

Gestion de portefeuille : simulateur & stratégie

Travail de Bachelor réalisé en vue de l'obtention du Bachelor HES

par :

Filipe CARVALHO FERREIRA

Conseiller au travail de Bachelor :

Julien RIBON, Professeur vacataire HES

Genève, le 15 janvier 2021

Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE)

Filière Economie d'entreprise

Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute école de gestion de Genève, en vue de l'obtention du titre de Bachelor of Science en économie d'entreprise.

L'étudiant a envoyé ce document par email à l'adresse d'analyse remise par son conseiller au travail de Bachelor pour analyse par le logiciel de détection de plagiat URKUND.
<http://www.orkund.com/fr/student/392-orkund-faq>

L'étudiant atteste avoir réalisé seul-e le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie

L'étudiant accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. L'utilisation des conclusions et recommandations formulées dans le travail de Bachelor, sans préjuger de leur valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur, ni celle du conseiller au travail de Bachelor, du juré et de la HEG.

Résumé

Le cœur de ce travail de Bachelor est la conception d'un simulateur de portefeuilles d'actions développé sur Visual Basic for applications (VBA) en vue d'appliquer une stratégie d'investissement.

Le simulateur est ainsi composé d'une première partie orientée vers l'analyse des actions et dont le but est de proposer des portefeuilles efficients tout en précisant quels sont leur rendement, leur volatilité, ainsi que la pondération des différentes actions qui le composent.

La seconde partie du simulateur vise à mettre en application les résultats obtenus précédemment. Il est ainsi possible pour l'utilisateur de composer son portefeuille avec les titres qui l'intéressent, d'avoir les prix mis à jour quotidiennement et ainsi suivre l'évolution de son portefeuille à travers le temps. Aussi, selon ses envies et besoins, il pourra simuler des achats ainsi que des ventes de titres.

Le rapport qui accompagne le simulateur est composé de diverses parties.

La première énumère brièvement quelques bonnes pratiques en termes de gestion de portefeuille. Pour cela, nous aborderons ce que nous appelons communément la théorie moderne du portefeuille. Aussi, nous veillerons à expliciter et illustrer les différentes statistiques et formules couramment utilisées dans le cadre de la gestion de portefeuille puisque celles-ci se verront utilisées dans notre simulateur.

La partie suivante mettra en lumière ce qui existe de nos jours en matière de simulation de portefeuilles. Nous évoquerons notamment les plateformes de trading de Stock-Track et de Swissquote ainsi que les *Robo-Advisors* en nous penchant sur celui développé par ce dernier.

La troisième partie expliquera ce que nous avons souhaité réaliser avec notre simulateur. Il présentera également les différentes feuilles qui le composent ainsi que leur fonctionnement. En outre, nous aborderons ses avantages ainsi que les différentes limites que nous aurions pu identifier.

Enfin, nous finirons par une présentation de notre stratégie ainsi que des résultats obtenus.

Table des matières

Gestion de portefeuille : simulateur & stratégie	1
Déclaration	i
Résumé	ii
Table des matières	iii
Liste des tableaux	v
Liste des figures	v
Liste des formules	vi
1. Introduction	1
2. Les statistiques en gestion du portefeuille	5
2.1 Le rendement du portefeuille.....	5
2.2 La variance et l'écart-type.....	7
2.2.1 En général	7
2.2.2 En gestion du portefeuille	9
2.3 La corrélation et le principe de la diversification	16
2.3.1 Le coefficient de corrélation	16
2.3.2 Le principe de la diversification	17
2.4 La frontière efficiente des portefeuilles	22
3. Des solutions existantes en matière de simulation	25
3.1 La plateforme Stock-Trak.....	25
3.2 Swissquote.....	27
3.2.1 eTrading ^{demo}	28
3.2.2 Les Robots-conseillers et Robo-Advisor ^{demo}	29
4. Notre application de simulations	33
4.1 Son fonctionnement et son but	33
4.1.1 La partie sur l'analyse des actions	33
4.1.2 La partie gestion de portefeuille	36
4.2 Ses avantages.....	39
4.3 Ses limites.....	39
4.4 Améliorations possibles	40
5. Notre stratégie	42
6. Nos résultats	45
7. Conclusion	48
Bibliographie	50
Annexe 1 : Historique de notre portefeuille	52
Annexe 2 : Obtention de la frontière efficiente	53

Annexe 3 : Stock-Trak : Positions ouvertes.....	54
Annexe 4 : Stock-Trak : Tableau de bord.....	55
Annexe 5 : Swissquote^{demo} : Tableau de bord	56
Annexe 6 : Robo-Advisor^{demo} : Détails de la stratégie	57
Annexe 7 : Robo-Advisor^{demo} : Paramétrage de la stratégie	58
Annexe 8 : Robo-Advisor^{demo} : Univers d'investissement.....	59
Annexe 9 : Robo-Advisor^{demo} : Allocation stratégie.....	60
Annexe 10 : Module Résumé statistique.....	61
Annexe 11 : Module Simulations	63
Annexe 12 : Module Frontière	65
Annexe 13 : Module Graphique frontière	67
Annexe 14 : Module Ajouter Titre	68
Annexe 15 : Module Tableau de bord.....	70
Annexe 16 : Module Buy.....	71
Annexe 17 : Module Sell	74
Annexe 18 : Module Historique du portefeuille	76

Liste des tableaux

Tableau 1 : Rendements annuels d'Apple et Google	5
Tableau 2 : Portefeuille équilibré	6
Tableau 3 : Illustration de la variance du cours d'Apple	7
Tableau 4 : Rendements mensuels d'Apple et Google.....	9
Tableau 5 : Statistiques mensuelles en 2020	10
Tableau 6 : Illustration de la covariance entre Apple et Google.....	11
Tableau 7 : La variance d'un portefeuille équilibré	13
Tableau 8 : La variance du portefeuille sous forme matricielle	15
Tableau 9 : Apple, Google et le portefeuille équilibré	18
Tableau 10 : Volatilité et corrélation observée	19
Tableau 11 : Volatilité et corrélation positive parfaite	19
Tableau 12 : Volatilité et corrélation égale à 0	19
Tableau 13 : Volatilité et corrélation négative parfaite	19

Liste des figures

Figure 1 : Impact de l'augmentation du nombre de secteurs dans le portefeuille	21
Figure 2 : Frontière efficiente et portefeuilles dominants	23
Figure 3 : Placer un ordre sur Stock-Trak	26
Figure 4 : Valeur et rendement du portefeuille sur Stock-Trak	27
Figure 5 : Choix de la bourse sur Swissquote	28
Figure 6 : Historique des transactions sur eTrading ^{demo}	29
Figure 7 : Interface de création de stratégie	30
Figure 8 : <i>Backtest</i> et performance potentielle	31
Figure 9 : Exemple de résumé statistiques	34
Figure 10 : Exemple de matrice de corrélation	34
Figure 11 : Exemple d'un portefeuille résultant de la simulation	34
Figure 12 : Exemple graphique des simulations réalisées	35
Figure 13 : Exemple graphique de la frontière efficiente	35
Figure 14 : Aperçu d'une liste résultant de l'ajout d'un titre	36
Figure 15 : Les données principales du tableau de bord	37
Figure 16 : Exemple d'historique de portefeuille	37
Figure 17 : Exemple d'un ordre d'achat pour une action Philip Morris	37
Figure 18 : Exemple de <i>barplots</i>	38
Figure 19 : Historique des transactions	38
Figure 20 : Moyenne des rendements mensuels et volatilité du S&P500	42
Figure 21 : Pondérations des titres résultants de la simulation	42
Figure 22 : Pondérations des titres après ajustement	42
Figure 23 : Les performances mensuelles du SPY et du S&P500	44
Figure 24 : Performance de notre portefeuille et celle de notre indice de référence	46

Liste des formules

Formule 1 : Le rendement du portefeuille.....	5
Formule 2 : Le rendement d'un actif.....	5
Formule 3 : La variance d'un échantillon.....	7
Formule 4 : L'écart-type d'un échantillon.....	8
Formule 5 : Le rendement espéré du portefeuille.....	10
Formule 6 : La covariance entre deux actifs.....	11
Formule 7 : La variance du portefeuille à l'aide de la covariance	13
Formule 8 : La variance du portefeuille sous la forme matricielle	15
Formule 9 : Le coefficient de corrélation	16
Formule 10 : La variance du portefeuille à l'aide du coefficient de corrélation	17
Formule 11 : Passer de la corrélation à la covariance.....	17
Formule 12 : Pondération des titres et valeur du portefeuille.....	43

1. Introduction

A une époque où les taux d'intérêts liés aux comptes d'épargne sont quasi-nuls voire négatifs, il convient, pour un investisseur, de se tourner vers d'autres alternatives dans le but de faire fructifier ses avoirs. Les moyens à disposition pour y parvenir ne manquent pas : immobilier, matières premières (*commodities*), monnaies et crypto-monnaies, actions, obligations, ETFs, ou encore produits dérivés sont autant d'instruments financiers auxquels les investisseurs peuvent recourir.

Dans le cadre de ce travail de Bachelor, nous nous intéresserons spécifiquement à la constitution d'un portefeuille composé d'actions dont les cours sont disponibles publiquement sur des sites tels que *Yahoo! Finance* ou à travers l'API (interface de programmation d'application) *IEX Cloud*.

Afin de nous aider dans l'établissement des différentes pondérations de chaque titre, nous pourrions recourir à notre programme de simulation qui nous permettra, d'une part, d'effectuer une analyse théorique des risques et rendements encourus découlant d'un portefeuille donné et, d'autre part, de simuler des achats ainsi que des ventes d'actions selon les résultats obtenus au point précédent, en tenant compte de nos objectifs en termes de gains et de risques. Ce programme se base essentiellement sur les statistiques du portefeuille établies par Harry Markowitz, lauréat du prix Nobel d'économie en 1990.

Avant de sélectionner différents titres, la plupart des investisseurs estiment qu'il convient de réaliser une analyse de ceux-ci ainsi que de leur société émettrice. C'est ce que l'on nomme communément l'analyse fondamentale¹. D'après ce type d'analyse, la valeur d'une action dépend des performances de la société qui l'a émise. Ainsi, si l'avenir concernant une entreprise semble prometteur, cela devrait se refléter par une hausse du cours de son action. Pour mener à bien cette forme d'analyse, il est conseillé de se pencher sur les états financiers publiés par une entreprise afin d'identifier ses entrées et sorties d'argent, l'état de sa dette, l'évolution de ses ventes, ses profits et les différents cash-flows attendus. Aussi, les informations circulant dans la presse peuvent servir d'indicateurs quant à l'évolution potentielle des titres en question. Le but sera ici pour l'investisseur d'identifier si cette entreprise possède un certain potentiel de croissance concernant ses gains futurs et donc son éventuelle pérennité. Il conviendra également

¹ GITMAN, Lawrence et JOEHNK, Michael. *Investissements et marchés financiers*. 9^e ed. Pearson Education France, 2005. ISBN 2-7440-7099-8

de tenir compte du cadre compétitif dans lequel évolue cette société et il peut s'avérer judicieux d'établir des comparaisons avec ses pairs.

Si certains réalisent cette analyse dite fondamentale, d'autres préfèrent mener une analyse technique. Il s'agit-là d'essayer de prédire l'évolution du cours d'une action en observant des indicateurs tels que les volumes échangés ou les variations passées de son prix. Ainsi, ces investisseurs tentent d'apprécier la tendance générale du marché en recourant à différents outils comme des graphiques ou des ratios. Bien que ces outils ne reflètent que des performances passées, les analystes dits chartistes essaient d'y déceler des patterns afin de détecter des moments opportuns pour acheter ou vendre des actions, estimant que l'histoire revêt une forme cyclique.

Il convient ensuite d'établir une stratégie d'investissement qui dépendra des objectifs de l'investisseur. Communément, il est possible de découper les types de stratégies selon l'objectif recherché comme par exemple la recherche de revenus réguliers, la recherche de gains en capital avec l'espérance de réaliser une plus-value lors de la revente des actifs ou encore la volonté de répliquer ou surperformer un indice. Ces différents objectifs donneront lieu à des stratégies différentes et donc à des allocations d'actifs également différentes.

Bien que le futur ne soit pas prévisible avec certitude, nous n'opérons pas dans une totale opacité. En effet, nous pouvons nous appuyer sur différentes informations et sur nos connaissances afin de constituer nos propres anticipations quant à l'évolution d'un titre donné. Nous pourrions dès lors parler d'une tendance espérée qui s'accompagne d'une certaine incertitude.

Une fois cette analyse menée, notre stratégie établie et nos anticipations fondées, nous pouvons nous demander comment composer notre portefeuille d'actions. Combien d'actions devons-nous acheter ? Quels sont les risques ? Quels sont les gains potentiels ? Quelle est la composition idéale de mon portefeuille compte tenu des différents titres que nous avons sélectionnés ?

Bien que ces questions n'aient pas de réponses précises puisque celles-ci sont à donner au cas par cas, nous pouvons nous appuyer sur la littérature financière pour tenter d'y apporter quelques éclaircissements.

Celle-ci a connu de nombreux progrès au cours des années 1950 et 1960. L'un des apports notables a été fait par Markowitz en 1952². Il est le père de ce que l'on nomme

² MARKOWITZ, Harry. *Portfolio Selection*. The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1. (Mar., 1952), pp. 77-91

aujourd'hui la *Théorie moderne du portefeuille*. Sa théorie met en avant les fondements d'une gestion quantitative des risques à la gestion du portefeuille. Aussi, elle expose comment la diversification peut être utilisée afin de composer un portefeuille optimal³.

D'après son modèle, les rendements des actifs sont à considérer comme des variables aléatoires et, puisqu'un portefeuille n'est qu'une combinaison d'actifs, le rendement de ce dernier est aussi une variable aléatoire qui possède sa propre espérance et sa propre volatilité (ou écart-type).

Par conséquent, puisque les taux de rentabilité enregistrés par les actifs varient d'un exercice à l'autre (d'une année à l'autre, d'un mois à l'autre) et que ces fluctuations peuvent être plus ou moins importantes, il convient de constituer un portefeuille et non pas de placer tout son capital dans un seul actif, suivant ainsi le célèbre adage qui dit qu'il ne faut pas mettre tous ses œufs dans le même panier. Le principal bénéfice apporté par ce dernier est la notable réduction des variations enregistrées. Ainsi, en diversifiant habilement ses placements, la volatilité (ou l'écart-type des rendements) d'un portefeuille devrait diminuer et aboutir à des fluctuations davantage régulières que celles enregistrées par un seul actif. Il s'agira alors de combiner plusieurs titres de telles sortes que leur volatilité soit inférieure à ce que l'on obtiendrait en plaçant l'intégralité de notre capital dans une seule action. Nous tenterons de rendre le plus explicite possible ces différentes notions tout au long de notre travail.

Dès lors, nous pensons qu'il convient d'expliquer et d'illustrer les différentes formules qui vont nous permettre de générer les statistiques qui nous intéressent dans le cadre de la gestion de portefeuille. En effet, nous serons souvent amenés à évoquer la moyenne, la variance ainsi que la volatilité d'un portefeuille ou d'un titre.

Nous exposerons ci-après ces différentes formules et nous les illustrerons à l'aide d'exemples chiffrés réalisés sur Excel. Pour ce faire, nous nous focaliserons, tout au long de nos différents exemples, sur un portefeuille équipondéré composé d'actions Apple et Google. Aussi, puisque certains de ces calculs peuvent s'avérer relativement longs si réalisés « à la main », nous préciserons comment les effectuer de manière plus simple à l'aide des fonctions que proposent Excel sous forme de remarques. Par ailleurs, ces mêmes fonctions sont celles qui nous ont permis de réaliser une partie de notre code en VBA et nous les retrouverons donc dans certains de ses modules.

³ FABOZZI, Frank J. *Encyclopedia of Financial Models Vol. I*. New Jersey : John Wiley & Sons, 2013. ISBN 978-1-118-01032-7

Enfin, il est à noter que tous les cours d'actions utilisés dans nos exemples sont consultables et téléchargeables directement sur *Yahoo!Finance* (disponible à l'adresse : <https://finance.yahoo.com>).

2. Les statistiques en gestion du portefeuille

2.1 Le rendement du portefeuille

Dans le modèle de Markowitz que nous évoquons plus tôt, le rendement d'un portefeuille consiste en la somme des rendements des différents titres qui le composent en tenant compte de leur pondération respective.

Formule 1 : Le rendement du portefeuille

$$r_p = \sum_{i=1}^n \omega_i * r_i$$

Où :

- r_p est le rendement du portefeuille
- ω_i est le poids de l'actif i dans le portefeuille
- r_i est le rendement de l'actif i

Le rendement d'un actif i pour une période donnée s'obtient de la façon suivante :

Formule 2 : Le rendement d'un actif

$$r_i = \frac{Prix_t}{Prix_{t-1}} - 1$$

Où :

- $Prix_t$ est le prix final ou à la fin de la période considérée
- $Prix_{t-1}$ est le prix initial ou au début de la période considérée

Ci-dessous, nous pouvons observer les prix de clôture d'Apple et de Google au 1^{er} janvier 2020 ainsi qu'au 1^{er} décembre de la même année.

Tableau 1 : Rendements annuels d'Apple et Google

Apple		Google	
Date	Prix de clôture	Date	Prix de clôture
01.01.2020	76.71	01.01.2020	1432.78
01.12.2020	131.97	11.12.2020	1734.16
Rendement	72.03%	Rendement	21.03%

Un investisseur qui aurait acquis une action Apple au début de l'année aurait réalisé un rendement de 72.03 %. En effet, en appliquant la formule vue précédemment, nous trouvons que cette dernière devient **(131.97/76.71) -1** et nous retourne bien 72.03%. De

la même façon, nous trouvons un rendement de 21.03% pour le titre de Google en utilisant cette formule et ce raisonnement.

Si nous partons du principe que nous avons un portefeuille composé à 100% d'actions Apple, nous pouvons appliquer la première formule qui nous permet de calculer le rendement d'un portefeuille.

Ainsi, en utilisant $r_p = \sum_{i=1}^n \omega_i * r_i$, nous obtenons que le rendement du portefeuille (r_p) est égal à 100% (pondération d'Apple) * 72.03% (rendement d'Apple), ce qui nous redonne le rendement du titre. De façon similaire, nous trouverions que le rendement d'un portefeuille composé à 100% d'actions Google serait de 21.03%.

A présent, nous pouvons nous pencher sur un portefeuille équipondéré composé des deux titres observés auparavant.

Tableau 2 : Portefeuille équipondéré

Titres	Portefeuille équipondéré	
	Apple	Google
Pondérations (ω_i)	50%	50%
Rendements individuels (r_i)	72.03%	21.03%
Rendement du portefeuille (r_p)	46.53%	

Nous pouvons observer qu'en étant investis à 50% dans chacun des titres, le rendement du portefeuille est de 46.53%. Mathématiquement, nous obtenons, en appliquant la formule $r_p = \sum_{i=1}^n \omega_i * r_i$, le calcul suivant : $r_p = \omega_{Apple} * r_{Apple} + \omega_{Google} * r_{Google}$ ce qui revient, après remplacement par des valeurs numériques, à $50\% * 72.03\% + 50\% * 21.03\% = 46.53\%$.

En d'autres termes, nous pouvons observer que, dans le cadre d'un portefeuille équipondéré composé de deux actifs, nous bénéficions à hauteur de 50% du rendement de l'une des actions et à 50% du rendement de l'autre. Dans notre cas, notre portefeuille profite bien à 50% du rendement de l'action d'Apple et à 50% du rendement de l'action de Google. Le rendement du portefeuille est donc la somme pondérée des rendements des différents actifs.

Nous verrons par la suite que le calcul de la variance et de la volatilité d'un portefeuille sont légèrement plus subtils que la moyenne pondérée des variances ou des écart-types des titres qui le composent.

2.2 La variance et l'écart-type

2.2.1 En général

Avant de nous intéresser à la variance du portefeuille, nous devons nous pencher sur la variance de manière générale ainsi qu'à la variance individuelle d'un actif. En effet, si dans le cas précédent nous trouvions que le rendement d'un portefeuille n'était autre que la somme pondérée des titres qui le composent, le raisonnement est légèrement différent lorsque nous nous intéressons à sa variance.

En statistique, ce que l'on nomme la variance est une mesure de la dispersion des diverses valeurs qui constituent un échantillon. Elle s'obtient en calculant la moyenne des carrés des écarts à la moyenne. D'une manière générale, la variance d'un échantillon peut se noter de la façon suivante :

Formule 3 : La variance d'un échantillon

$$\sigma_X^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = V$$

Où :

- σ_X^2 est la variance
- n est la taille de notre échantillon ou notre nombre d'observations
- x_i est l'observation d'une variable
- \bar{x} est la moyenne des observations

Afin d'illustrer ce calcul, nous avons réalisé un exemple chiffré sur Excel en prenant les différents prix de clôture (en USD) de l'action Apple durant l'année 2020.

Tableau 3 : Illustration de la variance du cours d'Apple

Apple			
Dates	Prix de clôture en USD (x_i)	Moyenne (\bar{x})	($x_i - \bar{x}$) ²
01.01.2020	76.71	96.67	328.37
01.02.2020	67.75	96.67	733.38
01.03.2020	63.18	96.67	1002.23
01.04.2020	72.99	96.67	477.07
01.05.2020	78.99	96.67	251.04
01.06.2020	90.88	96.67	15.66
01.07.2020	105.89	96.67	122.11
01.08.2020	128.59	96.67	1139.07
01.09.2020	115.61	96.67	431.59
01.10.2020	108.67	96.67	191.45
01.11.2020	118.84	96.67	576.44
01.12.2020	131.97	96.67	1378.95
n = 12		Variance	600.62

Dans le tableau de la page précédente, nous observons douze prix de clôture différents pour l'action d'Apple enregistrés au début de chaque mois (*colonnes 1 et 2*). La moyenne (*colonne 3*) se calcule simplement en faisant la somme des différents prix de clôture que l'on divisera ensuite par le nombre d'observations (n). Dans la dernière colonne, nous mettons au carré la différence entre le prix de clôture du mois et la moyenne. Enfin, la variance s'obtient en additionnant chaque valeur obtenue dans la dernière colonne et en divisant cette somme par 11 (soit $n - 1$).

Remarque : sur Excel, la variance peut également s'obtenir simplement en appliquant la fonction var.s sur la colonne des prix de clôture.

Suites à nos différents calculs, nous trouvons donc une variance de 600.62. Toutefois, cette valeur est plutôt difficile à interpréter car l'unité qui lui est associée est difficilement interprétable et mentalement représentable. En effet, cette valeur de 600.62 représente des Dollars américains qui ont également été mis au carré.

Pour remédier à cette interprétation plutôt complexe du résultat fourni par la variance, nous pouvons en déduire l'écart-type. Ce dernier a l'avantage d'être exprimé dans la même unité que celles des variables observées. Dans notre cas, l'écart-type sera donc exprimés en Dollars américains⁴.

L'écart-type s'obtient comme suit :

Formule 4 : L'écart-type d'un échantillon

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

Comme nous pouvons le remarquer, l'écart-type est simplement la racine carrée de la variance. Il est donc aisé de passer de l'une à l'autre en fonction des besoins durant les calculs.

En reprenant notre exemple précédent, avec une variance de 600.62, nous trouvons un écart-type de 24.51. En effet, $\sqrt{600.62} = 24.51$. Ici, il est plus aisé de comprendre cette valeur car elle nous explique que l'écart moyen autour de la moyenne (en valeur

⁴ E-learning Finance & Statistique, Professeur François Duc, disponible à l'adresse : https://www.e-learning-finance.ch/elearning_player/videos/q8r/ney5o/xw64z9es.html

absolue) est de 24.51 USD. Ainsi, le prix de l'action Apple bouge avec un écart-type de 24.51 USD autour de son prix moyen de 96.67 USD durant la période considérée.

Remarque : sur Excel, l'écart-type peut également s'obtenir simplement en appliquant la fonction écart-type.s ou stdev.s sur la colonne des prix de clôture du tableau

2.2.2 En gestion du portefeuille

Après avoir expliqué les notions de variance et d'écart-type de façon générale, nous pouvons à présent illustrer ces principes dans le cadre de la gestion de portefeuille.

Comme nous le montrions dans l'exemple illustrant la moyenne du rendement d'un portefeuille, il est également d'usage de calculer la variance et l'écart-type sur les rendements et non pas directement sur les prix, nous permettant ainsi de raisonner davantage en termes de performances que de flux monétaires.

En effet, l'expression des rendements est davantage notée en valeurs relatives qu'en valeurs absolues car les pourcentages permettent d'aboutir à des comparaisons entre plusieurs investissements qui n'ont pas nécessairement la même taille ou qui sont de nature différente. C'est par exemple le cas lorsque l'on essaie de comparer les performances d'un portefeuille avec celles d'un indice.

Ainsi, il conviendra d'appliquer les différentes formules exprimant le rendement que nous avons déjà abordé précédemment. Nous pouvons reprendre les actions d'Apple et Google pour illustrer ce point :

Tableau 4 : Rendements mensuels d'Apple et Google

Apple			Google		
Date	Prix de clôture	Rendements	Date	Prix de clôture	Rendements
01.12.2019	72.78394		01.12.2019	1339.39	
01.01.2020	76.71499	5.40%	01.01.2020	1432.78	6.97%
01.02.2020	67.75487	-11.68%	01.02.2020	1339.25	-6.53%
01.03.2020	63.17777	-6.76%	01.03.2020	1161.95	-13.24%
01.04.2020	72.99394	15.54%	01.04.2020	1346.7	15.90%
01.05.2020	78.99147	8.22%	01.05.2020	1433.52	6.45%
01.06.2020	90.87907	15.05%	01.06.2020	1418.05	-1.08%
01.07.2020	105.8861	16.51%	01.07.2020	1487.95	4.93%
01.08.2020	128.5859	21.44%	01.08.2020	1629.53	9.52%
01.09.2020	115.6105	-10.09%	01.09.2020	1465.6	-10.06%
01.10.2020	108.6725	-6.00%	01.10.2020	1616.11	10.27%
01.11.2020	118.845	9.36%	01.11.2020	1754.4	8.56%
01.12.2020	131.97	11.04%	01.12.2020	1734.16	-1.15%

A partir de là, il nous faudra donc raisonner avec la moyenne des rendements mensuels, leur variance ainsi que leur écart-type, comme nous le voyons dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Statistiques mensuelles en 2020

	Apple	Google
Moyenne	5.67%	2.54%
Variance	0.013	0.008
Ecart-type	11.44%	8.95%

Notre formule du rendement du portefeuille devient alors :

Formule 5 : Le rendement espéré du portefeuille

$$\mu_p = \sum_{i=1}^n \omega_i * \mu_i$$

Où :

- μ_p est le rendement espéré du portefeuille
- ω_i est le poids de l'actif i dans le portefeuille
- μ_i est la moyenne des rendements enregistrés pour l'actif i

Ainsi, un investisseur ayant composé un portefeuille équipondéré aurait réalisé en moyenne une performance de 4.11% chaque mois ($50\% * 5.67\% + 50\% * 2.54\%$).

Pour le calcul de la variance, il conviendra de tenir compte soit de la covariance, soit de la corrélation entre les deux titres. Nous traiterons dans un premier temps de la covariance avant de nous intéresser à la corrélation dans une partie qui lui est dédiée.

L'idée derrière la covariance est assez proche de celle de la variance. Dans le cas de la variance, nous nous intéressons à la dispersion d'une variable par rapport à sa moyenne. La covariance diffère en ce point car elle permet de quantifier les écarts conjoints de deux variables par rapport à leurs moyennes respectives. Ainsi, dans notre cas, un rendement mensuel d'Apple est à considérer comme une variable et celui de Google en constitue une seconde.

La formule de la covariance entre deux séries de rendements est la suivante :

Formule 6 : La covariance entre deux actifs

$$Cov(X, Y) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

Où :

- x_i est le cours de l'actif x à un instant donné
- y_i est le cours de l'actif y à un instant donné
- \bar{x} est la moyenne du cours de l'actif x
- \bar{y} est la moyenne du cours de l'actif y
- n est le nombre de périodes ou le nombre d'observations

Plus loin, nous verrons un exemple illustrant le calcul de la covariance entre les actions d'Apple et de Google.

Tableau 6 : Illustration de la covariance entre Apple et Google

Dates	x_i	\bar{x}	$x_i - \bar{x}$	y_i	\bar{y}	$y_i - \bar{y}$
01.01.2020	5.40%	5.67%	-0.27%	6.97%	2.54%	4.43%
01.02.2020	-11.68%	5.67%	-17.35%	-6.53%	2.54%	-9.07%
01.03.2020	-6.76%	5.67%	-12.42%	-13.24%	2.54%	-15.78%
01.04.2020	15.54%	5.67%	9.87%	15.90%	2.54%	13.36%
01.05.2020	8.22%	5.67%	2.55%	6.45%	2.54%	3.91%
01.06.2020	15.05%	5.67%	9.38%	-1.08%	2.54%	-3.62%
01.07.2020	16.51%	5.67%	10.84%	4.93%	2.54%	2.39%
01.08.2020	21.44%	5.67%	15.77%	9.52%	2.54%	6.98%
01.09.2020	-10.09%	5.67%	-15.76%	-10.06%	2.54%	-12.60%
01.10.2020	-6.00%	5.67%	-11.67%	10.27%	2.54%	7.73%
01.11.2020	9.36%	5.67%	3.69%	8.56%	2.54%	6.02%
01.12.2020	11.04%	5.67%	5.37%	-1.15%	2.54%	-3.69%
$n = 12$						

Dans le tableau ci-dessus, nous reprenons les valeurs que nous avons dans le tableau 4. La deuxième colonne et la quatrième colonne représentent respectivement les rendements mensuels d'Apple et de Google à une date donnée que nous lisons sur la première colonne. La troisième colonne comporte la moyenne des rendements mensuels d'Apple tandis que la sixième représente celle de Google. Enfin, la quatrième et la dernière colonne mettent en évidence la différence entre les rendements mensuels enregistrés et la moyenne pour chacune des périodes observées.

Pour obtenir la covariance entre les deux titres, il faut alors multiplier chaque couple $(x_i - \bar{x})$ par $(y_i - \bar{y})$, additionner chacun de ces produits et enfin diviser cette somme par $n-1$.

Nous obtenons alors le calcul suivant :

$$\frac{(-0.27\%) * (4.43\%) + (-17.35\%) * (-9.07\%) + \dots + (5.37\%) * (-3.69\%)}{12 - 1}$$

La covariance obtenue est d'environ 0.006427. Cette valeur ainsi trouvée est frappée de deux défauts majeurs. Le premier est que, comme la variance, celle-ci est difficilement interprétable. Nous pouvons affirmer que, puisque cette covariance est positive, les deux titres ont tendance à évoluer dans le même sens : quand Apple est haussier (*baissier*), Google est également haussier (*baissier*) et inversement. Toutefois, nous ne pouvons mesurer le degré d'intensité de ce lien. Pour pallier cela, nous pouvons utiliser le coefficient de corrélation qui est plus aisément compréhensible et dont nous ferons la démonstration dans la partie suivante de ce travail. Le deuxième défaut est que, prise comme telle, cette valeur n'a pas réellement de sens. En effet, il est nécessaire de la calculer en vue d'obtenir la variance du portefeuille tandis que, prise isolément, son usage demeure limité. Nous pouvons la considérer comme le rouage d'un ensemble plus complexe qui permettra *in fine* de parvenir aux calculs liés aux risques d'un portefeuille.

Remarque : sur Excel, la covariance peut également s'obtenir en appliquant simplement la fonction covariance.s(colonne des x_i ; colonnes des y_i).

A présent, nous avons tous les ingrédients nécessaires pour calculer la variance ainsi que l'écart-type de notre portefeuille composé d'actions d'Apple et de Google. Ce sont eux qui vont déterminer le risque qui lui est associé.

En effet, dans la théorie financière, il est d'usage de considérer l'écart-type (d'un titre ou d'un portefeuille) comme sa volatilité et c'est cette dernière qui va refléter son risque. Ainsi, plus la volatilité d'un investissement est élevée, plus celui-ci est considéré comme risqué. A l'inverse, plus sa volatilité est réduite et plus il sera considéré comme sûr.

Généralement, les placements peu risqués seront couplés à un faible niveau de rendement tandis que ceux dont la volatilité est plus élevée sont censés être davantage rentables.

Comme nous le disions, nous avons maintenant les différents éléments qui vont nous permettre de calculer la variance de notre portefeuille équipondéré composé d'actions d'Apple et de Google.

La formule mathématique pour y parvenir est la suivante :

Formule 7 : La variance du portefeuille à l'aide de la covariance

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \omega_i^2 * \sigma_i^2 + 2 * \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n \omega_i * \omega_j * \sigma_{i,j}$$

Où :

- σ_p^2 est la variance du portefeuille
- ω_i est la pondération de l'actif i dans le portefeuille
- σ_i^2 est la variance de l'actif i
- ω_j est la pondération de l'actif j
- $\sigma_{i,j}$ est la covariance entre l'actif i et j
- n est le nombre d'actifs

Remarque : Il est possible de trouver différentes notations pour ce calcul mais elles nécessitent toutes les mêmes éléments et aboutissent toutes au même résultat.

Voici le résultat obtenu sur Excel dans le cadre de notre portefeuille équi pondéré :

Tableau 7 : La variance d'un portefeuille équi pondéré

	Apple (1)	Google (2)
Pondérations ω_i et ω_j	50%	50%
Variances σ_i^2	0.013	0.008
Volatilités σ_i	11.44%	8.95%
Covariance $\sigma_{i,j}$	0.00642	
Variance du portefeuille σ_p^2	0.00849	
Volatilité du portefeuille σ_p	9.21%	

Puisque le calcul peut sembler complexe, nous jugeons pratique de fournir ici une courte démonstration « pas à pas » de sa réalisation :

Dans notre cas, le premier terme peut se récrire $\sum_{i=1}^2 \omega_i^2 * \sigma_i^2$ est assez aisé à appréhender. En effet, il n'est que la somme des produits entre les pondérations et les variances.

Nous avons donc $\omega_1^2 * \sigma_1^2 + \omega_2^2 * \sigma_2^2$ qui deviennent respectivement $50\%^2 * 0.013 + 50\%^2 * 0.008$.

Ensuite, nous avons une sommation double avec $\sum_{i=1}^2 \sum_{j>i}^2 \omega_i * \omega_j * \sigma_{i,j}$. Ici, le point délicat est de comprendre que lorsque i vaut 1, alors j doit être supérieur à 1 et, puisque

nous n'avons que deux titres dans notre exemple, j vaut automatiquement 2. (Ce principe se retrouve également en programmation, comme par exemple lors de l'imbrication de plusieurs boucles *For* sur VBA).

Aussi, nous pouvons relever que $\sigma_{i,j}$ est égal à $\sigma_{j,i}$. En effet, la covariance entre Apple et Google est la même qu'entre Google et Apple.

Nous aurons donc $2 * (\omega_1 * \omega_2 * \sigma_{1,2})$ qui revient à $2 * (50\% * 50\% * 0.00642)$.

Dès lors, nous parvenons à une variance du portefeuille (σ_p^2) qui vaut environ 0.00849. Il ne nous reste plus qu'à prendre la racine de cette variance pour parvenir à l'écart-type et donc à la volatilité de notre portefeuille (σ_p) : $\sqrt{0.00849} \cong 9.21\%$.

Nous pouvons relever que ce résultat est inférieur à la moyenne arithmétique des volatilités d'Apple et de Google. En effet, si nous avons utilisé la même méthode que pour le calcul du rendement du portefeuille, nous aurions trouvé une volatilité mensuelle d'environ 10.195% car nous aurions ignoré comment un titre évolue par rapport à l'autre.

Nous pouvons observer que plus le nombre de titres augmente, plus la sommation double devient longue et fastidieuse et ce, qu'elle soit réalisée à « la main » ou directement sur Excel, ce qui aura tendance à augmenter le risque d'erreurs lors des calculs. Il existe une alternative faisant appel au calcul matriciel et qui a la particularité de grandement faciliter la détermination de la variance et de l'écart-type d'un portefeuille.

Nous exposerons ici comment parvenir aux mêmes résultats trouvés précédemment en ayant recours aux calculs matriciels. Leur utilisation est d'autant plus pertinente lorsque nous avons un nombre d'actions relativement élevé. Aussi, le code que nous avons développé dans la partie analytique de notre programme et qui permet d'aboutir aux risques d'un portefeuille repose essentiellement sur leur application. Comme à notre habitude, nous expliciterons ci-dessous la formule mathématique accompagnée d'un exemple.

Le calcul de la variance du portefeuille faisant appel aux matrices se note comme suit :

Formule 8 : La variance du portefeuille sous la forme matricielle

$$\sigma_p^2 = \omega' * \Sigma * \omega$$

Où :

- σ_p^2 est la variance du portefeuille
- ω est le vecteur des poids (*en colonne*)
- ω' est le vecteur des poids transposé
- Σ est la matrice des variances et des covariances

Une fois les termes mis en forme, nous obtenons :

$$(\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_n) \times \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \dots & \sigma_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n,1} & \dots & \sigma_n^2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_n \end{pmatrix}$$

Une règle fondamentale lors des produits matriciels est de respecter les tailles des lignes et des colonnes des différents vecteurs ou des différentes matrices qui composent le calcul.

Il est impératif que le nombre de colonne du premier terme corresponde au nombre de ligne du second. Ci-dessus, nous avons notre vecteur des poids transposé composé d'une ligne et de deux colonnes (1 x 2) qui multiplie une matrice composée de deux lignes et deux colonnes (2 x 2). Le résultat de cette opération est un vecteur ligne composé d'une ligne et de deux colonnes (1 x 2). Enfin, nous multiplions ce vecteur ligne par le vecteur des poids qui est composé de deux lignes et d'une colonne.

En reprenant nos deux titres et notre portefeuille équi pondéré, nous obtenons le calcul suivant :

Tableau 8 : La variance du portefeuille sous forme matricielle

Vecteur des poids transposé (ω')			Matrice Var-Covar (Σ)		Vecteur poids (ω)
50%	50%	X	0.013096	0.006424	50%
			0.006424	0.008487	50%
1 X 2			2 X 2		2 X 1

Par la suite, nous aborderons la question de la diversification et nous verrons comment celle-ci impacte le risque d'un portefeuille en fonction de la corrélation entre les différents titres.

2.3 La corrélation et le principe de la diversification

Dans cette partie du travail, nous nous intéressons aux notions de corrélation et de diversification afin de voir quels sont leur impact sur le risque résultant de la composition d'un portefeuille.

2.3.1 Le coefficient de corrélation

Le coefficient de corrélation est une forme normalisée de la covariance. En effet, elle nous indique également le sens de la relation linéaire entre deux variables. Toutefois, ce coefficient a l'avantage d'être plus aisément compréhensible et interprétable que cette dernière, notamment lorsque l'on cherche à mesurer l'intensité du lien entre deux variables tels que les rendements de deux actifs par exemple. Le coefficient de corrélation s'obtient en effectuant le quotient de la covariance des deux variables par le produit de leurs écart-types :

Formule 9 : Le coefficient de corrélation

$$\text{corr}_{X,Y} = \frac{\sigma_{X,Y}}{\sigma_X * \sigma_Y}$$

Où :

- $\sigma_{X,Y}$ est la covariance entre les rendements de l'actif X et de l'actif Y
- σ_X est l'écart-type de l'actif X
- σ_Y est l'écart-type de l'actif Y

En appliquant cette formule, le coefficient de corrélation que nous trouvons pour Apple et Google est d'environ 0.627635.

Pour estimer dans quelle mesures les titres vont évoluer dans le même sens, il faut tenir compte de la valeur ainsi obtenue. Le coefficient se situera entre -1 et 1 et peut s'interpréter de la manière suivante :

- Coefficient inférieur à 0 : la corrélation est négative. Deux titres ayant une telle corrélation évolueront dans des directions opposées. Plus nous approchons de -1 (*-1 = corrélation négative parfaite*), plus la relation sera forte et l'ampleur des variations identique.
- Coefficient proche de 0 : il n'existe à priori pas de relation spécifique entre les deux titres. Nous ne pouvons pas déduire ce qui arrive à l'un des titres si l'autre prend (perd) de la valeur. La relation entre les deux titres est dite faible.
- Coefficient supérieur à 0 : la corrélation est positive. Les deux titres vont alors évoluer dans la même direction. Plus nous approchons de 1 (*1 = corrélation positive parfaite*), plus la relation sera forte et l'ampleur des variations identique.

Comme nous le disions précédemment lorsque nous évoquions la covariance, nous pouvons également aboutir à la variance d'un portefeuille en recourant au coefficient de corrélation en procédant de la façon suivante :

Formule 10 : La variance du portefeuille à l'aide du coefficient de corrélation

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \omega_i^2 * \sigma_i^2 + 2 * \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n \omega_i * \omega_j * \sigma_i * \sigma_j * corr_{i,j}$$

Où :

- σ_p^2 est la variance du portefeuille
- ω_i est la pondération de l'actif i dans le portefeuille
- σ_i^2 est la variance de l'actif i
- ω_j est la pondération de l'actif j
- $corr_{i,j}$ est le coefficient de corrélation entre l'actif i et j
- n est le nombre d'actifs

La logique que nous avons vue précédemment et qui s'applique dans le cadre du calcul de la variance du portefeuille à l'aide de la covariance est identique ici. En appliquant la formule, nous trouverions la même variance ainsi que la même volatilité. En réalité, si nous observons attentivement la formule, nous pouvons constater que nous avons simplement substitué la covariance par le produit des écart-types et du coefficient de corrélation.

Or, il se trouve justement que ce coefficient n'est autre que la covariance que l'on divise par le produit des deux écart-type. Par conséquent, il est aisé de passer de l'un à l'autre, comme nous le voyons ci-contre :

Formule 11 : Passer de la corrélation à la covariance

$$corr_{X,Y} * \sigma_X * \sigma_Y = \frac{\sigma_{X,Y}}{\sigma_X * \sigma_Y} * \sigma_X * \sigma_Y = \sigma_{X,Y}$$

A présent, nous pouvons montrer comment ce coefficient de corrélation peut venir à affecter le risque d'un portefeuille. Comme cela a été le cas jusqu'à présent, nous nous focaliserons sur notre portefeuille équi pondéré. En outre, nous tenterons aussi de démontrer comment il est possible de bénéficier des effets liés à la diversification en tenant compte de ce coefficient.

2.3.2 Le principe de la diversification

Le principe de la diversification vise à diminuer le risque d'un portefeuille en sélectionnant des classes d'actifs ou des titres qui présentent un lien (coefficient de

corrélation) plutôt faible entre eux. Ainsi, plus le coefficient de corrélation entre les différentes actions se situera dans l'intervalle $[-1 ; 0]$ et plus un investisseur devrait bénéficier des effets de la diversification en composant son portefeuille ce qui doit se traduire par une baisse de la volatilité de ce dernier.

Reprenons notre portefeuille équi pondéré :

Tableau 9 : Apple, Google et le portefeuille équi pondéré

	Apple	Google	Portefeuille
Poids	50.00%	50.00%	
01.01.2020	5.40%	6.97%	6.19%
01.02.2020	-11.68%	-6.53%	-9.10%
01.03.2020	-6.76%	-13.24%	-10.00%
01.04.2020	15.54%	15.90%	15.72%
01.05.2020	8.22%	6.45%	7.33%
01.06.2020	15.05%	-1.08%	6.99%
01.07.2020	16.51%	4.93%	10.72%
01.08.2020	21.44%	9.52%	15.48%
01.09.2020	-10.09%	-10.06%	-10.08%
01.10.2020	-6.00%	10.27%	2.13%
01.11.2020	9.36%	8.56%	8.96%
01.12.2020	11.04%	-1.15%	4.95%
Rendement moyen	5.67%	2.54%	4.11%
Volatilité	11.44%	8.95%	9.21%

Si le rendement moyen du portefeuille n'est autre que la moyenne pondérée des rendements moyens réalisés par Apple et Google, ce n'est pas le cas pour sa volatilité. En effet, nous avons vu que cette volatilité va également dépendre de la covariance et, de facto, de la corrélation qui lui est associée. Sur la page suivante, nous illustrons l'impact que cette dernière peut avoir sur le risque d'un portefeuille. Il est à noter que le rendement moyen du portefeuille (4.11%) demeure inchangé, seule la volatilité du portefeuille est impactée.

En tenant compte du coefficient de corrélation réellement observé durant la période considérée, nous aboutissons donc aux résultats suivants :

Tableau 10 : Volatilité et corrélation observée

Corrélation	0.627635	Variance du portefeuille	0.00848707
		Volatilité du portefeuille	9.21%

Nous pouvons faire varier ce coefficient de corrélation entre Apple et Google afin d'observer comment celui-ci va impacter le risque de notre portefeuille. Supposons que nous soyons dans le cas d'une corrélation positive parfaite entre les deux titres. Toutes choses étant égales par ailleurs, notre coefficient de corrélation vaut alors 1 et nous nous retrouvons avec un risque qui a augmenté d'environ 10.67% :

Tableau 11 : Volatilité et corrélation positive parfaite

Corrélation	1	Variance du portefeuille	0.010394155
		Volatilité du portefeuille	10.20%

Ce résultat équivaut à la somme pondérée des volatilités d'Apple et de Google. Ainsi, nous pouvons en déduire que la moyenne de la volatilité des titres ignore le lien supposé entre nos deux actions.

Si nous supposons que le lien entre les deux titres est faible et que nous faisons donc passer le coefficient de corrélation à 0, la volatilité de notre portefeuille subira une diminution d'environ 21.16% par rapport à celle obtenue en considérant le coefficient de corrélation effectivement observé :

Tableau 12 : Volatilité et corrélation égale à 0

Corrélation	0	Variance du portefeuille	0.005275057
		Volatilité du portefeuille	7.26%

Enfin, si nous suivons le même raisonnement avec une corrélation négative parfaite, les résultats sont encore meilleurs en termes de risque. En effet, en prenant un coefficient égal à -1, la volatilité de notre portefeuille passe de 9.21% à 1.25%, ce qui représente une diminution de près de 86.44%.

Tableau 13 : Volatilité et corrélation négative parfaite

Corrélation	-1	Variance du portefeuille	0.000155958
		Volatilité du portefeuille	1.25%

Cette démonstration illustre l'intérêt de prendre en compte la corrélation existante entre les divers actifs au moment de construire un portefeuille. Avec une corrélation de 1, nous

observons que l'ajout d'un titre au portefeuille n'apporte pas les bénéfices escomptés de la diversification, à savoir la diminution de son risque.

Dans ce contexte particulier de corrélation positive parfaite, il serait alors plus avantageux d'investir 100% de notre capital dans l'un des deux titres selon nos objectifs. Ainsi, si nous avons souhaité avoir un meilleur rendement, il aurait fallu acheter uniquement des actions Apple car le rendement moyen obtenu aurait été de 5.67%. Autrement, si nous avons souhaité bénéficier d'un risque plus faible, il aurait été plus opportun de placer 100% de notre capital dans des actions Google car la volatilité aurait été de 8.95%.

Aussi, nous observons que plus le coefficient de corrélation diminue, plus la volatilité du portefeuille tend également à diminuer. Dès lors, nous trouvons une volatilité minimale de 1.25% lorsque le coefficient est égal à -1 contre 9.21% lorsque l'on considère celui effectivement observé (0.627635) entre les deux actions.

Ainsi, plus la corrélation entre les actifs a une valeur élevée (tend vers 1) et moins la diversification a de sens car elle n'apporte pas de diminution de la volatilité du portefeuille.

A l'inverse, plus ce lien entre les actifs est faible (tend vers -1) et plus nous bénéficierons des effets de la diversification qui se traduit par une diminution significative du risque du portefeuille. Pour l'investisseur, cela est plutôt une bonne nouvelle car cela lui permettra d'anticiper avec davantage de précisions ses résultats futurs puisque ceux-ci seront moins soumis à une grande variabilité car les mouvements des deux titres tendent à se compenser. Par conséquent, si une action *A* vient à diminuer, il se peut qu'une action *B* demeure stable ou prenne de la valeur (et inversement), ce qui donne lieu à un portefeuille qui ne souffre pas trop lorsque le cours d'un seul des titres chute. Toutefois, cette réflexion est aussi valable dans un scénario haussier. En effet, nous ne bénéficierons de la hausse d'un seul des titres qu'à concurrence du pourcentage que celui-ci occupe dans notre portefeuille.

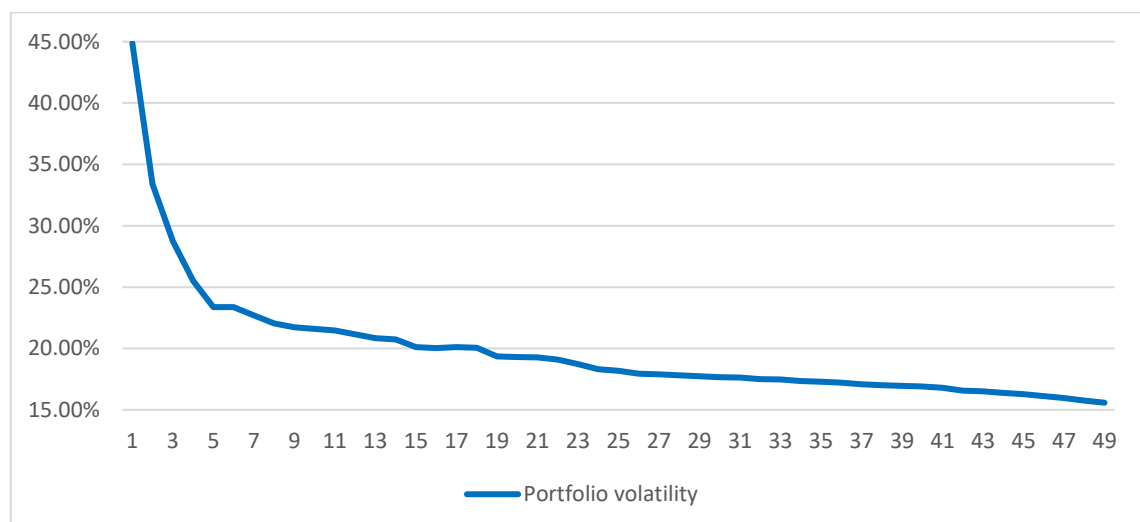
Malgré une excellente diversification, il restera néanmoins un résidu de volatilité. C'est ce que nous appelons communément le risque non diversifiable (ou risque du marché) qu'il convient de distinguer du risque diversifiable (ou risque spécifique). C'est ce dernier que nous parvenons à diminuer. La diversification permet de gommer les mouvements spécifiques à chaque titre tandis que les mouvements systématiques tendent à demeurer.

Il est à noter que les effets de la diversification sont obtenus dès qu'un portefeuille comporte entre dix et vingt titres. L'apport marginal des titres suivants en termes de diminution du risque devient alors faible voire négligeable. De ce fait, un portefeuille de taille relativement réduite suffit pour tirer profit des effets de la diversification si l'on tient compte d'une corrélation (ou d'une covariance) entre les titres qui ne soient pas trop élevée.

Nous pouvons illustrer ce dernier point en prenant un exemple tiré de l'un des cours de *Pratique de la gestion du portefeuille* du professeur François Duc.

L'exemple considère les rendements mensuels de quarante-neuf différents secteurs entre le début de l'année 1995 et la fin de l'année 2018. La moyenne des rendements annualisée ainsi que la volatilité annualisée ont été calculées pour chacun des secteurs. Ensuite, les secteurs ont été classés par ordre décroissant en fonction de leur volatilité annualisée. Enfin, afin d'observer comment évolue la volatilité, un grand nombre de portefeuille est constitué en y ajoutant à chaque fois un secteur supplémentaire. Ainsi, le premier portefeuille ne représente que le secteur ayant la plus grande volatilité. Le deuxième portefeuille est composé des deux secteurs ayant la plus grande volatilité annualisée et ainsi de suite. Ce raisonnement se poursuit jusqu'à ce que chacun des quarante-neuf secteurs soit représenté dans le portefeuille. Nous ajoutons ci-contre le graphique résultant de ces diverses opérations et qui représente l'évolution du risque lié aux différents portefeuilles :

Figure 1 : Impact de l'augmentation du nombre de secteurs dans le portefeuille



(Cours 8 pratique de la gestion du portefeuille, Pr. François Duc)

Comme nous pouvons le remarquer, la volatilité du portefeuille diminue très fortement au début. Elle est pratiquement divisée par deux lorsque les placements sont éparpillés

sur les sept premiers secteurs. Par la suite, la diminution de la volatilité amenée par chaque titre est moins marquée. Avec une vingtaine de secteurs, la volatilité passe de 44.9% à 19.3%, soit une diminution de pratiquement 57% du niveau du risque. Ensuite, nous pouvons noter qu'en ajoutant vingt-neuf titres supplémentaires, composant ainsi le portefeuille investi dans tous les secteurs, la volatilité ne passe que de 19.3% à 15.6%, soit une diminution de seulement 19.26%. Cet exemple semble bien confirmer ce que nous dit la littérature financière : un portefeuille comprenant entre dix⁵ et vingt⁶ titres permet d'obtenir d'excellents résultats en termes de diminution du risque.

2.4 La frontière efficiente des portefeuilles

Après avoir tenu compte des rendements, des écart-types ainsi que des relations entre les différents titres, il est possible de tracer ce que l'on nomme la frontière efficiente des portefeuilles. Cette frontière peut être construite de deux façons. La première consiste à générer des portefeuilles dont la pondération des actifs est allouée de façon aléatoire. En générant un certain nombre de portefeuilles ainsi qu'un nuage de points représentant ces derniers, il sera possible de deviner une enveloppe extérieure dominante de ces portefeuilles représentés. Cette méthode a le désavantage d'être assez longue à réaliser car il est nécessaire de générer un nombre important de portefeuilles avant de pouvoir deviner ladite enveloppe. Nous illustrerons ce point dans la partie traitant de notre simulateur.

La seconde méthode consiste à recourir à des calculs d'optimisation. Ces calculs peuvent également s'avérer longs à réaliser. Toutefois, Excel fournit son outil *Solver* qui permet de facilement trouver les solutions de tels calculs. Dans un premier temps, il s'agira de trouver le portefeuille de volatilité minimale et d'enregistrer l'écart-type ainsi obtenu. Ensuite, nous devons augmenter légèrement cette volatilité et chercher le portefeuille qui maximise le rendement pour ce niveau de risque. Ce processus se répète jusqu'à ce que nous atteignons le portefeuille de volatilité maximale. Une illustration du processus est disponible en annexe (cf. annexe 2).

⁵ ALPHONSE, Pascal, DESMULIERS, Gérard, GRANDIN, Pascal et LEVASSEUR, Michel. *Gestion de portefeuille et marchés financiers*. 2^e ed.. enrichie. Pearson France, 2017. ISBN 978-2-3260-0165-7

⁶ « The Importance Of Diversification », *Investopedia* [en ligne], <https://www.investopedia.com/investing/importance-diversification> (Page consultée le 23 décembre 2020)

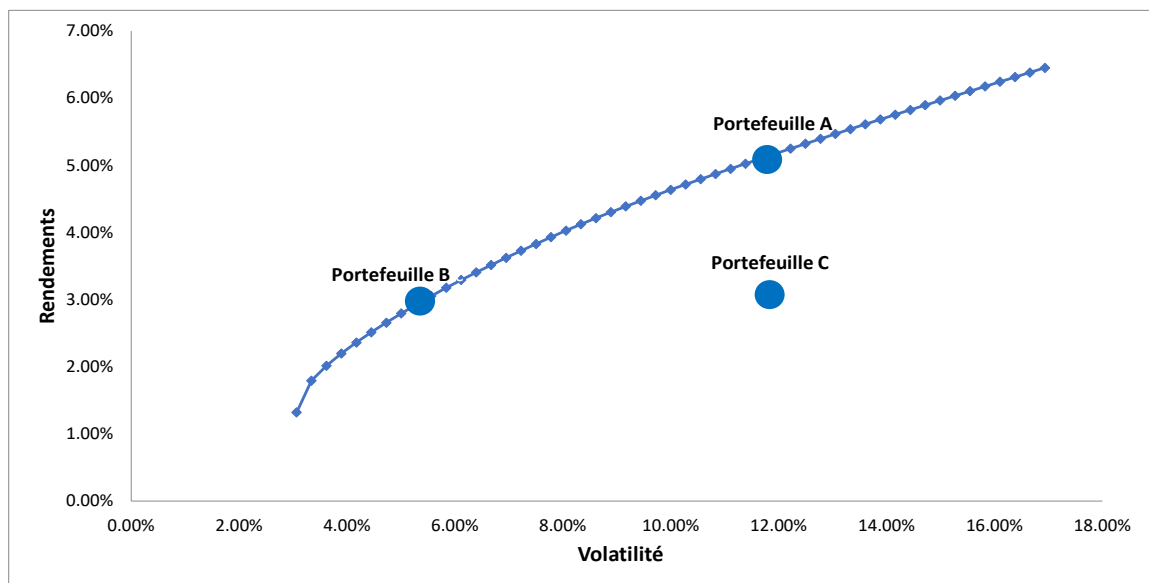
Une fois cette frontière obtenue et en tenant compte des titres sélectionnés, il sera possible de lire sur cette frontière les portefeuilles qui :

- Pour un niveau de risque donné, fournissent le meilleur rendement possible
- Pour un niveau de rendement donné, minimisent la volatilité

Par conséquent, tout portefeuille qui s'inscrit sur cette frontière est dit dominant par rapport aux autres. En effet, comme nous pouvons l'observer sur le graphique ci-contre, le *portefeuille C* est dominé par le *portefeuille A* et le *portefeuille B* car :

- Pour une volatilité de 12%, le *portefeuille A* offre un rendement de 5% tandis que le rendement du *portefeuille C* n'est que de 3%
- Pour un rendement de 3% le *portefeuille B* a une volatilité proche de 6% tandis que celle du *portefeuille C* s'élève à 12 %

Figure 2 : Frontière efficiente et portefeuilles dominants



Nous pouvons aussi observer que pour bénéficier de rendements plus élevés il est nécessaire de prendre plus de risque, démontrant ainsi la relation générale qu'il existe entre les placements peu risqués et moins rentables ainsi qu'entre ceux plus risqués offrant une meilleure performance.

Enfin, puisque cette frontière expose les « meilleurs » portefeuilles compte tenu de l'univers d'investissement retenu, l'investisseur qui est très averse au risque devrait choisir un portefeuille proche de celui de la volatilité minimale. A l'inverse, celui qui est prêt à prendre plus de risque devrait choisir un portefeuille proche de celui de la volatilité

maximale. Ce choix dépendra naturellement des objectifs qu'il a fixé en amont⁷ et son portefeuille optimal doit alors se situer quelque part sur la courbe⁸.

Nous concluons ici notre partie du travail traitant des différentes statistiques de base en gestion du portefeuille. Nous avons tenté de les expliciter et de les expliquer au mieux tout en essayant de montrer leur utilité au-travers de divers exemples en nous référant à chaque fois à notre portefeuille équilibré composé d'actions d'Apple et de Google. Il est à noter que nous n'avons pas été exhaustifs et que d'autres mesures ainsi que statistiques existent dans la théorie financière. Néanmoins, nous considérons celles-ci comme étant les principales à utiliser pour réaliser notre application qui traite des actions.

Avant d'aborder plus en détail le simulateur que nous avons conçu, nous souhaitons montrer ce qui se fait actuellement dans ce domaine. Dans ce but, nous nous pencherons principalement sur les plateformes de Stock-Trak et de Swissquote.

⁷ ALPHONSE, Pascal, DESMULIERS, Gérard, GRANDIN, Pascal et LEVASSEUR, Michel. *Gestion de portefeuille et marchés financiers*. 2^e ed.. enrichie. Pearson France, 2017. ISBN 978-2-3260-0165-7

⁸ FABOZZI, Frank J. *Encyclopedia of Financial Models Vol. I*. New Jersey : John Wiley & Sons, 2013. ISBN 978-1-118-01032-7

3. Des solutions existantes en matière de simulation

Dans le domaine de la gestion d'actifs, il est aujourd'hui possible de trouver divers services qui permettent la simulation ainsi que la visualisation de portefeuilles. A l'aide d'une recherche sur Internet avec des mots-clefs tels que « Simulateur de portefeuilles » ou « portefeuilles virtuels », il est possible d'être redirigé vers différents sites bancaires et non bancaires qui permettent de réaliser gratuitement un portefeuille en choisissant les actifs qui nous intéressent et de pouvoir suivre son évolution dans le temps. C'est par exemple ce que proposent des banques comme Swissquote ou la plateforme Stock-Trak. Ces différents services peuvent être considérés comme une forme d'entraînement et d'apprentissage pour les individus souhaitant réaliser de la gestion d'actifs avant de se lancer dans la réalisation d'un portefeuille réel qui impliquera des dépenses monétaires lors de l'achat et de la vente des différents titres ainsi que des frais de transaction. Cela leur permet notamment de comprendre comment évoluent les différents titres financiers (actions, options, obligations) ainsi que le fonctionnement des marchés.

Aussi, il est possible de citer des solutions de gestion automatisée. C'est notamment ce que propose Swissquote au-travers de son Robot-conseiller. L'utilisation de ce dernier est relativement simple et nous l'expliquerons également plus en détail par la suite.

3.1 La plateforme Stock-Trak

Présente depuis près de trente ans, Stock-Trak est une plateforme éducative (non-bancaire) très complète concernant la simulation et la gestion de portefeuilles. Elle s'adresse principalement aux Universités et aux Hautes Ecoles mais les particuliers ainsi que les entreprises peuvent également bénéficier des services proposés par la plateforme. Elle offre à ses visiteurs de nombreux indicateurs sur la situation actuelle du marché ainsi que sur l'état de nombreux instruments financiers.

Ainsi, il est possible de consulter l'état du marché des devises (*Forex*), l'état du marché américain via l'indice du Nasdaq Composite ainsi que sa situation économique au-travers de son niveau d'inflation et du prix des bons du trésor (*T-Bonds*).

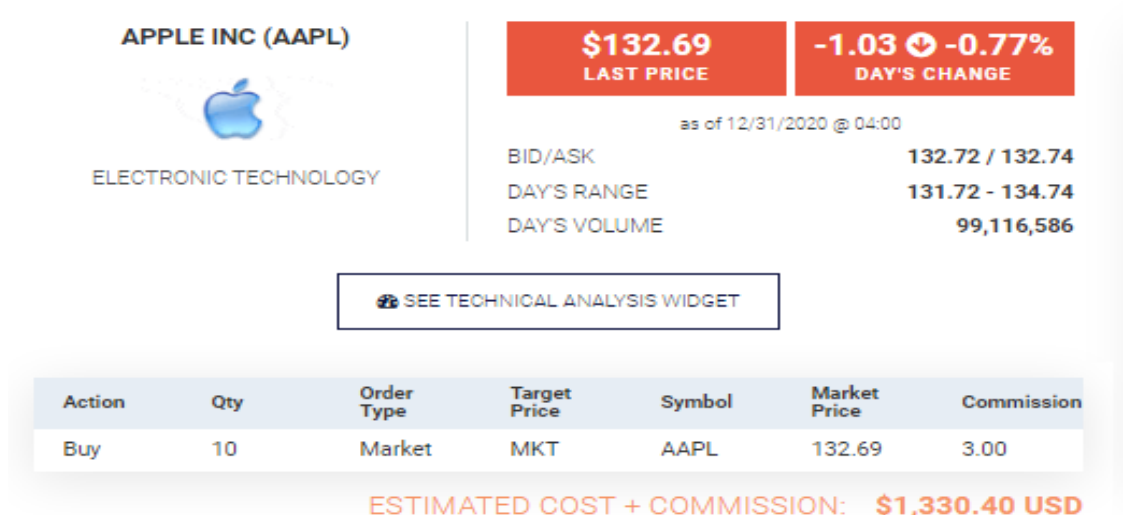
La plateforme permet également de suivre des indicateurs plus spécifiques en lien avec une entreprise en particulier. Il est par exemple possible d'avoir un aperçu des chiffres et des ratios clefs d'Apple, de l'évolution de ses états financiers, du cours de son action, des différentes options en vigueur ou encore une analyse financière avec des recommandations concernant l'achat ou la vente de ses actions. Ce sont autant d'outils

qui vont permettre aux utilisateurs d'analyser une entreprise afin de déterminer si oui ou non il serait judicieux d'acquérir l'un de ses titres.

De plus, Stock-Trak se veut pédagogue et propose des tutoriels ainsi que des petits cours de formation en ligne (*e-learning*). Nous pouvons y trouver des explications concernant les différents instruments financiers, comment gérer un portefeuille et sur quelles bases choisir les titres qui le composent ainsi que comment établir une stratégie.

Malgré tous ses différents atouts, l'intérêt majeur de Stock-Trak réside dans son simulateur de portefeuilles. Initialement, l'utilisateur définit son capital de départ et peut ensuite prendre ses positions. Il y a un large panel d'instruments financiers à disposition dans lesquels il peut placer ses fonds. Les données étant fournies par *XIGNITE* et *QuoteMedia*, il est fort probable que la cotation des différents actifs proposés se fondent sur les valeurs du NASDAQ et de NYSE.

Figure 3 : Placer un ordre sur Stock-Trak



(Stock-Trak, Make a trade)

Nous y retrouvons notamment les classes d'actifs suivantes :

- Les actions
- Les obligations
- Les monnaies (*Forex*) et crypto-monnaies
- Les options
- Les futures
- Les fonds et les ETFs

Une fois les ordres passés, l'utilisateur peut consulter ses positions en cours (cf. annexe 3), ses positions fermées ainsi que l'historique de ses transactions. Il pourra également

accéder à un résumé de l'état de son portefeuille ainsi que son classement qui le comparera avec celui d'autres utilisateurs. En outre, il peut monitorer ses différents avoirs depuis une section *Dashboard* (tableau de bord) dans laquelle il observe les classes d'actifs et les différents secteurs d'activités dans lesquels il a investi (cf. annexe 4).

Enfin, l'utilisateur peut observer à chaque instant la valeur de son portefeuille, le rendement de ce dernier ainsi que le montant en cash dont il dispose.

Figure 4 : Valeur et rendement du portefeuille sur Stock-Trak

PORTFOLIO VALUE	\$102,303.30	RETURN PERCENTAGE	2.30 ↑	CASH BALANCE	\$0.00	BUYING POWER	\$90,220.16
-----------------	--------------	-------------------	--------	--------------	--------	--------------	-------------

(Stock-Trak, Portfolio summary)

Son exhaustivité, son aspect pédagogique et sa simplicité d'utilisation sont, selon nous, autant d'atouts qui ont permis le succès de la plateforme qui attire aujourd'hui près de 800'000 utilisateurs chaque année.

3.2 Swissquote

Contrairement à Stock-Trak, Swissquote est un groupe bancaire suisse. Fondé en l'an 2000, le groupe détient son siège social à Gland dans le canton de Vaud. Avec ses différentes plateformes de trading, la société est notamment présente sur le marché des actions, des obligations, des options, des crypto-monnaies et des ETFs. Elle propose également un service de banque plus traditionnel comme l'accès aux hypothèques et au Crédit Lombard ou encore la possibilité d'ouvrir un compte d'épargne. Elle est également émettrice de cartes de crédit.

La particularité de Swissquote est que ses services sont intégralement proposés en ligne. En effet, ils ont acquis, peu de temps après leur création, le statut de première banque exclusivement en ligne de Suisse⁹.

A l'instar de Stock-Trak, Swissquote propose sur son site de petites formations en ligne sous la forme de vidéos, d'*eBooks* ou de *Webinaires*. Aussi, nous pouvons y retrouver la situation des marchés par zone géographique (Suisse, Amérique du Nord, Europe, Monde) ainsi que les cotations de diverses classes d'actifs.

Enfin, chacune des plateformes de trading de Swissquote propose une version d'essai. Pour y accéder, il suffit de créer un compte *demo* directement sur le site de la banque. A ce propos, nous en avons créé un afin de pouvoir essayer leur plateforme eTrading^{demo}

⁹ « Notre histoire », Swissquote [en ligne], <https://fr.swissquote.com/company/about-us/our-history#our-values>, (page consultée le 23 décembre 2020)

ainsi que leur Robo-Advisor dans le but d'observer leur qualité en tant que simulateurs de portefeuilles.

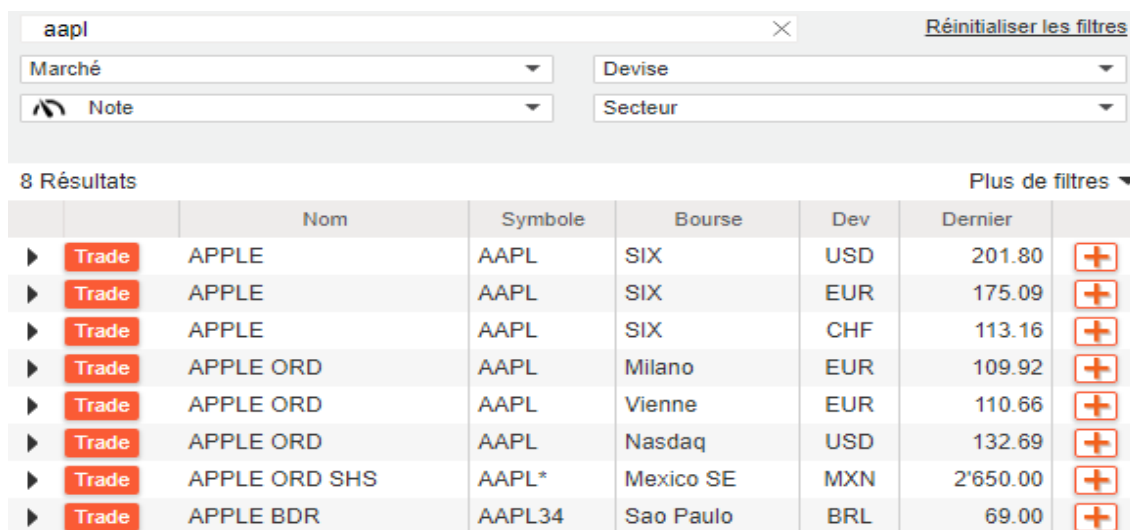
Dans les deux prochaines sous-parties du travail, nous aborderons d'abord la plateforme de trading dans sa version de démonstration. Nous ferons ensuite un bref historique de la gestion automatisée et tenterons d'expliquer au mieux le fonctionnement du robot-conseiller mis au point par Swissquote.

3.2.1 eTrading^{demo}

Dans sa version *demo*, la banque met à disposition de l'utilisateur un capital initial de CHF 10'000. C'est une première différence que nous pouvons relever par rapport à Stock-Trak qui laisse le champ relativement libre à l'utilisateur concernant le montant de départ disponible.

Une autre différence que nous pouvons citer est le choix laissé à l'utilisateur concernant la bourse sur laquelle il souhaite trader son actif. En effet, nous avons constaté qu'une même action peut être échangée sur la bourse suisse (SIX) ou sur une bourse étrangère, permettant ainsi de faire face à des devises, des prix et des volumes d'échanges différents.

Figure 5 : Choix de la bourse sur Swissquote



The screenshot shows the Swissquote eTrading demo interface. At the top, there is a search bar with 'aapl' entered. Below it are filters for 'Marché', 'Devise', 'Note', and 'Secteur'. A 'Réinitialiser les filtres' link is also present. Below the filters, it says '8 Résultats' and 'Plus de filtres'. The table below lists 8 results for AAPL, showing the name, symbol, exchange, currency, and the last price. Each row has a 'Trade' button and a '+' icon.

		Nom	Symbole	Bourse	Dev	Dernier	
▶	Trade	APPLE	AAPL	SIX	USD	201.80	+
▶	Trade	APPLE	AAPL	SIX	EUR	175.09	+
▶	Trade	APPLE	AAPL	SIX	CHF	113.16	+
▶	Trade	APPLE ORD	AAPL	Milano	EUR	109.92	+
▶	Trade	APPLE ORD	AAPL	Vienne	EUR	110.66	+
▶	Trade	APPLE ORD	AAPL	Nasdaq	USD	132.69	+
▶	Trade	APPLE ORD SHS	AAPL*	Mexico SE	MXN	2'650.00	+
▶	Trade	APPLE BDR	AAPL34	Sao Paulo	BRL	69.00	+

(Swissquote, eTrading^{demo})

La liste des instruments financiers dans lesquels l'utilisateur peut investir est proche de celle de Stock-Trak. Toutefois, le marché du Forex et des crypto-monnaies n'y sont pas disponibles. Pour y accéder, il est nécessaire de passer par les plateformes dédiées à ces actifs.

Nous retrouvons également sur la plateforme un tableau de bord qui offre une vue d'ensemble du portefeuille. Nous pouvons y consulter sa valeur actuelle, sa performance, les différentes positions ainsi que l'allocation des actifs (cf. annexe 5).

Enfin, tout comme sur la plateforme Stock-Trak, il est possible de consulter l'historique des transactions et des ordres passés.

Figure 6 : Historique des transactions sur eTrading^{demo}

Date	Ordre #	Transaction	Nom		Quantité	Prix unitaire	Coûts	Montant net	Solde	Devise
04-01-2021 15:30:14	44615397	Achat	PHILIP MORRIS INTERNATIONAL OR	≡	10.0	82.85	<u>26.24</u>	-854.74	-4'978.32	USD
04-01-2021 06:50:17	44615394	Achat	MICROSOFT ORD	≡	5.0	222.70	<u>26.67</u>	-1'140.17	-4'123.58	USD
03-01-2021 19:23:02	44615395	Achat	SPDR S&P 500 ETF	≡	5.0	374.41	<u>27.81</u>	-1'899.86	-2'983.41	USD
22-12-2020 21:08:52	44614448	Achat	APPLE ORD	≡	8.0	132.12	<u>26.59</u>	-1'083.55	-1'083.55	USD

(Swissquote, eTrading^{demo})

Bien que l'aspect de la plateforme de trading de Swissquote nous paraisse légèrement plus rudimentaire, elle n'en demeure pas moins très complète sur le fond et elle fournit tous les éléments nécessaires à la constitution et au suivi d'un portefeuille

Malgré leurs légères différences, les deux plateformes de trading que nous venons de mentionner offrent les mêmes finalités. Nous y retrouvons la possibilité de passer des ordres pour différentes classes d'actifs, la possibilité de consulter les positions ainsi que leur historique, un tableau de bord du portefeuille sur lequel nous pouvons consulter sa valeur, sa performance et l'allocation des actifs. Ces différents points sont, selon nous, les plus indispensables dans une application de simulation.

Par conséquent, nous les retrouverons également dans le simulateur que nous avons développé et dont nous parlerons davantage plus loin dans ce travail.

3.2.2 Les Robots-conseillers et Robo-Advisor^{demo}

D'une manière générale, nous pouvons définir les robot-conseillers comme des solutions de gestion automatisée qui visent à déterminer le profil d'un investisseur dans le but d'établir une stratégie d'investissement qui lui correspond et ainsi effectuer les diverses allocations et ré-allocations d'actifs qui en découlent.

Bien que les Robo-Advisors puissent sembler être une technologie récente et innovante, ils sont présents sur le marché depuis environ une quinzaine d'années. Le célèbre économiste William F. Sharpe a été un des précurseurs dans ce domaine. En effet, son entreprise *Financial Engines*, fondée en 1996, est considérée comme la première à avoir commercialisé une solution de *Robo-Advisory*. Cette dernière était une plateforme de conseil en ligne qui aidait les clients à planifier leur retraite.

La montée en puissance des technologies, la crise financière de 2008 et la perte de confiance envers les banques qui s'en est suivie sont, selon nous, autant de points-clefs qui ont favorisé l'expansion du secteur. Par exemple, c'est à la suite de cette crise qu'est apparu *Wealthfront*. Sa vision, qui lui a valu son succès, était de démocratiser les outils digitaux auxquels seuls les professionnels avaient accès. L'entreprise gère aujourd'hui près de 20 milliards d'USD d'actifs. S'en est suivie une multitude de sociétés proposant des services similaires. Le business model ainsi que les clients ciblés peuvent varier d'une société à l'autre mais le principe demeure le même, à savoir la réduction de l'intervention humaine.

La banque digitale Swissquote semble avoir suivi le mouvement en lançant son offre de robot-conseiller en 2010. Les grandes institutions ont quant à elles tardé à proposer de tels services. Une réticence pouvant être expliquée par la nature disruptive de la technologie. Elles commencent cependant à y voir de nouvelles opportunités et une bonne façon de diversifier leur offre de services. Depuis 2014, quelques gros groupes telles que *BlackRock*, *Fidelity*, *Vanguard* ou encore *Wells Fargo* ont acquis des parts de sociétés de *Robo-Advisory* ou même développé leur propre outil. Nous pouvons relever que *Vanguard* domine actuellement le marché avec près de 112 milliards d'USD gérés par son *Robo-Advisor*. D'ici 2023, la valeur des actifs sous gestion par les robots-conseillers devrait être proche de 1'486 milliards USD selon certaines estimations¹⁰.

Afin de montrer le fonctionnement de la gestion automatisée, nous nous focalisons sur le robot développé par Swissquote qui propose une version démonstrative. En se rendant sur la plateforme de la banque, les clients potentiels peuvent accéder à la version de démonstration du robot après avoir créé un compte. Une fois connecté, l'utilisateur arrive sur une interface qui lui permet de créer une nouvelle stratégie.

Figure 7 : Interface de création de stratégie



(Swissquote, Rodo-advisor^{demo})

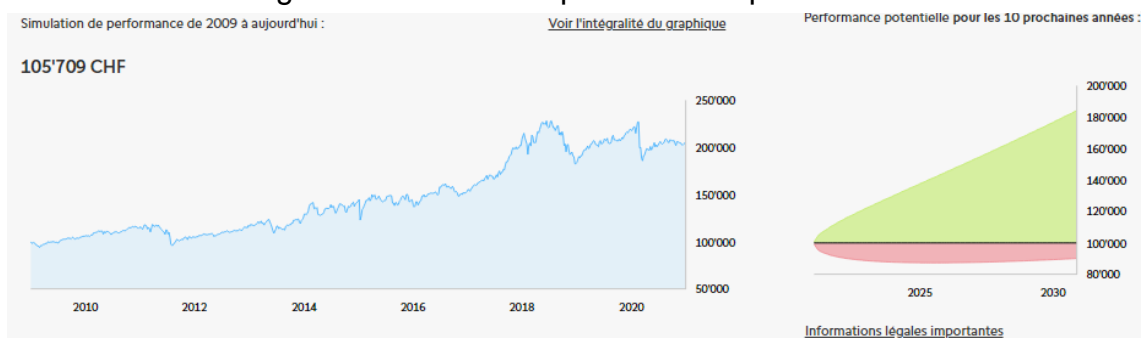
¹⁰ ABRAHAM, Facundo, SCHMUKLER, Sergio et TESSADA, José.
Robo-Advisors : Investing through Machines. 2019

Il lui suffit alors de cliquer sur le bouton « + » afin de pouvoir accéder aux détails de la stratégie et de commencer à la paramétrer (cf. annexe 6). Il pourra notamment donner un nom à sa stratégie, définir le montant d'investissement et sa devise, le niveau de risque qu'il est prêt à tolérer, s'il souhaite ou non une couverture du risque de change ainsi que la fréquence de re-balancement du portefeuille (cf. annexe 7).

L'utilisateur peut également définir son univers d'investissement par classe d'actifs ainsi que par secteur ou zone géographique. Il a notamment accès au marché des actions, des matières premières, des crypto-monnaies, de l'immobilier et à celui des obligations (cf. annexe 8). En outre, il peut ajouter des actifs dans une *Wishlist* ou une *Blacklist* s'il souhaite absolument qu'un titre figure ou non dans son portefeuille.

Une fois tous les paramètres définis, il ne reste plus qu'à donner l'ordre au robot de calculer le portefeuille optimal qui se fait à l'aide d'un algorithme d'allocation. Le robot réalise également un *backtest* afin de simuler qu'elle aurait été la performance si le portefeuille avait été créé en 2009. Aussi, il permet de visualiser la performance potentielle pour les dix prochaines années et ainsi d'observer l'éventuelle valeur future du portefeuille.

Figure 8 : *Backtest* et performance potentielle



(Swissquote, Robo-advisor^{demo})

Enfin, l'utilisateur peut consulter les détails de sa stratégie afin de voir dans quels actifs le robot a décidé de placer son capital. Une liste détaillée qui mentionne les différentes classes d'actifs, les secteurs, les régions, les quantités, les valeurs ainsi que la pondération des différents actifs est alors fournie (cf. annexe 9).

Ce que nous trouvons intéressant avec le robot de Swissquote est qu'il offre un regard non seulement sur le passé avec le *backtest* de la stratégie mais également sur l'avenir. Il est alors possible de s'amuser à créer diverses stratégies avec des niveaux de risque et d'univers d'investissements différents afin de se faire une idée sur les gains potentiellement réalisables avant de réellement placer son capital.

Aussi, un autre point intéressant que nous pouvons relever est que, contrairement aux deux précédents simulateurs que nous avons présentés, ici l'utilisateur ne simule pas des transactions. Il va simplement paramétrer le robot de telle sorte à ce que ce dernier réalise les objectifs qu'il a défini et c'est lui qui va se charger de composer le portefeuille. L'investisseur n'est plus confronté à un choix d'univers d'investissement ou de pondérations d'actifs mais se retrouve face à un choix de paramétrage, repensant d'une certaine façon le paradigme de la gestion de portefeuille.

4. Notre application de simulations

Dans cette section, nous parlerons plus en détails du programme de simulations de portefeuilles que nous avons réalisé sur VBA. Nous expliciterons notamment sa structure, le fonctionnement de celui-ci et illustrerons les différents résultats qu'il est possible d'obtenir grâce à ses procédures. Nous finirons par mentionner quels sont, selon nous, les différents points forts, les éventuelles limites ainsi que les améliorations possibles de notre application.

4.1 Son fonctionnement et son but

L'application de simulations que nous avons développée dans le cadre de ce travail de Bachelor est composée de deux parties. La première a une vocation plutôt analytique tandis que la seconde est davantage orientée vers la pratique de la gestion de portefeuille. Le classeur au format *xlsm* est structuré en onze feuilles distinctes sur lesquelles sont présents des boutons qui serviront à exécuter les différentes macros et ainsi accueillir les données générées par les diverses procédures. Nous ajouterons en annexe le code des principales procédures.

4.1.1 La partie sur l'analyse des actions

Cette première partie s'inspire de la théorie moderne du portefeuille proposée par Markowitz et a pour but d'analyser des titres à l'aide des différentes statistiques financières que nous avons pu mentionner dans la deuxième section de ce travail (cf. Les statistiques en gestion du portefeuille). Dans un premier temps, l'utilisateur devra se rendre sur *Yahoo!Finance* afin de télécharger les fichiers au format *.csv* des actions qu'il souhaite analyser. Il devra faire en sorte de placer ces différents fichiers dans le même dossier que le fichier Excel au format *.xlsm* qui contient notre code.

Les différentes feuilles (*sheets*) destinées à accueillir les données sont ordonnées de la manière suivante :

- *Dates, prix et rendements*
- *Résumé*
- *Centralisation*
- *Matrice de covariance*
- *Matrice de corrélation*
- *Portefeuilles possibles*
- *Frontière efficiente*

Une fois le dossier préparé, l'utilisateur pourra commencer à utiliser la première partie de notre application. Depuis la feuille *Dates, prix et rendements*, il peut importer les données éponymes des différentes actions qu'il aura placé dans son dossier. Sur la feuille suivante, une procédure permet de calculer certaines statistiques telles que la moyenne, la variance et la volatilité des différentes actions que l'utilisateur a importées (cf. annexe 10 pour la procédure).

Figure 9 : Exemple de résumé statistiques

Nom	Moyenne	Variance	Ecart-Type	Rdts observés
AAPL	2.45%	0.0070	8.35%	71
ACN	1.88%	0.0034	5.82%	71
AMD	6.45%	0.0287	16.94%	71
ATVI	2.27%	0.0065	8.06%	71
BA	1.53%	0.0130	11.42%	72
BRK.B	0.78%	0.0023	4.77%	71

Afin de se faire une idée sur les liens entre les différents actifs, il lui est possible de générer la visualisation des matrices de corrélation (depuis la feuille *Matrice de corrélation*) ou de variance-covariance (depuis la feuille *Matrice de covariance*) et, de ce fait, d'estimer si le choix des titres sélectionnés apportera les effets espérés de la diversification.

Figure 10 : Exemple de matrice de corrélation

	AAPL	ACN	AMD	ATVI	BA	BRK.B
AAPL	1	0.577791	0.376099	0.483001	0.251738	0.424567
ACN	0.577791	1	0.39799	0.3179	0.485009	0.543199
AMD	0.376099	0.39799	1	0.302596	0.234206	0.507922
ATVI	0.483001	0.3179	0.302596	1	0.144566	0.116792
BA	0.251738	0.485009	0.234206	0.144566	1	0.533163
BRK.B	0.424567	0.543199	0.507922	0.116792	0.533163	1

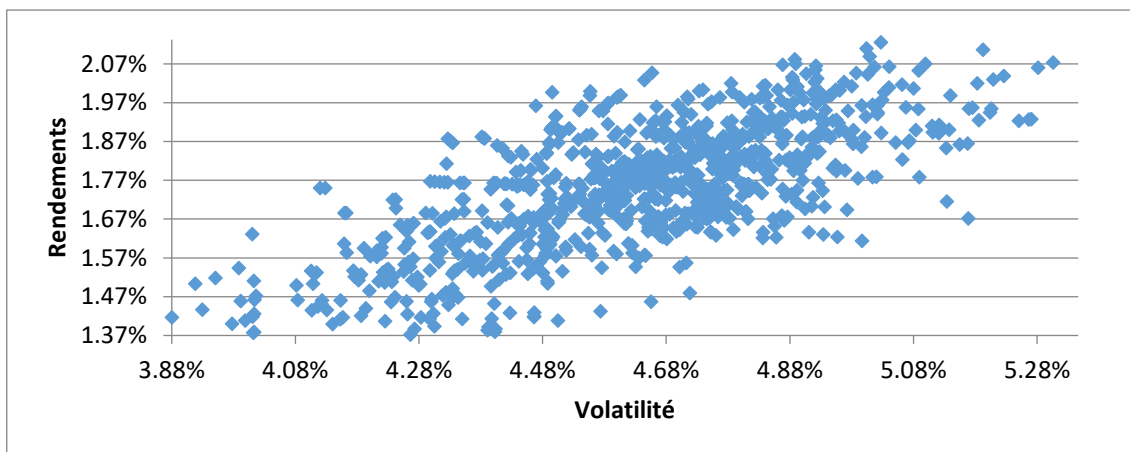
Depuis la feuille *Portefeuilles possibles*, l'utilisateur définit le nombre de simulations qu'il souhaite réaliser. A chaque simulation, le programme va allouer des poids aléatoires à chacun des titres importés et tenir compte de la moyenne de leurs rendements, de leur volatilité historique ainsi que de leur covariance. Il y aura alors autant de portefeuilles que de simulations effectuées et il sera possible d'observer, pour chacun d'entre eux, leur rendement, leur variance, leur volatilité ainsi que la pondération des actions qui les composent (cf. annexe 11).

Figure 11 : Exemple d'un portefeuille résultant de la simulation

Portefeuilles	Variance	Ecart-Type	Moyenne du portefeuille	AAPL	ACN	AMD	ATVI	BA	BRK-B
Portefeuille 1	0.003594168	6.00%	2.32%	21.27%	17.80%	8.55%	25.14%	17.35%	9.89%

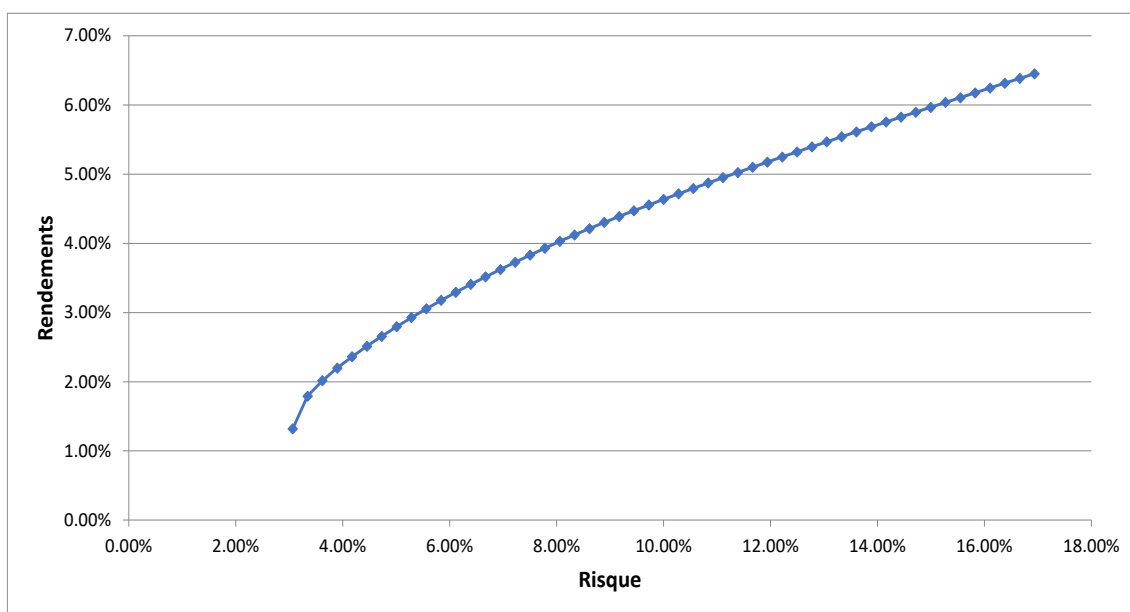
En outre, il aura la possibilité de générer un graphique des simulations réalisées dans lequel chaque point représente un portefeuille. Comme nous le disions dans la partie traitant de la frontière efficiente, nous pouvons deviner une enveloppe qui passe par tous les points extérieurs du graphique, nous donnant ainsi une ébauche de la frontière efficiente.

Figure 12 : Exemple graphique des simulations réalisées



Enfin, sur la dernière feuille de cette première partie, l'application offre la possibilité de calculer et de tracer la frontière des portefeuilles efficients. La représentation obtenue est alors une courbe sur laquelle chacun des portefeuilles a le niveau de rendement maximal pour un niveau de risque donné. La procédure du calcul de la frontière efficiente ainsi que la génération de son graphique sont disponibles en annexe (cf. annexes 12 et 13 respectivement).

Figure 13 : Exemple graphique de la frontière efficiente



4.1.2 La partie gestion de portefeuille

La seconde partie de notre simulateur réalisé sur Excel vise à permettre à l'utilisateur de composer un portefeuille d'actions selon ses envies ou sa stratégie. Pour réaliser cette partie de notre application, nous nous sommes inspirés de certains points que nous avons trouvés intéressants dans d'autres solutions de simulations de portefeuilles.

Tout comme dans la partie théorique, nous avons ordonné les feuilles de cette partie d'une certaine façon :

- *Positions*
- *Achats et ventes*
- *Tableau de bord*
- *Historiques transactions*

Depuis la première feuille, il est possible de créer une liste ou d'y ajouter des titres en indiquant leur *ticker* dans une boîte de dialogue. Cette liste sert à composer le portefeuille et il est impératif de la créer avant de pouvoir placer des ordres. Chaque ligne correspond alors à un titre. En ajoutant une action à la liste, il est possible d'observer quelle est l'entreprise émettrice ainsi que son cours actuel (cf. annexe 14).

Figure 14 : Aperçu d'une liste résultant de l'ajout d'un titre

Ticker	Entreprise	Prix actuels	
AAPL	"Apple Inc"	\$	128.73
ACN	"Accenture plc - Class A"	\$	257.89
AMD	"Advanced Micro Devices Inc."	\$	94.66

La feuille *Tableau de bord* permet de monitorer le portefeuille. Nous pouvons y consulter le montant en cash qu'il est encore possible de placer, la valeur actuelle des placements, les frais totaux qui ont été engendrés par les différents ordres ainsi que la performance globale du portefeuille.

Figure 15 : Les données principales du tableau de bord

TABLEAU DE BORD DU PORTEFEUILLE			
Montant disponible :			\$ 18 960.98
Valeur des placements :			\$102 623.70
Total :			\$121 584.68
Frais totaux :			\$690.00
Performance globale du portefeuille :			2.267%

C'est également depuis cette feuille que l'utilisateur pourra spécifier le montant initial qu'il souhaite placer et éventuellement ajouter des fonds supplémentaires. Aussi, il a la possibilité de générer un historique du portefeuille quand il le souhaite via un bouton dédié et ainsi consulter sa performance et les variations de sa valeur monétaire au fil du temps (cf. annexe 18).

Figure 16 : Exemple d'historique de portefeuille

Historique du Portefeuille				
Dates	Valeur du portefeuille	Performance	Variations	
25.12.2020 16:15	\$ 100 349.02			
26.12.2020 20:09	\$ 100 349.02	0.00%	0.000%	
27.12.2020 19:53	\$ 100 349.02	0.00%	0.000%	
28.12.2020 21:14	\$ 101 284.39	0.93%	0.932%	

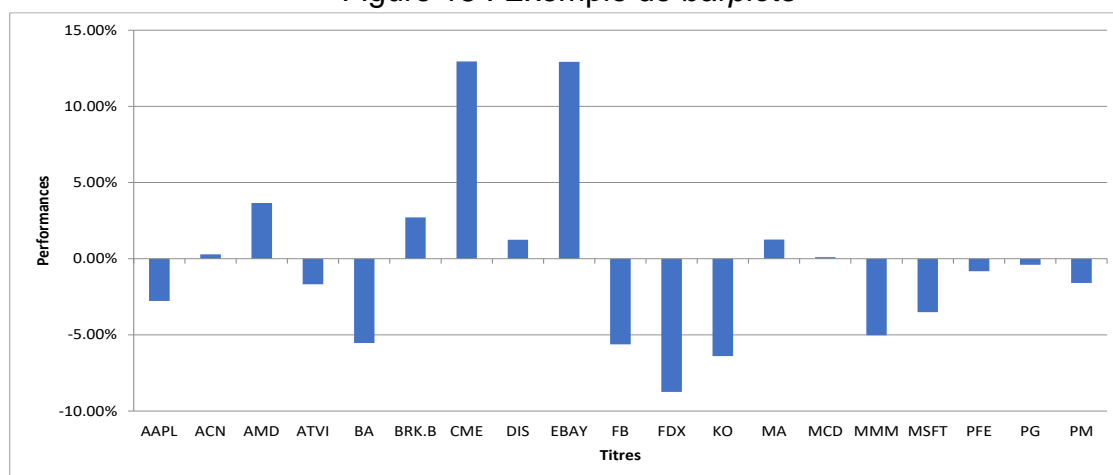
Après avoir ajouté des fonds et constitué sa liste d'actions, l'utilisateur peut commencer à placer des ordres d'achat depuis la feuille *Achats et ventes*.

Figure 17 : Exemple d'un ordre d'achat pour une action Philip Morris

Placer un ordre	
Ticker du titre :	PM
Quantité :	12
Prix :	\$82.51
Valeur de l'ordre :	\$990.12
Type d'ordre :	Achat
Frais de transaction :	30

Les différents prix des titres sont fournis par l'API *IEX Cloud*¹¹ et sont mis à jour avec un délai d'environ quinze minutes. Plusieurs types de requêtes peuvent être adressées à l'API depuis Excel¹². De la même façon que pour le portefeuille, il est également possible de suivre l'évolution de chaque titre par rapport à sa valeur initiale dans le portefeuille et ainsi d'observer quels sont sa performance, les gains ou les pertes monétaires qui lui sont associés et sa pondération au sein du portefeuille. Nous permettons aussi de générer un graphique en barres afin de mieux visualiser ces dites performances.

Figure 18 : Exemple de *barplots*



Enfin, chaque ordre placé donne lieu à un historique qui apparaît dans la dernière feuille du programme et dans lequel il est possible de consulter la date de la transaction, le type de transaction, la quantité de titres achetés ou vendus, le prix en vigueur du titre, la valeur de la transaction ainsi que les frais associés. Concernant ces derniers, nous nous sommes basés sur ceux que Swissquote applique sur sa plateforme de trading lors de transactions réalisées sur le marché américain des actions¹³.

Figure 19 : Historique des transactions

Ticker	Prix	Quantité	Valeur de l'ordre	Frais de transaction	Date	Type
AAPL	\$ 131.97	8	\$ 1 055.76	\$ 25.00	25.12.2020 16:12	Achat
ACN	\$ 257.30	4	\$ 1 029.20	\$ 25.00	25.12.2020 16:12	Achat
AMD	\$ 91.81	87	\$ 7 987.47	\$ 30.00	25.12.2020 16:12	Achat
ATVI	\$ 90.96	121	\$ 11 006.16	\$ 55.00	25.12.2020 16:13	Achat
BA	\$ 217.15	5	\$ 1 085.75	\$ 25.00	25.12.2020 16:13	Achat
BRK.B	\$ 226.53	19	\$ 4 304.07	\$ 30.00	25.12.2020 16:13	Achat

¹¹ API IEX Cloud. Disponible à l'adresse : https://iexcloud.io/?gclid=EAlaIQobChMlto6YhsyK7glVR-R3Ch2QzwRhEAAYASAAEgIImfD_BwE

¹² MILLS, Raymond. "Excel Custom Functions For IEX Trading API". *Excel And VBA Craftsman*. [en ligne]. [Consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://excelandvbcraftsman.com/custom-functions-for-iex-trading-data/>

¹³ « Tarifs ». *Swissquote* [en ligne]. <https://fr.swissquote.com/online-trading/pricing> (page consultée le 24 décembre 2020)

Nous pensons avoir montré comment fonctionne notre application ainsi que l'intérêt de chacune des parties qui la composent. Nous tenons à préciser que, dans le fichier *xlsm* qui contient notre code, les différents modules sont accompagnés d'un commentaire qui apporte des détails concernant leur but et leur fonctionnement.

En résumé, la partie sur l'analyse des actions permet de calculer différentes statistiques liées aux titres que l'utilisateur souhaiterait acquérir. Il peut être considéré comme un outil d'aide à la décision en vue de composer un portefeuille.

La partie sur la gestion de portefeuille, quant à elle, vise à permettre à l'utilisateur de passer des ordres et de pouvoir suivre un portefeuille dans le temps avec des données réelles et régulièrement mises à jour. Il peut ainsi appliquer une stratégie et observer si celle-ci s'avère fructueuse.

Idéalement, bien qu'il n'y soit pas contraint, nous souhaiterions que l'utilisateur passe d'abord par la première partie avant de commencer à utiliser la partie pratique.

4.2 Ses avantages

L'avantage principal de notre simulateur est d'être un outil facilement implémentable dans n'importe quelle machine équipée de la suite Office.

Aussi, bien que de nombreuses solutions existent en matière de simulations de portefeuilles, il n'en demeure pas moins que les utilisateurs de ces différents services sont dépendants de leur disponibilité et ne sont donc pas à l'abri d'une éventuelle cession de service, ce qui n'est pas le cas pour les détenteurs de notre code tant qu'ils parviennent à récupérer des données via un nouvel API.

Nous pouvons également relever que, puisque le code de notre programme est fourni, les utilisateurs peuvent l'explorer et le modifier afin qu'il réponde davantage à leurs besoins, notamment en consultant la documentation fournie par l'API.

4.3 Ses limites

La principale limite que nous pouvons mentionner est l'univers des actifs plutôt restreints que notre application peut traiter. En effet, comme nous le disions dans la partie introductive de ce travail, il existe actuellement un grand nombre d'instruments financiers sur le marché. Or, notre simulateur se concentre exclusivement sur les actions qui s'échangent sur le marché américain.

De plus, il est probable que notre code ne soit pas des plus optimaux. Que ce soit dans la structure globale du projet, dans la déclaration des variables ou le fonctionnement des

différentes procédures, un utilisateur initié y verrait sans doute des points à améliorer ce qui rendrait le programme moins lourd, demandant ainsi moins de ressources à la machine et rendant par la même occasion l'exécution du code plus rapide.

Enfin, il n'est pas impossible que l'utilisateur vienne à faire des manipulations que nous n'aurions pas prévues, ce qui pourrait provoquer des bugs ou une exécution incomplète des différentes procédures.

4.4 Améliorations possibles

Une amélioration possible serait de rendre l'application davantage *user-friendly*. En effet, il peut arriver que l'utilisateur doive deviner qu'il est nécessaire d'appuyer sur plusieurs boutons afin d'obtenir les résultats qu'il attend. Afin de réduire le nombre de nos boutons, une option envisageable serait d'ajouter un *Call statement* à la fin de certaines procédures afin d'alléger grandement l'interface de notre application, rendant son utilisation plus simple et plus agréable pour l'utilisateur.

Une autre amélioration que nous pourrions apporter à notre programme a déjà été citée. Il s'agit de l'inclusion d'autres classes d'actifs. En effet, il serait intéressant d'y inclure la possibilité de réaliser l'analyse et l'échange d'obligations ainsi que d'options car il s'agit d'instruments financiers également populaires qui permettraient aussi de diversifier les placements de l'investisseur.

En outre, de nombreux indicateurs et ratios existent en gestion de portefeuille. Notre application se focalise principalement sur les moyennes des rendements, les écart-types, les covariances ainsi que les coefficients de corrélation. Des indicateurs comme la *Conditional Value at Risk* (CVaR) ou le ratio de Sharpe sont deux outils qui auraient pu venir compléter l'analyse fournie par notre programme. La première est une mesure du risque qui vise à spécifier quelles sont les pertes attendues d'un portefeuille pour une période donnée. Par exemple, une CVaR à 10% à un an mettra en évidence quelle sera la performance du portefeuille dans les 10% des scénarii les plus défavorables durant l'année qui va suivre, permettant ainsi d'anticiper les pertes monétaires engendrées dans de telles situations.

Le ratio de Sharpe, quant à lui, met en évidence la surperformance dégagée par un portefeuille. Pour obtenir ce ratio, il faut soustraire le rendement d'un actif jugé sans risque (par exemple un bon du trésor américain) au rendement du portefeuille puis diviser cette différence par la volatilité du portefeuille. Le résultat ainsi obtenu permet d'observer le rendement supplémentaire des placements par unité de risque pris. En comparant différents portefeuilles, le ratio de Sharpe nous indiquerait alors quels sont

ceux qui rémunèrent le mieux le risque. Généralement, un ratio faible signifie que le rendement supplémentaire généré par le portefeuille a demandé une grande prise de risque. A l'inverse, si le ratio est élevé, cela signifie qu'une surperformance a été réalisée sans prendre de risques conséquents.

5. Notre stratégie

L'objectif que nous avons établi était de tenter de composer un portefeuille qui serait en mesure de battre le S&P500. Nous avons pu montrer durant le travail que, au-delà d'un certain nombre de titres, la diversification n'apportait plus une diminution du risque significative. De ce fait, nous avons décidé de sélectionner dix-neuf titres parmi les cinq cents qui constituent l'indice afin de dégrossir ce dernier. Nous les avons choisis en fonction de leur secteur d'activité respectif afin que les différentes corrélations entre les titres ne soient pas trop élevées. Ensuite, nous avons téléchargé les cours du S&P500 durant les cinq dernières années afin d'observer quel était sa volatilité ainsi que son rendement moyen.

Figure 20 : Moyenne des rendements mensuels et volatilité du S&P500

S&P 500	
Moyenne	Ecart-type
0.956%	4.292%

Une fois les titres sélectionnés, nous les avons passé dans notre simulateur afin de générer leur frontière efficiente et ainsi d'obtenir un aperçu des portefeuilles qu'il aurait été possible de composer et qui apporterait une volatilité similaire à celle de notre indice de référence. Avec une volatilité identique, le portefeuille aurait généré un rendement de 2.43%.

Toutefois, puisque le simulateur applique un calcul d'optimisation, certains des dix-neuf titres choisis peuvent se retrouver automatiquement exclus et ont donc une pondération nulle.

Figure 21 : Pondérations des titres résultants de la simulation

AAPL	ACN	AMD	ATVI	BA	BRK-B	CME	DIS	EBAY	FB	FDX	KO	MA	MCD	MMM	MSFT	PFE	PG	PM
0.00%	0.00%	9.26%	12.43%	0.00%	0.00%	20.86%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.40%	0.00%	34.39%	0.00%	12.66%	0.00%

Nous avons alors fait le choix de procéder manuellement à certains ajustements afin que tous les titres que nous avons sélectionnés se retrouvent dans le portefeuille. Pour ce faire, nous avons demandé au *Solver* d'Excel de trouver le portefeuille qui aurait le meilleur rendement avec un niveau de risque égal à celui de l'indice tout en attribuant une pondération d'au-moins 1% à chacun des titres.

Figure 22 : Pondérations des titres après ajustement

AAPL	ACN	AMD	ATVI	BA	BRK-B	CME	DIS	EBAY	FB	FDX	KO	MA	MCD	MMM	MSFT	PFE	PG	PM
1.00%	1.00%	7.94%	11.02%	1.00%	4.29%	17.57%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	7.02%	1.00%	30.50%	1.00%	9.66%	1.00%

Une fois les pondérations obtenues, nous avons dû calculer la quantité de titres à acheter en tenant compte des prix en vigueur au 25 décembre 2020 en partant de la formule suivante :

Formule 12 : Pondération des titres et valeur du portefeuille

$$\omega_{i,t} = \frac{P_{i,t} * Q_{i,t}}{V_t}$$

Où :

- $\omega_{i,t}$ est la pondération du titre i au temps t
- $P_{i,t}$ est le prix du titre i au temps t
- $Q_{i,t}$ est la quantité du titre i au temps t
- V_t est la valeur du portefeuille

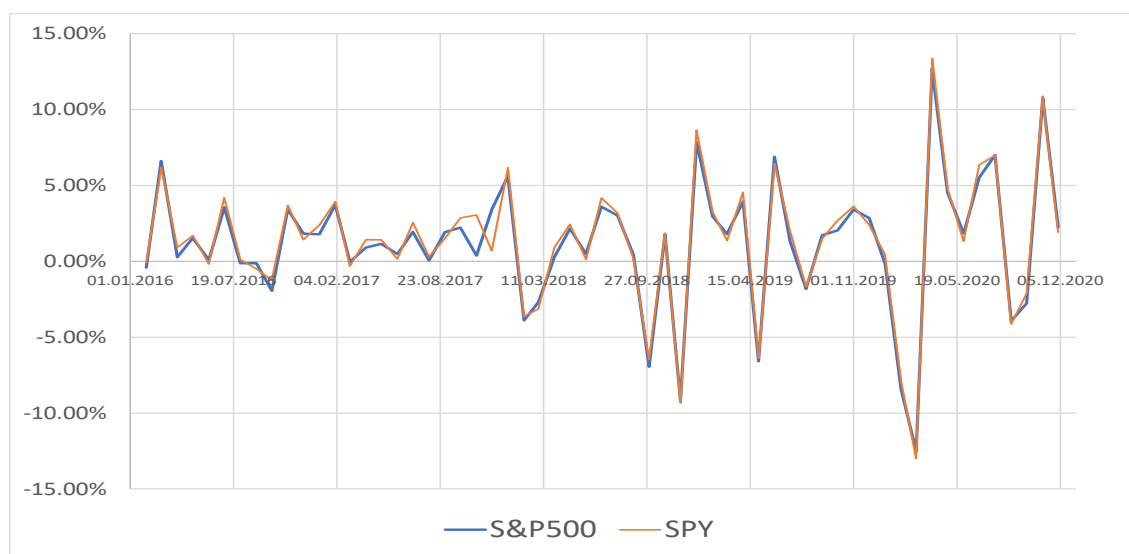
Par la suite, nous avons créé notre portefeuille depuis notre application et nous avons suivi sa performance et l'avons comparée quotidiennement à celle de notre indice.

Pour des raisons de coûts, l'API *IEX Cloud* ne fournit pas directement les données relatives au S&P500¹⁴. Nous ne pouvions donc pas obtenir ces données directement depuis notre programme. Par conséquent, nous avons dû chercher une alternative afin d'acquérir la valeur de cet indice et ainsi pouvoir l'utiliser dans notre application. Nous avons alors trouvé un ETF qui cherche à répliquer la performance du S&P500 et qui est disponible sur *IEX Cloud*. Il s'agit du S&P500 SPDR dont le *ticker* est SPY. Il a été mis au point par le groupe *State Street Global Advisors* au début des années 90.

Afin de nous assurer que ce dernier était un bon candidat en tant que proxy du S&P500, nous avons tracé un graphique qui permet une comparaison de leur performance respective durant les cinq dernières années.

¹⁴ <https://intercom.help/iexcloud/en/articles/2960833-how-do-i-get-data-on-the-s-p-500-dow-jones-industrial-average-or-other-major-stock-indices>

Figure 23 : Les performances mensuelles du SPY et du S&P500



Comme nous pouvons le remarquer, les courbes sont quasiment superposées tout au long de la période ce qui signifie que le SPY suit de façon fidèle les performances enregistrées par le S&P500 et en fait donc une bonne approximation de l'indice de référence que nous souhaitons surperformer. Nous l'avons donc utilisé dans notre simulateur afin de comparer sa performance avec le portefeuille que nous avons constitué.

6. Nos résultats

Le 25 décembre 2020, nous avons passé nos différents ordres conformément aux résultats obtenus durant notre analyse via notre programme.

Avec un montant total de 120'000 USD, nous avons composé un portefeuille de dix-neuf différents titres. La valeur totale de nos placements s'élevait alors à 100'349 USD et nous avons conservé une partie du capital initial en cash. Aussi, nos frais totaux s'élevaient à 690 USD.

Depuis sa création, nous avons enregistré chaque jour un historique du portefeuille qui nous indiquait son montant, sa performance à ce moment-là ainsi que sa variation par rapport à la veille.

Après environ trois semaines, nos placements valent 99'984 USD, réalisant ainsi une performance de -0.363%.

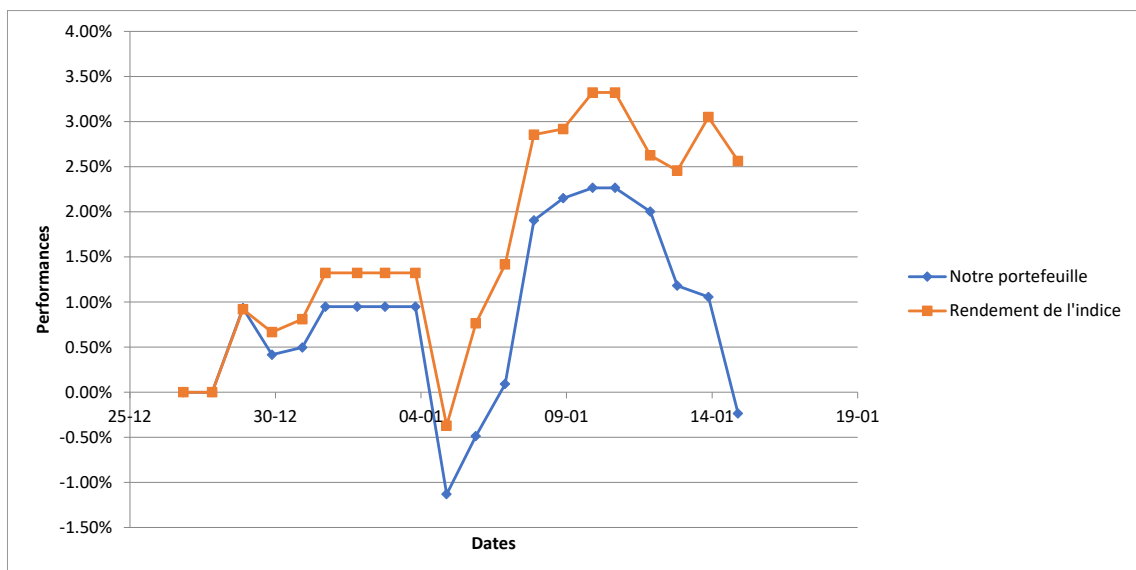
Durant la même période, l'ETF du S&P500 que nous avons choisi comme proxy est passé d'une valeur de 369 USD à 378.46 USD. Sa performance est donc de 2.56%.

Nous constatons que, le jour de la reddition de ce rapport, notre performance est négative et inférieure à celle de notre indice de référence. Pourtant, durant la période allant de la création de notre portefeuille au 15 janvier 2020, notre portefeuille a dégagé une performance positive à l'exception du 04 et du 05 janvier (cf. annexe 1).

Après ces performances négatives, nous avons vu la performance de notre portefeuille augmenter progressivement jusqu'à atteindre un pic à 2.27% au 10 janvier, soit en début de semaine. Nous étions alors confiant quant à notre choix de ne pas rebalancer le portefeuille car ce dernier semblait se stabiliser. Or, dans les journées qui ont suivies, sa performance n'a fait que décroître pour finalement arriver à sa performance du jour qui est négative.

Comme nous pouvons le constater également, notre portefeuille suivait assez bien la performance de l'indice jusqu'aux alentours du 11 janvier. Ainsi, quand l'indice montait, notre portefeuille aussi et quand l'indice était baissier, notre portefeuille l'était également.

Figure 24 : Performance de notre portefeuille et celle de notre indice de référence



Les raisons de la sous-performance de notre indice proviennent, selon nous, des facteurs suivants :

- La mauvaise sélection des titres
- Une mauvaise pondération des titres
- La période considérée
- L'inclusion de Tesla dans le S&P500

En amont de la création du portefeuille, nous avons peut-être sélectionné les titres les moins prometteurs. Aussi, puisque nous étions confiants en début de semaine, nous n'avons pas souhaité rebalancer notre portefeuille car nous estimions que ce dernier allait se stabiliser voire prendre de la valeur.

Concernant la période considérée, il se peut que nous n'ayons pas eu de « chance » durant les trois semaines qui ont suivi la création du portefeuille. Il n'est pas impossible qu'après une période plus longue, la performance de notre portefeuille puisse se retrouver au-dessus de celle de notre indice.

Aussi, un événement dont nous n'avons pas tenu compte est l'inclusion de Tesla dans le S&P500¹⁵. Le fait d'inclure un titre dans un indice a un effet « dopant » sur le titre durant une courte période. Puisque le titre se retrouve dans l'indice, ce dernier bénéficie également de la hausse de son cours. Par conséquent, l'annonce de Tesla dans le S&P500 a augmenté le cours de son action, la hausse du cours de son action a

¹⁵ MONCHAU, Charles-Henry, 23 novembre 2020. *Tesla et l'effet S&P500*. Allnews [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.allnews.ch/content/points-de-vue/tesla-et-l'effet-sp-500>

entraîné à son tour une hausse de l'indice, créant ainsi une sorte de cercle vertueux dont nous avons été exclus en n'incluant pas Tesla dans notre portefeuille.

Enfin, la performance négative de notre portefeuille peut s'expliquer par les événements récents se déroulant aux Etats-Unis. En effet, la situation sanitaire, la passation de pouvoir, les chiffres concernant l'activité et le chômage¹⁶ ainsi que le plan de relance du président entrant¹⁷ sont autant de facteurs qui peuvent avoir impacté négativement notre portefeuille ces derniers jours.

¹⁶ Wall Street clôt sur des records une turbulente première semaine 2021. *All news* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.allnews.ch/content/marchés/wall-street-clôt-sur-des-records-une-turbulente-première-semaine-2021>

¹⁷ Wall Street termine dans le rouge avant les détails du plan Biden. *All news* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.allnews.ch/content/marchés/wall-street-dans-le-vert-après-l'ouverture-en-attendant-le-plan-de-relance>

7. Conclusion

Durant ce travail, nous avons pu évoquer quelques bonnes pratiques en gestion du portefeuille. Nous avons vu que, dans un premier temps, il convient de fixer des objectifs, de mener une analyse ainsi que de définir une stratégie avant de commencer à composer un portefeuille. Aussi, nous avons pu voir comment il est possible de composer un portefeuille de telle sorte qu'il respecte une stratégie définie. Pour cela, nous nous sommes intéressés aux statistiques provenant de la théorie moderne du portefeuille et avons tenté de démontrer leur fonctionnement ainsi que leur intérêt. Nous avons pu observer qu'en combinant ces différentes statistiques, nous pouvions générer la frontière efficiente des portefeuilles sur laquelle se situe le portefeuille optimal que l'investisseur devrait choisir. Autrement, en se détournant de cette frontière, il détruirait de la valeur en ayant un rendement moindre par rapport aux risques encourus ou il prendrait trop de risque pour un niveau de gains espérés.

Après nos démonstrations statistiques, nous avons survolé quelques solutions existantes en matière de simulations. Pour cela, nous nous sommes penchés sur la plateforme de trading proposée par Stock-Trak ainsi que sur celle de Swissquote dans sa version d'essai. En outre, nous avons relevé les fonctionnalités essentielles de ces plateformes qui devaient, selon nous, également figurer dans notre application. De plus, nous avons évoqué les robot-conseillers comme alternative à la gestion de portefeuille traditionnelle. Nous avons notamment expliqué leur fonctionnement et montré les différents résultats qu'il est possible d'obtenir en recourant à de tels services.

Aussi, nous avons présenté l'application que nous avons développée en VBA. Nous avons tenté d'expliquer et d'illustrer au mieux son fonctionnement ainsi que l'intérêt respectif des deux parties qui la composent. Nous avons montré que la première partie a une vocation analytique et devrait servir d'outil d'aide à la décision pour l'investisseur en aboutissant notamment à la frontière efficiente des portefeuilles sur laquelle il pourra choisir le portefeuille qui lui convient en fonction de ses objectifs. La seconde permet à l'utilisateur de composer et de gérer un portefeuille comme il le souhaite en passant divers ordres, en suivant l'évolution de ses positions ainsi que la performance globale de son portefeuille. Nous avons également mentionné quels étaient ses atouts et son potentiel d'amélioration. Par ailleurs, nous avons listé quelles seraient les points principaux qui mériteraient un approfondissement : l'amélioration de l'interface, l'ajout de nouvelles classes d'actifs ainsi que l'ajout de ratios financiers supplémentaires. Ces différentes corrections augmenteraient le confort d'utilisation du programme tout en le rendant davantage exhaustif.

Par la suite, nous avons expliqué la stratégie que nous avons appliquée. Nous avons mentionné quel était notre objectif et comment nous avons composé notre portefeuille. L'idée de notre stratégie était alors de dégrossir le S&P500 en piochant certains titres qui le composent puis, à l'aide des titres sélectionnés ainsi que de la première partie de notre simulateur, chercher un portefeuille contenu qui aurait le même risque mais un rendement supérieur à notre indice de référence.

Finalement, nous avons pu observer les résultats de notre portefeuille. Malheureusement, une performance négative ainsi qu'une sous-performance par rapport à notre *benchmark* sont à relever. Nous avons mentionné quels pourraient être les facteurs expliquant cette sous-performance. Nous pouvons citer ici une alternative simple à notre stratégie. Il aurait pu être intéressant de ne sélectionner que les dix titres du S&P500 ayant eu les meilleures performances et de composer un portefeuille autour de ces actions. Ainsi, en ne sélectionnant que ces dernières, leur pondération dans notre portefeuille aurait été supérieure à leur pondération respective au sein de l'indice et nous aurions alors pu davantage bénéficier de leur performance que ce dernier, aboutissant à une surperformance vis-à-vis de notre *benchmark*.

Malgré cette performance négative, ce travail fût une expérience enrichissante. Il nous a permis de réaliser notre premier projet informatique tout en étant en lien avec le domaine de nos études qu'est la finance. Nous avons approfondi nos connaissances en programmation et nous avons également appris à définir une stratégie et, même si cette dernière ne s'est pas avérée payante, elle nous aura enseigné qu'il ne faut pas hésiter à rééquilibrer un portefeuille qui souffre de la performance de certains titres ainsi que la nécessité de se tenir régulièrement informé sur l'actualité des marchés dont proviennent nos actions.

Bibliographie

- ABRAHAM, Facundo, SCHMUKLER, Sergio et TESSADA, José, 2019. Robo-Advisors : Investing through Machines. *Research & Policy Briefs From the World Bank Chile Center and Malaysia Hub* [en ligne]. Février 2019. [Consulté le 24 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://documents1.worldbank.org/curated/en/275041551196836758/pdf/Robo-Advisors-Investing-through-Machines.pdf>
- ACAMPORA, Jon, 2015. 3 Ways to Copy and Paste Cells with VBA Macros + Video. *Excel Campus* [en ligne]. 1 juillet 2015. [Consulté le 15 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.excelcampus.com/vba/copy-paste-cells-vba-macros/>
- ALPHONSE, Pascal, DESMULIERS, Gérard, GRANDIN, Pascal et LEVASSEUR, Michel, 2017. *Gestion de portefeuille et marchés financiers*. 2^e ed. enrichie. Montreuil : Pearson France. ISBN 978-2-3260-0165-7
- API DOCUMENTATION. *IEX Cloud* [en ligne]. [Consulté le 15 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : https://iexcloud.io/docs/api/?qclid=EAlaQobChMI2Ybvkbib7qIVg-J3Ch1fGAKQEAAAYASABEgKfOvD_BwE
- DUC, François, 2020. *Pratique de la Gestion de portefeuille : Formulaire*. [document PDF]. Mise à jour : 28.05.2020.
Support de cours : Pratique de la gestion de portefeuille, Haute école de gestion de Genève, filière Economie d'entreprise, année académique 2019-2020
- DUC, François, 2020. *Introduction à la gestion de portefeuille* [document PDF].
Support de cours : Pratique de la gestion de portefeuille, Haute école de gestion de Genève, filière Economie d'entreprise, année académique 2019-2020
- FABOZZI, Frank J., 2013. *Encyclopedia of Financial Models Volume I*. New Jersey : John Wiley & Sons. ISBN 978-1-118-01032-4-7
- FABOZZI, Frank J., 2013. *Encyclopedia of Financial Models Volume II*. New Jersey: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-118-01033-4
- GITMAN, Lawrence et JOEHNK, Michael, 2005. *Investissement et marchés financiers*. 9^e édition. Paris : Pearson Education France. ISBN 2-7740-7099-8
- Harry Markowitz. *Wikipédia : l'encyclopédie libre* [en ligne]. Dernière modification de la page le 29 mai 2020 à 17:47. [Consulté le 9 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Harry_Markowitz
- IEX CLOUD, 2021. *IEX Cloud* [en ligne]. [Consulté le 15 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://iexcloud.io>
- KHAN ACADEMY. Résumé : Coefficient de corrélation. *Khan Academy* [en ligne]. [Consulté le 12 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://fr.khanacademy.org/math/be-5eme-secondeire2h2/x741278364a599ec1:statistiques/x741278364a599ec1:nuage-de-points-et-correlation/a/correlation-coefficient-review#:~:text=Le%20coefficient%20de%20corr%C3%A9lation%20lin%C3%A9aire%20r%20donne%20une%20mesure%20de,relation%20lin%C3%A9aire%20entre%20deux%20variables.&text=Le%20coefficient%20de%20corr%C3%A9lation%20est,entre%20les%20variables%20est%20forte.>
- LIOUDIS, Nick K., 2019. The Importance of Diversification. *Investopedia* [en ligne]. Le 15 août 2019. [Consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.investopedia.com/investing/importance-diversification/>

List of S&P 500 companies. *Wikipédia : l'encyclopédie libre* [en ligne]. Dernière modification de la page le 10 janvier 2021 à 19 :06. [Consulté le 24 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_S%26P_500_companies

MARKOWITZ, Harry. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1 [en ligne]. Mars 1952. [Consulté le 9 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.math.ust.hk/~maykwok/courses/ma362/07F/markowitz_JF.pdf

MICROSOFT, 2021. Visual Basic documentation. *Docs.Microsoft*, [en ligne]. [Consulté le 14 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/visual-basic/>

MILLS, Raymond. Excel Custom Functions For IEX Trading API. *Excel And VBA Craftsman*. [en ligne]. [Consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://excelandvbacraftsman.com/custom-functions-for-iex-trading-data/>

NEWMAN, Chris, 2015. The VBA Coding Guide For Excel Charts & Graphs. *TheSpreadsheetGuru* [en ligne]. 1 mars 2015. [Consulté le 27 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.thespreadsheetguru.com/blog/2015/3/1/the-vba-coding-guide-for-excel-charts-graph>

NORRIS, Emily, 2020. What are SPDR ETFs ?. *Investopedia* [en ligne]. 18 mars 2020. [Consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.investopedia.com/articles/exchangetradedfunds/09/spdr-etfs.asp>

RIBON, Julien, 2019. *VBA : Variables* [document PDF]. Support de cours : Modélisation, Haute école de gestion de Genève, filière Economie d'entreprise, année académique 2019-2020

RIBON, Julien, 2019. *VBA : Coding Conventions* [document PDF]. Support de cours : Modélisation, Haute école de gestion de Genève, filière Economie d'entreprise, année académique 2019-2020

RIVA, Fabrice, 2012. *Applications financières sous Excel en Visual Basic*. 4^e édition. Paris : Economica. Techniques de Gestion. ISBN 978-2-7178-6491-5

STATE STREET GLOBAL ADVISOR, 2021. SSGA [en ligne]. [Consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.ssga.com/us/en/intermediary/etfs>

STACKOVERFLOW, 2021. *Stack Overflow* [en ligne]. [Consulté le 15 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://stackoverflow.com>

STOCKTRACK, 2021. *StockTrack* [en ligne]. [Consulté le 15 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.stocktrak.com>

SWISSQUOTE, *Robo-Advisor, Votre gestionnaire de fortune intelligent et abordable (white paper)*, 2020. [document PDF]

SWISSQUOTE, 2021. *Swissquote* [en ligne]. [Consulté le 15 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://fr.swissquote.com>

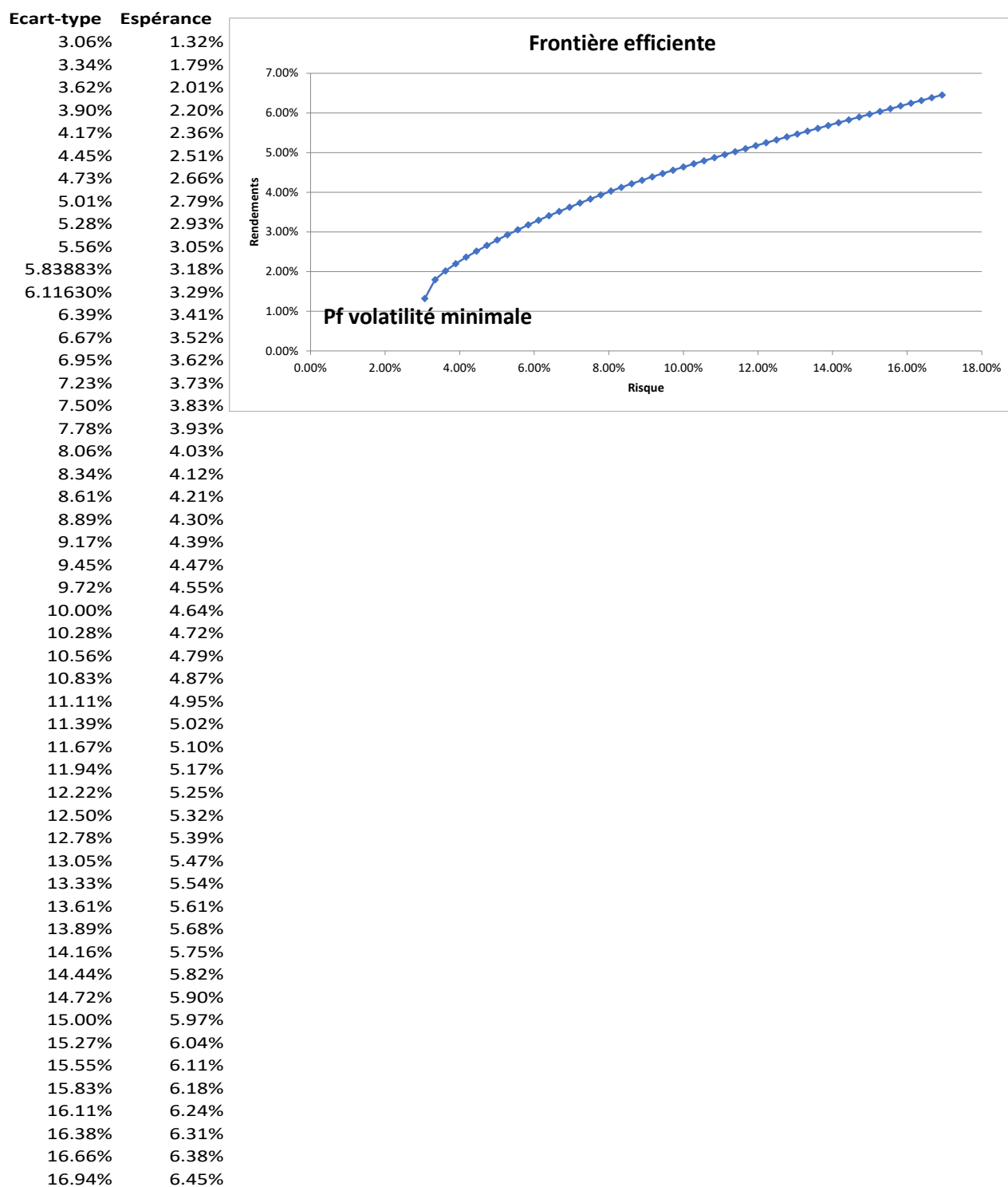
Théorie moderne du portefeuille. *Wikipédia : l'encyclopédie libre* [en ligne]. Dernière modification de la page le 15 juin 2020 à 19:15. [Consulté le 9 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Théorie_moderne_du_portefeuille

YAHOO!, 2021. *Yahoo!Finance* [en ligne]. [Consulté le 15 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://finance.yahoo.com>

Annexe 1 : Historique de notre portefeuille

Historique du Portefeuille				
Dates	Valeur des placements	Performance	Variations	
25.12.2020 16:15	\$ 100 349.02			
26.12.2020 20:09	\$ 100 349.02	0.00%	0.000%	
27.12.2020 19:53	\$ 100 349.02	0.00%	0.000%	
28.12.2020 21:14	\$ 101 284.39	0.93%	0.932%	
29.12.2020 21:10	\$ 100 767.15	0.42%	-0.511%	
30.12.2020 22:13	\$ 100 847.06	0.50%	0.079%	
31.12.2020 17:14	\$ 101 301.26	0.95%	0.450%	
01.01.2021 19:23	\$ 101 301.26	0.95%	0.000%	
02.01.2021 18:23	\$ 101 301.26	0.95%	0.000%	
03.01.2021 19:27	\$ 101 301.26	0.95%	0.000%	
04.01.2021 21:07	\$ 99 214.44	-1.13%	-2.060%	
05.01.2021 21:11	\$ 99 862.03	-0.49%	0.653%	
06.01.2021 21:18	\$ 100 439.90	0.09%	0.579%	
07.01.2021 21:07	\$ 102 261.54	1.91%	1.814%	
08.01.2021 21:16	\$ 102 507.29	2.15%	0.240%	
09.01.2021 21:34	\$ 102 623.70	2.27%	0.114%	
10.01.2021 16:02	\$ 102 623.70	2.27%	0.000%	
11.01.2021 21:04	\$ 102 359.00	2.00%	-0.258%	
12.01.2021 19:20	\$ 101 534.64	1.18%	-0.805%	
13.01.2021 21:02	\$ 101 409.75	1.06%	-0.123%	
14.01.2021 21:22	\$ 100 112.76	-0.24%	-1.279%	
15.01.2021 12:55	\$ 99 984.34	-0.36%	-0.128%	

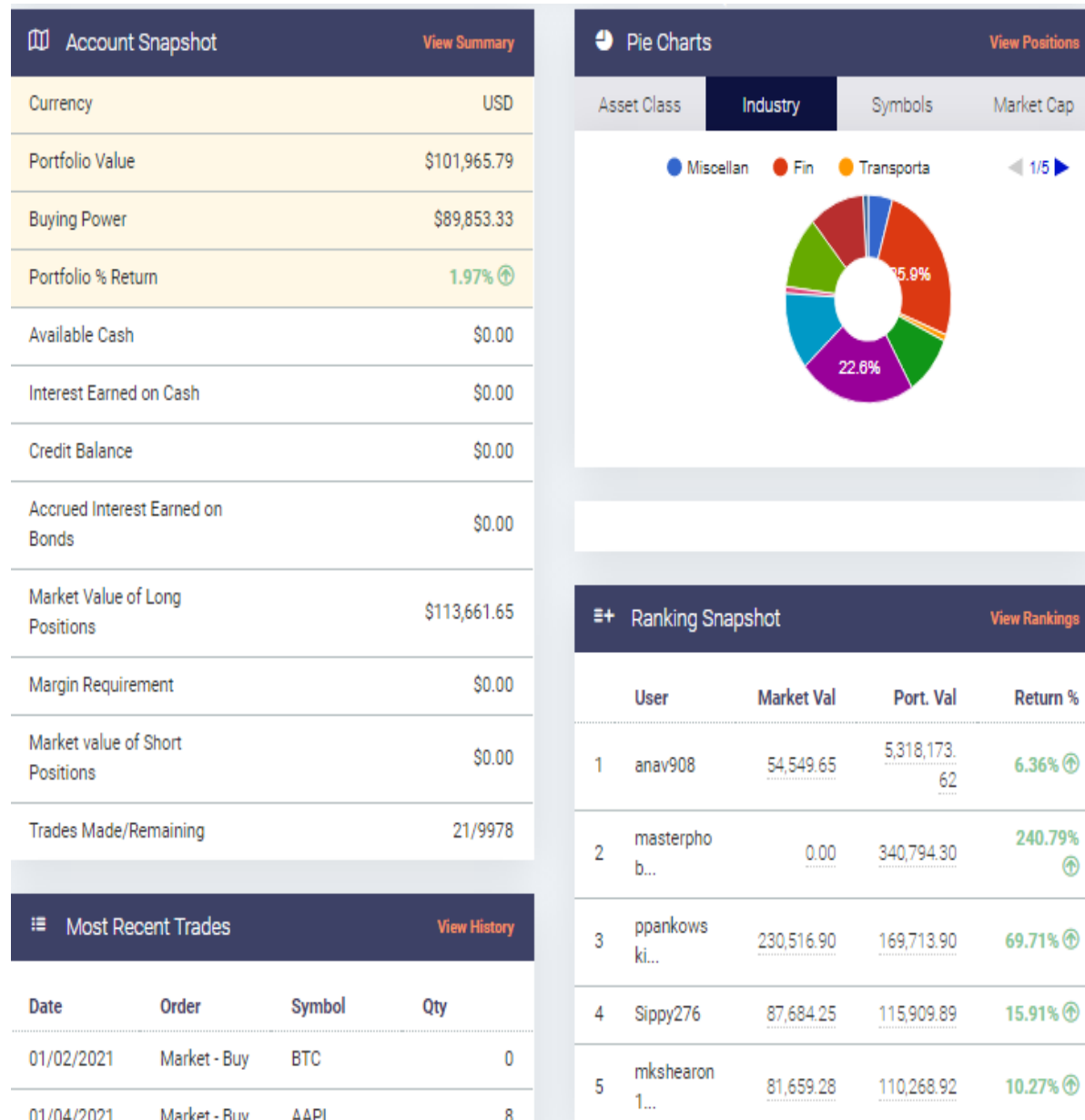
Annexe 2 : Obtention de la frontière efficiente



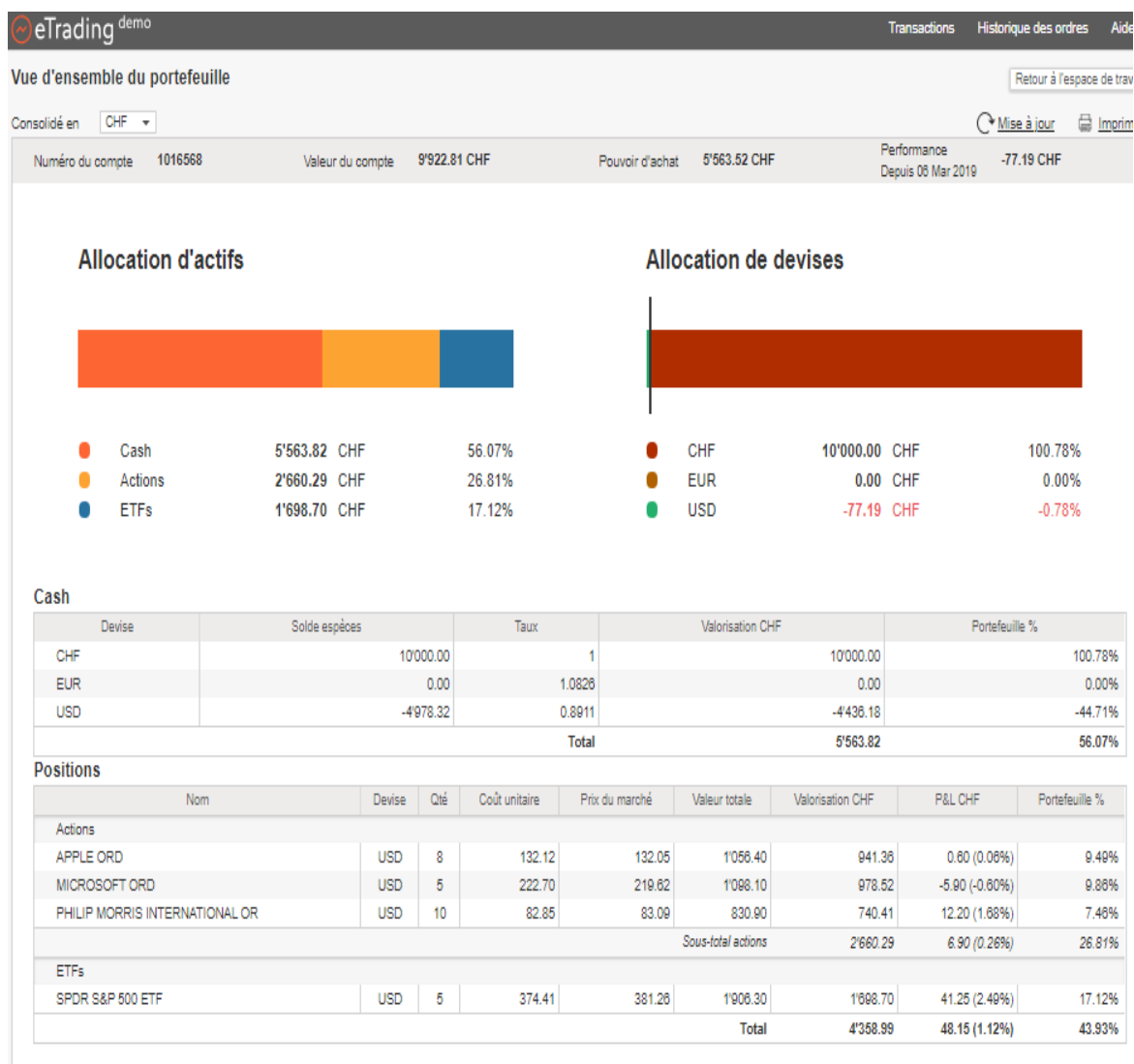
Annexe 3 : Stock-Trak : Positions ouvertes

OPEN POSITIONS										SESSION	StockTrak-IndividualInv
<div> <div>Switch Security Type</div> <div>EQUITIES</div> <div> <div>STANDARD VIEW</div> <div>ONE DAY CHART</div> <div>30 DAY CHART</div> <div>YEAR CHART</div> <div>EXPORT TO EXCEL</div> </div> </div>											
Action	Symbol		Desc.	Qty	Curr.	Price Paid	Last Price	Day's Chg	Profit/Loss Local/FX	Mkt Value (USD)	%
TRADE	BTC		Bitcoin	0	USD	\$32,723.88	34,139.61	0.00	707.87	\$17,069.81	4.33%
TRADE	+ BRK/B		Berkshire Hathaway Inc.	19	USD	\$232.41	234.03	1.15	30.78	\$4,446.57	0.70%
TRADE	+ FB		Facebook Inc. - Ordinary S...	4	USD	\$274.95	267.57	-1.17	-29.52	\$1,070.28	-2.68%
TRADE	+ PM		Philip Morris International...	12	USD	\$83.14	83.09	0.11	-0.60	\$997.08	-0.06%
TRADE	+ MMM		3M Company	6	USD	\$175.21	166.62	-3.10	-51.54	\$999.72	-4.90%
TRADE	+ KO		The Coca-Cola Company	19	USD	\$54.55	51.08	1.12	-65.93	\$970.52	-6.36%
TRADE	+ DIS		The Walt Disney Company	6	USD	\$182.40	178.69	0.11	-22.26	\$1,072.14	-2.03%
TRADE	+ ACN		Accenture plc	4	USD	\$261.41	264.16	0.96	11.00	\$1,056.64	1.05%

Annexe 4 : Stock-Trak : Tableau de bord



Annexe 5 : Swissquote^{demo} : Tableau de bord



Annexe 6 : Robo-Advisor^{demo} : Détails de la stratégie

[← Stratégies](#) Détails de la stratégie

Nom de la stratégie	Montant de l'investissement	Devise de la stratégie	Niveau de risque
Ma stratégie 2	100'000	CHF	3
Couverture du risque de change	Fréquence de réallocation		
OFF	Semestrielle		

[Modifier les paramètres](#) →

Univers d'investissement

Votre univers contient 952 titres , répartis comme suit :

952 Actions

[Gérer l'univers d'investissement](#) →

Wishlist et Blacklist

Vous n'avez pas d'actifs sur ces listes.

[Gérer votre wishlist et votre blacklist](#) →

Allocation d'actifs :

Votre portefeuille inclut les actifs suivants :

● Actions 95.00% ● Liquidités 5.00%

Annexe 7 : Robo-Advisor^{demo} : Paramétrage de la stratégie

[← Stratégies](#) Paramètres de la stratégie

Cette section vous permet de modifier la stratégie d'investissement pour votre simulation de portefeuille.

Nom de la stratégie
Renommer la stratégie

Montant de l'investissement
Définissez le montant d'investissement que vous souhaitez utiliser pour cette simulation. Ce paramètre est uniquement disponible avec la version d'essai. Le montant minimum est de 10 000.

Devise de la stratégie
L'algorithme et la performance du portefeuille sont basés sur cette devise. Tous les calculs sont effectués dans la devise de référence. Sélectionnez la devise de la stratégie pour votre simulation.

CHF ▼

Niveau de risque
Sur la base de votre niveau de risque maximal, le système simulera la performance d'un portefeuille optimal. Plus vous fixerez un niveau de risque élevé, plus le rendement potentiel sera lui aussi élevé, tout comme le risque de perte.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Cette stratégie présente un niveau de risque moyen (CVaR hebdomadaire de 0% à -4.0 %). Avec une probabilité de 95%, la perte que vous pourriez subir est inférieure à 4'000.00 CHF durant une semaine.

Informations légales importantes

Couverture du risque de change
La couverture des risques de change fournit une protection contre les fluctuations des taux de change entre la devise de référence et les autres devises dans lesquelles les placements sont libellés. Vous pouvez activer ou désactiver la couverture.

☐

Fréquence de réallocation
Afin que le portefeuille demeure optimal en toutes circonstances, choisissez la fréquence souhaitée de la réallocation automatique.

Semestrielle ▼

Annuler

Appliquer les modifications

Annexe 8 : Robo-Advisor^{demo} : Univers d'investissement

← Stratégies

Univers d'investissement

L'univers d'investissement se compose de titres individuels et d'ETF cotés sur les principaux marchés disponibles via notre plateforme de trading. Afin de garantir la liquidité et la qualité des calculs de risque, les titres ont été soumis à un processus de sélection, à l'issue duquel les titres dont la liquidité ou les données historiques étaient insuffisantes ont été rejetés. Sélectionner ou désélectionner un groupe donné permet d'ajouter ou de supprimer tous les produits du groupe.

Allocation d'actifs :

Actions 95%

Matières premières 0%

Crypto-monnaies 0%

Immobilier 0%

Marché obligataire 0%

Liquidités 5%

Actions

Matières premières

Crypto-monnaies

Immobilier

Marché obligataire

Cette classe d'actifs est composée d'actions des principaux pays (États-Unis, Suisse, Allemagne, Royaume-Uni, etc.). La sélection de titres peut être définie par secteurs ou par zones géographiques. Dans cette classe d'actifs, certains ETF sont également disponibles. Ils visent à reproduire la performance des principaux indices (S&P 500, EURO STOXX 50, SMI, etc.) et de certains marchés émergents.

☒ Tout sélectionner/désélectionner

Afficher par:

Secteurs

Geographical areas

Préférences de pondération ?






<input checked="" type="checkbox"/> Energie	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Services aux consommateurs	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Indices d'actions internationaux	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Matières premières	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Transports	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Finance	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Industries de base	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Technologie	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Biens de consommation durables	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Biens de consommation non durables	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Santé	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Services aux collectivités	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Assurance	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Autres	Définir la pondération
<input checked="" type="checkbox"/> Biens d'équipement	Définir la pondération

Annuler

Appliquer les modifications

Annexe 9 : Robo-Advisor^{demo} : Allocation stratégie

18 élément(s)

Titre	Devise	Classe d'actif	Secteur	Région	Quantité	Valeur	Poids
CHF	CHF	Liquidités	Liquidités	Monnaie	37'747	37'747 CHF	37.7 %
<u>ADMIRAL GROUP ORD</u>	GBP	Actions	Finance	Royaume-Uni	134	4'714 CHF	4.7 % 
<u>CABOT OIL & GAS ORD</u>	USD	Actions	Energie	Etats-Unis	323	4'710 CHF	4.7 % 
<u>DRAEGERWERK PRF</u>	EUR	Actions	Santé	Allemagne	69	4'687 CHF	4.7 % 
<u>EUROFINS ORD</u>	EUR	Actions	Industries de...	France	10	742 CHF	0.7 % 
<u>EURONAV ORD</u>	EUR	Actions	Transports	Belgique	300	2'141 CHF	2.1 % 
<u>FLOW TRADERS ORD</u>	EUR	Actions	Finance	Pays-Bas	161	4'712 CHF	4.7 % 
<u>GALENICA N</u>	CHF	Actions	Biens de cons...	Suisse	88	5'192 CHF	5.2 % 
<u>GIVAUDAN N</u>	CHF	Actions	Industries de...	Suisse	1	3'730 CHF	3.7 % 
<u>HIKMA PHARMACEUTICALS O...</u>	GBP	Actions	Santé	Royaume-Uni	100	3'048 CHF	3.0 % 
<u>ISHARES CHINA LARGE CAP E...</u>	USD	Actions	Indices d'acti...	Chine	115	4'709 CHF	4.7 % 
<u>ISHARES MSCI BRAZIL CAPPE...</u>	USD	Actions	Indices d'acti...	Bésil	51	1'677 CHF	1.7 % 
<u>ISHARES MSCI SOUTH KOREA...</u>	USD	Actions	Indices d'acti...	Corée du Sud	62	4'729 CHF	4.7 % 
<u>MODERNA ORD</u>	USD	Actions	Santé	Etats-Unis	33	3'247 CHF	3.2 % 
<u>PINDUODUO ADR REP 4 ORD</u>	USD	Actions	Biens de cons...	Etats-Unis	21	3'330 CHF	3.3 % 
<u>RECKITT BENCKISER GROUP...</u>	GBP	Actions	Services aux c...	Royaume-Uni	57	4'514 CHF	4.5 % 
<u>SCHINDLER PS</u>	CHF	Actions	Biens d'équip...	Suisse	5	1'193 CHF	1.2 % 
<u>SIG COMBIBLOC GRP N</u>	CHF	Actions	Industries de...	Suisse	252	5'176 CHF	5.2 % 
Total						CHF	100 %

Annexe 10 : Module Résumé statistique

Le but de ce module est de fournir un résumé statistique (sous forme de tableau) des différentes actions ayant été importées.

Option Base 1

Dim myReturnRange As Range

Dim tableauResultats() As Variant

Dim ligneTableau As Integer

Dim nom As String

Private nTitres As Integer

Sub CreateTable()

 Worksheets("Dates, prix et rendements").Activate

 nTitres = Range("c1").Value

 ReDim tableauResultats(nTitres, 5)

 ligneTableau = 0

 For Each cell In Rows(2).Cells

 If cell.Value <> "" Then

 cell.Activate

 nom = ActiveCell.Value

 ActiveCell.Offset(3, 2).Activate

 Set myReturnRange = Range(Selection, Selection.End(xlDown))

 ligneTableau = ligneTableau + 1

 tableauResultats = Statistiques(nom, _

 tableauResultats, ligneTableau)

 End If

 Next cell

 Worksheets("Résumé").Activate

 Cells.ClearContents

 Range("A1").Value = "Nom"

 Range("B1").Value = "Moyenne"

 Range("C1").Value = "Variance"

 Range("D1").Value = "Ecart-Type"

 Range("E1").Value = "Rdts observés"

 Range("A2").Select

 Range(Selection, Selection.Offset(nTitres _
 - 1, 4)).Value = tableauResultats

```

Range("B2").Select
Range(Selection, Selection.Offset(0, 2).End(xlDown)).NumberFormat = "0.00%"
End Sub
Function Statistiques(nom, tableauResultats, ligneTableau)
    tableauResultats(ligneTableau, 1) = nom
    tableauResultats(ligneTableau, 2) = _
WorksheetFunction.Average(myReturnRange)
    tableauResultats(ligneTableau, 3) = _
WorksheetFunction.Var_S(myReturnRange)
    tableauResultats(ligneTableau, 4) = _
WorksheetFunction.StDev(myReturnRange)
    tableauResultats(ligneTableau, 5) = _
WorksheetFunction.Count(myReturnRange)
    Statistiques = tableauResultats
End Function

```

Annexe 11 : Module Simulations

Ce module sert à simuler un nombre de portefeuilles défini par l'utilisateur via une inputbox, le but étant d'avoir un aperçu des portefeuilles qu'il est possible de réaliser à l'aide des titres qui ont été importés.

Option Base 1

Dim nSimulations As Integer

Dim portefeuille As Integer

Dim variancePortefeuille As Double

Dim esperancePortefeuille As Double

Sub DisplayPortfolios()

 Application.ScreenUpdating = False

 Worksheets("Portefeuilles possibles").Activate

 Cells.ClearContents

 Call Esperance.Moyenne

 Call Covariance.MatCovar

 Call Names.NomsTitres

 Worksheets("Portefeuilles possibles").Activate

 Range("A3").Value = "Portefeuilles"

 Range("B3").Value = "Variance"

 Range("C3").Value = "Ecart-Type"

 Range("D3").Value = "Moyenne du portefeuille"

 nSimulations = InputBox("Combien de simulations souhaitez-vous réaliser?")

 For portefeuille = 1 To nSimulations

 Call poids.PoidsFaisables

 variancePortefeuille = WorksheetFunction.SumProduct(pourcentage, WorksheetFunction.MMult(matriceCovar, pourcentage))

 esperancePortefeuille = WorksheetFunction.SumProduct(pourcentage, vectorEsperance)

 Cells(portefeuille + 3, 1) = "Portefeuille " & portefeuille

 Cells(portefeuille + 3, 2).Value = variancePortefeuille

 Cells(portefeuille + 3, 3).Value = Sqr(_

 Cells(portefeuille + 3, 2).Value)

 Cells(portefeuille + 3, 4).Value = esperancePortefeuille

 For j = 1 To nPoids

 Cells(3, 4 + j).Value = Worksheets("centralisation").Cells(2, j + 1).Value

 Cells(portefeuille + 3, 4 + j).Value = pourcentage(j, 1)

 Cells(portefeuille + 3, 4 + j).NumberFormat = "0.00%"

Next j
Next portefeuille
End Sub

Annexe 12 : Module Frontière

Ce module fait appel à l'outil *Solver* fourni par Excel. Afin de le rendre utilisable par VBA, il est nécessaire de procéder à une manipulation au préalable. Il faut alors se rendre dans l'onglet *Développeur* présent sur Excel et d'ouvrir l'environnement *Visual Basic*. Ensuite, il faut se rendre dans l'onglet *Outils* de l'environnement, de choisir *Références* puis sélectionner le *Solver* dans la liste affichée.

```
Dim nPoints As Integer
Dim varSup As Double
Dim varInf As Double
Dim pas As Double
Dim RangePoids As Range
Sub FrontiereEfficiente()
    Range("H3").Select
    Set RangePoids = Range(Selection, Selection.End(xlDown))
    nPoints = 100
    Call varMaximale
    varSup = Range("E3").Value
    Call varMinimale
    varInf = Range("E3").Value
    pas = (varSup - varInf) / nPoints
    ligne = 2
    For i = varInf To varSup Step pas
        Range("F5").Value = i
        Call maxEsperance(i)
        Cells(ligne, 1) = Range("E3").Value
        Cells(ligne, 2) = Range("E2").Value
        ligne = ligne + 1
    Next i
    Range("F5").ClearContents
End Sub
Sub varMinimale()
    solverReset
    Solverok setcell:=Range("E3"), maxminval:=2, _
    Bychange:=RangePoids.Address
    solverAdd cellref:=Range("E1"), Relation:=2, Formulatext:="=1"
    solveroptions assumenonneg:=True
```



```

    solversolve userfinish:=True
End Sub
Sub varMaximale()
    solverReset
    Solverok setcell:=Range("E3"), maxminval:=1, _
    Bychange:=RangePoids.Address
    solverAdd cellref:=Range("E1"), Relation:=2, Formulatext:="=1"
    solveroptions assumenonneg:=True
    solversolve userfinish:=True
End Sub
Sub maxEsperance(i)
    solverReset
    Solverok setcell:=Range("E2"), maxminval:=1, Bychange:=RangePoids.Address
    solverAdd cellref:=Range("E1"), Relation:=2, Formulatext:="=1"
    solverAdd cellref:=Range("E3"), Relation:=2, Formulatext:="=F5"
    solveroptions assumenonneg:=True
    solversolve userfinish:=True
End Sub

```

Annexe 13 : Module Graphique frontière

Ce module va de paire avec le module précédent et permet de générer le graphique de la frontière efficiente. Cette procédure est similaire à celle permettant de générer le graphique de l'historique du portefeuille que nous retrouvons à la page 45 du rapport.

```
Dim returnRange As Range
Dim volatilityRange As Range
Sub PlotFrontier()
    Worksheets("Frontière efficiente").Activate
    Range("A2").Select
    Set volatilityRange = Range(Selection, Selection.End(xlDown))
    Set returnRange = volatilityRange.Offset(0, 1)
    Dim ochart As Object, ochartObj As Object
    Set ochartObj = ActiveSheet.ChartObjects.Add(Top:=0, Left:=0, Width:=600, Height:=300)
    Set ochart = ochartObj.Chart
    With ochart
        .ChartType = xlXYScatterLines
        .SeriesCollection.Add Source:=volatilityRange
        .SeriesCollection(1).XValues = volatilityRange
        .SeriesCollection(1).Values = returnRange
        .Axes(xlCategory).HasTitle = True
        .Axes(xlCategory).AxisTitle.Caption = "Risque"
        .Axes(xlValue).HasTitle = True
        .Axes(xlValue).AxisTitle.Caption = "Rendements"
        .HasTitle = True
        .ChartTitle.Text = "Frontière efficiente"
        .Legend.Clear
    End With
End Sub
```

Annexe 14 : Module Ajouter Titre

Ce module vise à ajouter des titres à la liste qui composeront le portefeuille de l'utilisateur. En ajoutant un titre, deux requêtes sont adressées à l'API en vue de récupérer les prix actuels du cours de l'action ainsi que le nom de la société émettrice.

Dim ticker As String

Dim liste As Range

Dim check As String

Sub AddStock()

 ticker = UCase(InputBox("Quel titre souhaitez-vous ajouter à votre liste ?"))

 Sheets("Positions").Activate

 If Cells(2, 1).Value = "" Then

 Cells(2, 1).Activate

 ActiveCell.Value = ticker

 ActiveCell.Offset(0, 1).Value = WorksheetFunction.WebService("https://cloud.iexapis.com/stable/stock/" & ticker & "/quote/companyName?token=pk_912f2c3553d0462c82f997a8c1fb29fd ")

 ActiveCell.Offset(0, 2).Value = WorksheetFunction.WebService("https://cloud.iexapis.com/stable/stock/" & ticker & "/quote/latestPrice?token=pk_912f2c3553d0462c82f997a8c1fb29fd ")

 Else

 Range("A1").Select

 Set liste = Range(Selection, Selection.End(xlDown))

 ligne = liste.Rows.Count

 For i = 1 To ligne

 check = Cells(i + 1, 1).Value

 If check = ticker Then

 MsgBox ("Ce titre figure déjà dans votre liste !")

 Exit Sub

 End If

 Next i

 If check <> ticker Then

 Cells(ligne + 1, 1).Activate

 ActiveCell.Value = ticker

 ActiveCell.Offset(0, 1).Value =
WorksheetFunction.WebService("https://cloud.iexapis.com/stable/stock/" & ticker & "/quote/companyName?token=pk_912f2c3553d0462c82f997a8c1fb29fd ")

 ActiveCell.Offset(0, 2).Value =
WorksheetFunction.WebService("https://cloud.iexapis.com/stable/stock/" &

```
& ticker & "/quote/latestPrice?token=pk_912f2c3553d0462c82f997a8c1fb29fd ")
```

```
End If
```

```
End If
```

```
End Sub
```

Annexe 15 : Module Tableau de bord

Ce module est appelé par chaque procédure qui serait susceptible de modifier les données présentes dans le tableau de bord (*Buy* et *Sell* notamment).

Public money As Double

Public invest As Double

Public board As Worksheet

Public total As Double

Dim pos As Worksheet

Public fraisTotaux As Integer

Sub TB()

Set board = Sheets("Tableau de bord")

Set pos = Sheets("Positions")

money = board.Range("D3").Value + montant

board.Range("D3").Value = money

board.Range("D3").NumberFormat = "[\$\$-en-US]* 0.00"

fraisTotaux = board.Range("D9").Value

pos.Activate

iniPos = WorksheetFunction.Sum(Range("F:F"))

actuPos = WorksheetFunction.Sum(Range("G:G"))

If actuPos = 0 Then

invest = iniPos

Else

invest = actuPos

End If

board.Range("D5").NumberFormat = "[\$\$-en-US]* 0.00"

total = money + invest

board.Range("D7").Value = total

board.Range("D7").NumberFormat = "[\$\$-en-US]* 0.00"

fraisTotaux = board.Range("D9").Value

board.Range("D9").NumberFormat = "[\$\$-en-us]* 0.00"

End Sub

Annexe 16 : Module Buy

Ce module sert à passer des ordres d'achat. Au préalable, il est nécessaire de disposer de fonds avant de pouvoir acheter une action. En passant un tel ordre, des frais sont calculés et les feuilles *Positions* ainsi que *Tableau de bord* sont mises à jour.

```
Dim pos As Worksheet
```

```
Dim liste As Range
```

```
Public prixAchat As Double
```

```
Public quantitéAchat As Single
```

```
Public valeurAchat As Double
```

```
Public ticker As String
```

```
Dim newPosition As Double
```

```
Dim typeOrdre As String
```

```
Sub Achat()
```

```
    Set pos = Sheets("Positions")
```

```
    Worksheets("Achats et ventes").Activate
```

```
    Frais = 0
```

```
    valeurAchat = 0
```

```
    transaction = 0
```

```
    ticker = UCase(InputBox("Veuillez indiquer le Ticker de l'action"))
```

```
    Range("B3").Value = ticker
```

```
    quantitéAchat = InputBox("Quelle quantité désirez-vous acquérir ?")
```

```
    Range("B5").Value = quantitéAchat
```

```
    prixAchat = WorksheetFunction.WebService("https://cloud.iexapis.com/stable/stock/"  
& ticker & "/quote/latestPrice?token=pk_912f2c3553d0462c82f997a8c1fb29fd ")
```

```
    Range("B7").Value = prixAchat
```

```
    Range("B7").NumberFormat = "[$$-en-US]* 0.00"
```

```
    valeurAchat = quantitéAchat * prixAchat
```

```
    transaction = valeurAchat
```

```
    Range("B9").Value = valeurAchat
```

```
    Range("B9").NumberFormat = "[$$-en-US]* 0.00"
```

```
    Call Fees.FraisTransac
```

```
    typeOrdre = "Achat"
```

```
    Range("B11").Value = typeOrdre
```

```
    Range("B13").Value = Frais
```

```
    Range("B13").NumberFormat = "[$$-en-US]* 0.00"
```

```
    montant = 0
```

```

    If MsgBox("Souhaitez-vous passer cet " & typeOrdre & " de " & quantitéAchat & "
actions " & ticker & " pour un montant de " & valeurAchat & " USD avec " & Frais & "
USD de frais ?", vbYesNo + vbQuestion) = vbNo Then
        Exit Sub
    Else
        Call TableauBord.TB
        If valeurAchat <= money Then
            pos.Activate
            Range("A1").Select
            Set liste = Range(Selection, Selection.End(xlDown))
            ligne = liste.Rows.Count
            If Cells(2, 1).Value = "" Then
                MsgBox ("Veuillez d'abord ajouter un titre depuis la feuille Positions !")
                Exit Sub
            End If
            On Error GoTo cherche
            If IsError(WorksheetFunction.VLookup(ticker, liste, 1, False)) = True Then
cherche:
                MsgBox ("Vous n'avez pas encore ajouté " & ticker & " à votre liste de titres !")
                Exit Sub
            End If
            For i = 2 To ligne
                If Cells(i, 1).Value = ticker Then
                    Cells(i, 1).Activate
                    ActiveCell.Offset(0, 3).Value = prixAchat
                    quantité = ActiveCell.Offset(0, 4).Value
                    ActiveCell.Offset(0, 4).Value = quantité + quantitéAchat
                    ActiveCell.Offset(0, 5).Value = ActiveCell.Offset(0, 5).Value + valeurAchat
                    newPosition = ActiveCell.Offset(0, 4).Value * prixAchat
                    ActiveCell.Offset(0, 6).Value = newPosition
                End If
            Next i
            pos.Activate
            invest = WorksheetFunction.Sum(Range("G:G"))
            board.Range("D5").Value = invest
            board.Range("D3").Value = money - valeurAchat - Frais
            board.Range("D7").Value = board.Range("D3").Value + board.Range("D5").Value
            Call Ponderation.PartPortefeuille

```

```
Call Historique.Transactions
Else
    MsgBox ("Vous n'avez pas suffisamment de fonds.")
End If
End If
```


Annexe 17 : Module Sell

Ce module sert à placer des ordres de vente. Afin de vendre un titre, il faut que celui-ci ait déjà été acheté et que l'utilisateur dispose de suffisamment de fonds afin de couvrir les frais de transactions liés à l'ordre. En outre, tout comme pour le module *Buy*, les feuilles *Positions* et *Tableau de bord* sont mises à jour.

Dim pos As Worksheet

Dim histo As Worksheet

Public quantitéVente As Integer

Public prixVente As Double

Dim valeur As Double

Public valeurVente As Double

Dim typeOrdre As String

Dim part As Double

Dim newPosition As Double

Dim newQuantité As Integer

Sub Vendre()

 typeOrdre = "Vente"

 Set pos = Sheets("Positions")

 Set histo = Sheets("Historique transactions")

 Frais = 0

 transaction = 0

 valeurVente = 0

 ticker = UCase(InputBox("Quel titre désirez-vous vendre?"))

 Range("b3").Value = ticker

 quantitéVente = InputBox("Quelle quantité désirez-vous vendre?")

 Range("B5").Value = quantitéVente

 prixVente = WorksheetFunction.WebService("https://cloud.iexapis.com/stable/stock/" & ticker & "/quote/latestPrice?token=pk_912f2c3553d0462c82f997a8c1fb29fd ")

 Range("B7").Value = prixVente

 valeurVente = prixVente * quantitéVente

 Range("B9").Value = valeurVente

 transaction = valeurVente

 Call Fees.FraisTransac

 Range("b11").Value = typeOrdre

 Range("B13").Value = Frais

```

    If MsgBox("Souhaitez-vous passer cette " & typeOrdre & " de " & quantitéVente & "
actions " & ticker & " pour un montant de " & valeurVente & " USD avec " & Frais & "
USD de frais ?", vbYesNo + vbQuestion) = vbNo Then
        Exit Sub
    Else

        pos.Activate
        Range("A2").Select
        Set liste = Range(Selection, Selection.End(xlDown))
        ligne = liste.Rows.Count
        Range("A2").Select
        Set liste = Range(Selection, Selection.End(xlDown))
        monTitre = WorksheetFunction.Match(ticker, liste, 0)
        Cells(monTitre + 1, 1).Offset(0, 4).Activate
        If quantitéVente <= ActiveCell.Value Then
            Call TableauBord.TB
            newQuantité = ActiveCell.Value - quantitéVente
            ActiveCell.Value = newQuantité
            newPosition = prixVente * newQuantité
            ActiveCell.Offset(0, 1).Value = newPosition
            ActiveCell.Offset(0, 2).Value = newPosition
            board.Range("D3").Value = money + valeurVente - Frais
            invest = WorksheetFunction.Sum(Range("G:G"))
            board.Range("D5").Value = invest
            board.Range("D7").Value = board.Range("D3").Value +
board.Range("D5").Value
            Call Ponderation.PartPortefeuille
            Call Historique.Transactions
            pos.Activate
        Else
            MsgBox ("Vous vendez plus de titres que vous n'en possédez!")
        End If
    End If
End Sub

```

Annexe 18 : Module Historique du portefeuille

Ce module sert à générer l'historique du portefeuille que l'utilisateur aura composé. Il pourra y suivre l'évolution de sa valeur monétaire ainsi que sa performance par rapport au premier portefeuille généré dans l'historique.

```
Dim perfPf As Double
Dim valeurIni As Double
Dim ligne As Single
Sub PF()
    Application.ScreenUpdating = False
    Call Actualisation.Refresh
    Call TableauBord.TB
    Sheets("positions").Activate
    If Cells(2, 7).Value <> "" Then
        valeurIni = WorksheetFunction.Sum(Range("F:F"))
        On Error GoTo noPortfolio
        perfPf = invest / valeurIni - 1
    Else
noPortfolio:
        MsgBox ("Vous n'avez pas encore composé de portefeuille.")
        Exit Sub
    End If
    Sheets("Tableau de bord").Activate
    Range("A18").Activate
    If Cells(18, 1).Value = "" Then
        ActiveCell.Value = Now
        ActiveCell.Offset(0, 1).Value = invest
    Else
        Range("A17").Select
        ligne = Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Rows.Count
        Cells(ligne + 17, 1).Activate
        With ActiveCell
            .Value = Now
            .Offset(0, 1).Value = invest
            .Offset(0, 1).NumberFormat = "[$$-en-US]* 0.00"
            .Offset(0, 2).Value = perfPf
            .Offset(0, 2).NumberFormat = "0.00%"
        End With
    End If
End Sub
```

```
.Offset(0, 3).Formula = "=RC[-2]/R[-1]C[-2]-1"  
.Offset(0, 3).NumberFormat = "0.000%"  
End With  
End If  
Range("D11").Value = perfPf  
Range("D11").NumberFormat = "0.000%"  
End Sub
```