trading à l'aide des bandes de Bollinger. IG [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.ig.com/fr-ch/strategies-de-trading/le-trading-a-l-aide-des-bandes-de-bollinger-190124>

Implied Volatility vs. Historical Volatility: What's the Difference?. Investopedia [en ligne]. [Consulté le 4 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.investopedia.com/articles/investing-strategy/071616/implied-vs-historical-volatility-main-differences.asp>

L'analyse de la volatilité. Stratégie-bourse [en ligne]. [Consulté le 15 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.strategie-bourse.com/analyse-volatilite.html>

Le beta. abcbsourse [en ligne]. [Consulté le 3 mai 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.abcbsourse.com/apprendre/19_beta.html

Introduction du coefficient bêta. andill [en ligne]. [Consulté le 13 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.andlil.com/introduction-du-coefficient-beta-144659.html>

La formule du drawdown maximum. Robeco [en ligne]. [Consulté le 1 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.robeco.com/fr/actualites/2018/04/la-formule-du-drawdown-maximum.html>

Qu'est-ce que le maximum drawdown. newtrading [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.newtrading.fr/maximum-drawdown/>

Max drawdown. Cafedelabourse [en ligne]. [Consulté le 12 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.cafedelabourse.com/lexique/definition/max-drawdown>

Moyennes mobiles. Zonebourse [en ligne]. [Consulté le 12 avril 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.zonebourse.com/formation/espace_pedagogique/Les-moyennes-mobiles-116/

Moyennes mobiles en bourse. Stratégie-bourse [en ligne]. [Consulté le 4 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.strategie-bourse.com/moyennes-mobiles.html>

MACD – analyse technique. abcOURSE [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.abcOURSE.com/apprendre/11_lecon3.html

Trader avec le MACD en bourse. admiralmarkets [en ligne]. [Consulté le 7 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://admiralmarkets.fr/formation/articles/indicateurs-forex/trader-avec-le-macd-bourse>

Value at risk. abcOURSE [en ligne]. [Consulté le 4 avril 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.abcOURSE.com/apprendre/19_value_at_risk.html

Risque de marché: la Value at Risk. abcOURSE [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.fimarkets.com/pages/value_at_risk.php

On Balance Volume. tradingsat [en ligne]. [Consulté le 5 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.tradingsat.com/lexique-boursier/definition-on-balance-volume-401.html>

On Balance Volume (OBV). Fidelity [en ligne]. [Consulté le 11 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.fidelity.com/learning-center/trading-investing/technical-analysis/technical-indicator-guide/obv>

Bollinger Bands. Stockcharts [en ligne]. [Consulté le 15 avril 2019]. Disponible à l'adresse :

https://stockcharts.com/school/doku.php?id=chart_school:technical_indicators:bollinger_bands

Bollinger Bands. Bollingersbands [en ligne]. [Consulté le 15 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.bollingerbands.com/bollinger-bands>

Relative Strength Index. Fidelity [en ligne]. [Consulté le 12 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.fidelity.com/learning-center/trading-investing/technical-analysis/technical-indicator-guide/RSI>

What is the RSI Indicator. Binance.vision [en ligne]. [Consulté le 15 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.binance.vision/economics/what-is-the-rsi-indicator>

Relative Strength Index. Commodity [en ligne]. [Consulté le 15 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://commodity.com/technical-analysis/relative-strength-index/>

Moving averages – simples and exponential. stockcharts [en ligne]. [Consulté le 23 avril 2019]. Disponible à l'adresse : https://stockcharts.com/school/doku.php?id=chart_school:technical_indicators:moving_averages

Exponential moving averages. Fidelity [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.fidelity.com/learning-center/trading-investing/technical-analysis/technical-indicator-guide/ema>

Beta. marketvolume [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.marketvolume.com/technicalanalysis/beta.asp>

Definition of Beta. Economic times [en ligne]. [Consulté le 7 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://economictimes.indiatimes.com/definition/beta>

Stock beta explained. Topstockresearch [en ligne]. [Consulté le 3 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <http://tutorials.topstockresearch.com/Beta/StockBetaExplained.html>

Qu'est que le maximum drawdown. Newtrading [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.newtrading.fr/maximum-drawdown/>

Money flow index. stockcharts [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2019]. Disponible à l'adresse :

https://stockcharts.com/school/doku.php?id=chart_school:technical_indicators:money_flow_index_mfi

Annexe 1 : Codes VBA moyennes mobiles

```
Sub MovingAverage1()

    'calculate the moving average

    Dim i As Integer, n As Integer
    Dim wdata As Worksheet
    Dim wdash As Worksheet

    Dim lastrow As Long, l As Long
    Dim rng As Range

    'moving average variable
    Dim mafastminus As Double
    Dim mafastplus As Double
    Dim malowminus As Double
    Dim malowplus As Double

    Application.ScreenUpdating = False

    Set wdata = Worksheets("Data")
    Set wdash = Worksheets("Dashboard")

    'clear data
    wdata.Range("I2:J1999").Clear

    'moving average copy data
    wdata.[L5] = wdash.[O5]
    wdata.[L4] = wdash.[O4]
    mafastminus = wdata.[L4] - 1
    malowminus = wdata.[L5] - 1
    malowplus = wdata.[L5] + 1
    mafastplus = wdata.[L4] + 1

    lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, 5).End(xlUp).row

    'Moving average fast
    For i = mafastplus To lastrow
        Set rng = wdata.Range(wdata.Cells(i - mafastminus, 5), wdata.Cells(i, 5))
        wdata.Cells(i, 9) = Application.Average(rng)
    Next

    'Moving average low
    For i = malowplus To lastrow
        Set rng = wdata.Range(wdata.Cells(i - malowminus, 5), wdata.Cells(i, 5))
        wdata.Cells(i, 10) = Application.Average(rng)
    Next
```

Annexe 2 : Codes VBA moyennes mobiles exponentielles

```
Sub ExpMovingAvg1()

    Dim lastrow As Integer
    Dim wdata As Worksheet
    Dim wdash As Worksheet
    Dim i As Integer
    Dim rng As Range
    Dim day As Double
    Dim day2 As Double
    Dim oneday As Double
    Dim oneday1 As Double
    Set wdata = Sheets("Data")
    Set wdash = Sheets("Dashboard")

    'exp moving average variable

    Dim emafastplus As Double
    Dim emalowplus As Double

    wdata.Range("AB2:AC1999").Clear

    'exp. moving average
    wdata.[I13] = wdash.[R9]
    wdata.[L14] = wdash.[R10]
    emafastplus = wdata.[I13] + 1
    emalowplus = wdata.[L14] + 1

    lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, 5).End(xlUp).row

    Application.ScreenUpdating = False
    'Average fast
    oneday = wdata.[I13]
    x = 0
        For i = 2 To oneday + 1
            x = wdata.Cells(i, 5) + x
        Next i
    wdata.Cells(oneday, 28) = x / oneday

    'EMA fast
    day = wdata.[I13]
        For i = emafastplus To lastrow
            wdata.Cells(i, 28) = (wdata.Cells(i - 1, 5) * 2 / (emafastplus)) + ((wdata.Cells(i - 1, 28) * (1 - (2 / emafastplus))))
        Next i

    'second way
```

```
'wdata.Cells(i, 28) = (wdata.Cells(i - 1, 5) * (2 / (1 + (emafastplus)))) +  
(wdata.Cells(i - 1, 28) * (1 - (2 / (1 + (emafastplus)))))  
Next i
```

```
'Average low  
oneday1 = wdata.[L14]  
y = 0
```

```
For i = 2 To oneday1 + 1  
    y = wdata.Cells(i, 5) + y  
Next i
```

```
wdata.Cells(oneday1, 29) = y / oneday1
```

```
'EMA low  
day2 = wdata.[L14]
```

```
For i = emalowplus To lastrow
```

```
wdata.Cells(i, 29) = (wdata.Cells(i - 1, 5) * 2 / (emalowplus)) + ((wdata.Cells(i - 1,  
29) * (1 - (2 / emalowplus))))
```

```
'second way  
'wdata.Cells(i, 29) = (wdata.Cells(i - 1, 5) * (2 / (1 + (emalowplus)))) +  
(wdata.Cells(i - 1, 29) * (1 - (2 / (1 + (emalowplus)))))  
Next i
```

```
day = 0  
day2 = 0
```

Annexe 3 : Codes VBA MACD

```
Sub MACD1()

Dim lastrow As Integer
Dim wdata As Worksheet
Dim wdash As Worksheet
Dim i As Integer
Dim rng As Range
Dim day As Double
Dim day2 As Double
Dim signal As Double
Dim result As Double
Dim oneday As Double
Dim oneday1 As Double
Dim oneday2 As Double
Set wdata = Sheets("Data")
Set wdash = Sheets("Dashboard")

Application.ScreenUpdating = False

wdata.Range("AD2:AG2000").Clear

'MACD variable

Dim macdfastplus As Double
Dim macdlowplus As Double

'signal
wdata.[L10] = wdash.[O15]

'MACD
wdata.[L20] = wdash.[O16]
wdata.[L21] = wdash.[O17]
macdfastplus = wdata.[L20] + 1
macdlowplus = wdata.[L21] + 1

lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, 5).End(xlUp).row

'average
oneday = wdata.[L20]
x = 0
For i = 2 To oneday + 1

x = wdata.Cells(i, 5) + x

Next i

wdata.Cells(oneday, 30) = x / oneday
```

```

'EMA Fast
day = wdata.[L20]

For i = wdata.[L22] To lastrow
wdata.Cells(i, 30) = (wdata.Cells(i - 1, 5) * 2 / (macdfastplus)) + ((wdata.Cells(i - 1, 30)
* (1 - (2 / macdfastplus))))
Next i

'average
oneday1 = wdata.[L21]
y = 0
For i = 2 To oneday1 + 1
    y = wdata.Cells(i, 5) + y
Next i

wdata.Cells(oneday1, 31) = y / oneday1

'EMA low
day2 = wdata.[L21]
For i = macdlowplus To lastrow
    wdata.Cells(i, 31) = (wdata.Cells(i - 1, 5) * 2 / (macdlowplus)) + ((wdata.Cells(i - 1,
31) * (1 - (2 / macdlowplus))))
Next i

'MACD
For i = 2 To lastrow
If wdata.Cells(i, 30) = "" Or wdata.Cells(i, 31) = "" Then
    wdata.Cells(i, 32) = ""
Else
    wdata.Cells(i, 32) = wdata.Cells(i, 30) - wdata.Cells(i, 31)
End If
Next i

'Signal
oneday2 = wdata.[L10]
t = day2 + oneday2 - 1

Z = 0
For i = day2 To day2 + oneday2 - 1

    Z = wdata.Cells(i, 32) + Z

Next i

wdata.Cells(t, 33) = Z / oneday2

signal = wdata.[L10]

result = signal + day2

lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, 5).End(xlUp).row
For i = result To lastrow
    wdata.Cells(i, 33) = (wdata.Cells(i, 32) * 2 / wdata.[L10]) + (wdata.Cells(i - 1, 33) *
(1 - (2 / wdata.[L10])))
Next i

```

Annexe 4 : Codes VBA bêta

```
Sub beta1()
    Dim lastrow As Long
    Dim wdata As Worksheet
    Set wdata = Worksheets("Data")
    Dim x As Range
    Dim y As Range

    'clear data
    Sheets("Data").Range("P2:P2000").Clear
    Sheets("Data").Range("AZ2:BA2000").Clear

    lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, "E").End(xlUp).row

    'Return stock
    For i = 3 To lastrow
        wdata.Cells(i, 16) = (wdata.Cells(i, 5) - wdata.Cells(i - 1, 5)) / wdata.Cells(i - 1, 5)
    Next i

    lastrow1 = wdata.Cells(Rows.Count, "AN").End(xlUp).row

    'Return market
    For i = 3 To lastrow1
        wdata.Cells(i, 53) = (wdata.Cells(i, 40) - wdata.Cells(i - 1, 40)) / wdata.Cells(i - 1, 40)
    Next i

    'copy data of the column
    wdata.Range("AZ2:AZ2000").Value = wdata.Range("P2:P2000").Value

    'Slope (x, y)
    Set x = wdata.Range("AZ3:AZ" & lastrow)
    Set y = wdata.Range("BA3:BA" & lastrow)

    wdata.Cells(2, 54) = Application.WorksheetFunction.Slope(x, y)
```

Annexe 5 : Codes VBA RSI

```
Sub RelativeSI()
    Dim lastrow As Long
    Dim i As Long
    Dim wdata As Worksheet
    Dim wdash As Worksheet
    Set wdash = Sheets("Dashboard")
    Set wdata = Sheets("Data")
    Dim day As Double
    Dim day2 As Double
    Dim lastrow1 As Long

    Dim rng As Range

    Application.ScreenUpdating = False
    Application.Sheets("Data").Range("as2:ax1999").Clear

    'RSI variable

    Dim rsiminus As Double

    'RSI copy data
    wdata.[AR2] = wdash.[O9]
    rsiminus = wdata.[AR2] - 1

    'Upward movement
    lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, 5).End(xlUp).row

    For i = 3 To lastrow

        If wdata.Cells(i, 16) > 0 Then
            wdata.Cells(i, 45) = wdata.Cells(i, 16)
        Else
            wdata.Cells(i, 45) = 0
        End If
    Next i

    'Downward Movement
    For i = 3 To lastrow

        If wdata.Cells(i, 16) < 0 Then
            wdata.Cells(i, 46) = -(wdata.Cells(i, 16))
        Else
            wdata.Cells(i, 46) = 0
        End If
    Next i

    lastrow1 = wdata.Cells(Rows.Count, 45).End(xlUp).row

    day = wdata.[AR2]
    day2 = rsiminus
```

'Average (upward movement)

x = 0

For i = 3 To day + 2

 x = wdata.Cells(i, 45) + x

Next i

wdata.Cells(day + 2, 47) = x / day

'Average (downward movement)

y = 0

For i = 3 To day + 2

 y = wdata.Cells(i, 46) + y

Next i

wdata.Cells(day + 2, 48) = y / day

'EMA upward and downward movement

For i = day + 3 To lastrow1

 wdata.Cells(i, 47) = ((wdata.Cells(i - 1, 47) * (day2) + wdata.Cells(i, 45)) / day)

 wdata.Cells(i, 48) = ((wdata.Cells(i - 1, 48) * (day2) + wdata.Cells(i, 46)) / day)

Next i

'Relative Strength

For i = day + 2 To lastrow

 wdata.Cells(i, 49) = wdata.Cells(i, 47) / wdata.Cells(i, 48)

Next i

'RSI

For i = day + 2 To lastrow1

 wdata.Cells(i, 50) = 100 - 100 / (wdata.Cells(i, 49) + 1)

Next i

Annexe 6 : Codes VBA MFI

```
Sub MFI1()

    Dim lastrow As Long
    Dim wdata As Worksheet
    Set wdata = Sheets("Data")
    Dim wdash As Worksheet
    Set wdash = Sheets("Dashboard")
    lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, 5).End(xlUp).row

    Application.ScreenUpdating = False

    'delete
    wdata.Range("BH2:BP2000").Clear

    'MFI variable

    Dim mfiminus As Double
    Dim mfiplusplus As Double

    'MFI copy data
    wdata.[BG1] = wdash.[R15]
    mfiminus = wdata.[BG1] - 1
    mfiplusplus = wdata.[BG1] + 2

    'Typical price
    For i = 2 To lastrow
        wdata.Cells(i, 60) = (wdata.Cells(i, 3) + wdata.Cells(i, 4) + wdata.Cells(i, 5)) / 3
    Next i

    'Raw money flow
    For i = 2 To lastrow
        wdata.Cells(i, 61) = wdata.Cells(i, 60) * wdata.Cells(i, 6)
    Next i

    'Gain
    For i = 3 To lastrow
        If wdata.Cells(i, 5) > wdata.Cells(i - 1, 5) Then
            wdata.Cells(i, 62) = wdata.Cells(i, 61)
        Else
            wdata.Cells(i, 62) = 0
        End If
    Next i

    'Losses
    For i = 3 To lastrow
        If wdata.Cells(i, 5) < wdata.Cells(i - 1, 5) Then
            wdata.Cells(i, 63) = wdata.Cells(i, 61)
        Else
            wdata.Cells(i, 63) = 0
        End If
    Next i

```

Next i

'Sum of gains

For i = mfiplusplus To lastrow

Set rng = wdata.Range(wdata.Cells(i - mfiminus, 62), wdata.Cells(i, 62))

wdata.Cells(i, 64) = Application.Average(rng)

Next

'Sum of losses

For i = mfiplusplus To lastrow

Set rng = wdata.Range(wdata.Cells(i - mfiminus, 63), wdata.Cells(i, 63))

wdata.Cells(i, 65) = Application.Average(rng)

Next

'MF

For i = mfiplusplus To lastrow

wdata.Cells(i, 66) = wdata.Cells(i, 64) / wdata.Cells(i, 65)

Next

'MFI

For i = mfiplusplus To lastrow

wdata.Cells(i, 67) = 100 - 100 / (1 + wdata.Cells(i, 66))

Next

Annexe 7 : Codes VBA Value at risk

```
Sub ValueAtRisk1()

    Dim wdata As Worksheet
    Dim wrisk As Worksheet
    Dim wdash As Worksheet
    Dim LastRow2 As Long
    Dim rng As Range
    Dim var As Double
    Set wdata = Sheets("Data")
    Set wrisk = Sheets("Value at risk")
    Set wdash = Sheets("Dashboard")

    Application.ScreenUpdating = False

    Application.Sheets("Data").Select

    wdata.Range("P2:P1999").Clear
    wdata.Range("z2:z1999").Clear
    LastRow2 = wdata.Cells(Rows.Count, "E").End(xlUp).row

    For i = 3 To LastRow2
        wdata.Cells(i, 16) = (wdata.Cells(i, 5) - wdata.Cells(i - 1, 5)) / wdata.Cells(i - 1, 5)
    Next i

    Columns("P:P").Select
    Selection.Style = "Percent"
    Selection.NumberFormat = "0.0000%"

    Dim row2 As Integer
    row2 = 3

    Do While Cells(row2, 5) <> ""
        wdata.Cells(row2, 26).Value = Log(wdata.Cells(row2, 5).Value) -
        Log(wdata.Cells(row2 - 1, 5).Value)
        row2 = row2 + 1
    Loop

    'Delete the previous chart

    For Each wrisk In Worksheets
        If wrisk.ChartObjects.Count > 0 Then
            wrisk.ChartObjects.Delete
        End If
    Next wrisk

    Sheets("Value at risk").Select
```

```

Set wdata = Sheets("data")
Set wrisk = Sheets("Value at risk")
'average return
wrisk.[B4] = WorksheetFunction.Average(wdata.Range("P2:P2000"))
'stdv.s
wrisk.[B5] = WorksheetFunction.StDev(wdata.Range("P2:P2000"))
'confidence level
wrisk.[b6] = wdash.[b10]
'alpha
wrisk.[B7] = (1 - wrisk.[b6])
'normal distribution
wrisk.[B8] = (Application.WorksheetFunction.Norm_S_Inv(wrisk.Cells(7, 2)))

'VaR
var = (wrisk.[B4] + wrisk.[B5] * wrisk.[B8])
wrisk.[b10] = -(var)

'Value at risk in dollar
wrisk.[B11] = wrisk.[b10] * wrisk.[B3]

Range("B3").Select
Selection.NumberFormat = "[$$-en-US]#,##0.00"
wrisk.[b10].Select
Selection.Style = "Percent"
Selection.NumberFormat = "0.0000%"

var = 0

```

Annexe 8 : Codes VBA Volatilité

```
Sub volatility1()

    Application.ScreenUpdating = False
    ActiveWorkbook.Worksheets("Data").Select

    Dim wdata As Worksheet
    Dim lastrow As Long
    Dim wvol As Worksheet
    Set wvol = Sheets("Volatility")
    Set wdata = Sheets("Data")
    Set wdash = Sheets("Dashboard")

    'clear the previous data
    wdata.Range("P3:P1999").Clear
    wdata.Range("z2:z1999").Clear
    lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, "E").End(xlUp).row

    'return
    For i = 3 To lastrow
        wdata.Cells(i, 16) = (wdata.Cells(i, 5) - wdata.Cells(i - 1, 5)) / wdata.Cells(i - 1, 5)
    Next i

    Range("P3:P2000").Select
    Selection.Style = "Percent"
    Selection.NumberFormat = "0.0000%"

    'return with In
    Dim row2 As Integer
    row2 = 3

    Do While wdata.Cells(row2, 5) <> ""
        Cells(row2, 26).Value = Log(wdata.Cells(row2, 5).Value) - Log(wdata.Cells(row2 - 1, 5).Value)
        row2 = row2 + 1
    Loop

    Application.Sheets("Volatility").Select

    wvol.[d1] = WorksheetFunction.StDev(wdata.Range("P3:P2000")) * 250 ^ 0.5
    wvol.[D2] = WorksheetFunction.StDev(wdata.Range("P3:P2000")) * 20 ^ 0.5
    wvol.[D3] = WorksheetFunction.StDev(wdata.Range("P3:P2000"))

```

Annexe 9 : Codes VBA Bandes de Bollinger

```
Sub BollingerBand()
    Application.ScreenUpdating = False
    ActiveWorkbook.Worksheets("Data").Select

    Dim wboll As Worksheet
    Dim wdash As Worksheet
    Dim wdata As Worksheet
    Dim lastrow As Long

    Set wdash = Sheets("Dashboard")
    Set wboll = Sheets("Bollinger Band")
    Set wdata = Sheets("Data")

    'clear the data
    wdata.Range("m2:o2000").Clear
    lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, "E").End(xlUp).row

    'moving average 20 days
    For i = 21 To lastrow
        wdata.Cells(i, 13) = Application.WorksheetFunction.Average(Range(wdata.Cells(i, 5),
        wdata.Cells(i - 20, 5)))
    Next i

    'standard deviation
    For i = 21 To lastrow

        wdata.Cells(i, 14) = wdata.Cells(i, 13) +
        Application.WorksheetFunction.StDev_S(Range(wdata.Cells(i, 5), wdata.Cells(i - 20,
        5))) * wdash.[L4]
        wdata.Cells(i, 15) = wdata.Cells(i, 13) -
        Application.WorksheetFunction.StDev_S(Range(wdata.Cells(i, 5), wdata.Cells(i - 20,
        5))) * wdash.[L4]

    Next i
```

Annexe 10 : Codes VBA On Balance Volume

```
Sub onbalancevolume1()
Dim wdata As Worksheet
Dim lastrow As Integer
Set wdata = Sheets("Data")

lastrow = wdata.Cells(Rows.Count, 5).End(xlUp).row

wdata.[CL2] = wdata.[f2]

For i = 3 To lastrow

    If wdata.Cells(i, 5) > wdata.Cells(i - 1, 5) Then
        wdata.Cells(i, 90) = wdata.Cells(i - 1, 90) + wdata.Cells(i, 6)
    Else
        wdata.Cells(i, 90) = wdata.Cells(i - 1, 90) - wdata.Cells(i, 6)
    End If

Next i
```

Annexe 11 : Codes VBA Maximum Drawdown

```
Sub maxdd1()
    Dim wmax As Worksheet
    Dim wdash As Worksheet
    Set wdash = Sheets("Dashboard")
    Set wmax = Sheets("Max Drawdown")
    Application.ScreenUpdating = False

    'Formula MDD
    Sheets("Data").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
    Range("Y3").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-24]="""", "" "", RC[-20]/MAX(R2C5:RC5)-1)"
    Range("Y3").Select
    Selection.AutoFill Destination:=Range("Y3:Y2025")
    Range("Y3:Y2025").Select
```

Annexe 12 : Table de la loi normale centrée réduite

x	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,50000	0,50399	0,50798	0,51197	0,51595	0,51994	0,52392	0,52790	0,53188	0,53586
0,1	0,53983	0,54380	0,54776	0,55172	0,55567	0,55962	0,56356	0,56749	0,57142	0,57535
0,2	0,57926	0,58317	0,58706	0,59095	0,59483	0,59871	0,60257	0,60642	0,61026	0,61409
0,3	0,61791	0,62172	0,62552	0,62930	0,63307	0,63683	0,64058	0,64431	0,64803	0,65173
0,4	0,65542	0,65910	0,66276	0,66640	0,67003	0,67364	0,67724	0,68082	0,68439	0,68793
0,5	0,69146	0,69497	0,69847	0,70194	0,70540	0,70884	0,71226	0,71566	0,71904	0,72240
0,6	0,72575	0,72907	0,73237	0,73565	0,73891	0,74215	0,74537	0,74857	0,75175	0,75490
0,7	0,75804	0,76115	0,76424	0,76730	0,77036	0,77337	0,77637	0,77935	0,78230	0,78524
0,8	0,78814	0,79103	0,79389	0,79673	0,79955	0,80234	0,80511	0,80785	0,81057	0,81327
0,9	0,81594	0,81859	0,82121	0,82381	0,82639	0,82894	0,83147	0,83398	0,83646	0,83891
1,0	0,84134	0,84375	0,84614	0,84849	0,85083	0,85314	0,85543	0,85769	0,85993	0,86214
1,1	0,86433	0,86650	0,86864	0,87076	0,87286	0,87493	0,87698	0,87900	0,88100	0,88298
1,2	0,88493	0,88686	0,88877	0,89065	0,89251	0,89435	0,89617	0,89796	0,89973	0,90147
1,3	0,90320	0,90490	0,90658	0,90824	0,90988	0,91149	0,91308	0,91466	0,91621	0,91774
1,4	0,91924	0,92073	0,92220	0,92364	0,92507	0,92647	0,92785	0,92922	0,93056	0,93189
1,5	0,93319	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94179	0,94295	0,94408
1,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95154	0,95254	0,95352	0,95449
1,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,95818	0,95907	0,95994	0,96080	0,96164	0,96246	0,96327
1,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96638	0,96712	0,96784	0,96856	0,96926	0,96995	0,97062
1,9	0,97128	0,97193	0,97257	0,97320	0,97381	0,97441	0,97500	0,97558	0,97615	0,97670
2,0	0,97725	0,97778	0,97831	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98124	0,98169
2,1	0,98214	0,98257	0,98300	0,98341	0,98382	0,98422	0,98461	0,98500	0,98537	0,98574
2,2	0,98610	0,98645	0,98679	0,98713	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899
2,3	0,98928	0,98956	0,98983	0,99010	0,99036	0,99061	0,99086	0,99111	0,99134	0,99158
2,4	0,99180	0,99202	0,99224	0,99245	0,99266	0,99286	0,99305	0,99324	0,99343	0,99361
2,5	0,99379	0,99396	0,99413	0,99430	0,99446	0,99461	0,99477	0,99492	0,99506	0,99520
2,6	0,99534	0,99547	0,99560	0,99573	0,99585	0,99598	0,99609	0,99621	0,99632	0,99643
2,7	0,99653	0,99664	0,99674	0,99683	0,99693	0,99702	0,99711	0,99720	0,99728	0,99736
2,8	0,99744	0,99752	0,99760	0,99767	0,99774	0,99781	0,99788	0,99795	0,99801	0,99807
2,9	0,99813	0,99819	0,99825	0,99831	0,99836	0,99841	0,99846	0,99851	0,99856	0,99861
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900