

Optimisation de portefeuille avec la frontière efficiente de Markowitz

Rapport VBA

Groupe 5 :

- Ewen Ancelin, Adélaïde Broucas
- Naël El Béni, Abderrahim Squalli

Professeur : Monsieur Renaud Vérin
ING2 MF1
2025-2026



Table des matières

Introduction	1
I. Cahier des charges du projet.....	2
II. Présentation de l'interface	3
III. Notre retour sur le projet	6
Conclusion	8

Introduction

Dans le cadre de notre formation d'ingénieur en mathématiques appliquées à la finance à CY Tech, nous avons réalisé un projet de programmation en VBA¹ portant sur l'optimisation de portefeuilles financiers selon la théorie de la frontière efficiente de Markowitz.

Ce projet s'inscrit à la croisée de deux domaines essentiels de notre cursus : la finance et la programmation appliquée. Il visait à concevoir, sous Excel, une application interactive capable d'importer des données boursières réelles, de calculer les indicateurs statistiques clés d'un portefeuille et de représenter visuellement la frontière efficace ainsi que la SML².

L'objectif principal était de mettre en œuvre les fondements de la théorie du portefeuille développée par Harry Markowitz en 1952. À partir d'un ensemble d'actifs, il s'agissait de déterminer la combinaison optimale maximisant la rentabilité pour un niveau de risque donné, ou inversement minimisant le risque pour un rendement cible.

Au-delà de la seule application des formules mathématiques, le projet comportait un enjeu technique important : automatiser l'ensemble du processus d'analyse financière au sein d'un environnement Excel, via des macros et des scripts VBA. Notre groupe, composé de quatre étudiants, s'est réparti les tâches entre la partie calculs financiers, la programmation, et la conception de l'interface graphique.

Ce projet nous a permis de mobiliser à la fois nos compétences techniques et nos connaissances financières. Il constitue ainsi un exemple concret d'intégration des outils numériques au service de la prise de décision en finance.

Dans les sections suivantes, nous présenterons d'abord le cahier des charges du projet et les fonctionnalités attendues de l'application, avant de détailler sa réalisation

¹ VBA : Visual Basic for Applications

² SML : Security Market Line

technique, son interface utilisateur, puis de conclure sur notre bilan et notre avis personnel concernant cette expérience.

I. Cahier des charges du projet

Avant de débiter la phase de réalisation, un cahier des charges a été rédigé afin de définir précisément les besoins, les fonctionnalités attendues et les objectifs du projet. Nous avons réalisé un dessin schématique de l'application, représentant la disposition générale des pages, des boutons, des zones de texte et des graphiques. Cette étape de conception a été essentielle : elle nous a permis d'avoir une vision d'ensemble claire du projet, de répartir efficacement le travail entre les membres du groupe, et d'éviter de devoir refaire plusieurs fois certaines parties du code ou de la mise en forme à cause de détails oubliés. Grâce à cette maquette initiale, chaque membre a pu avancer de manière autonome tout en respectant une structure commune et un objectif partagé.

Notre objectif principal était de concevoir une application Excel VBA appliquant la théorie de Markowitz, permettant à l'utilisateur d'importer des données financières, de calculer les indicateurs statistiques d'un portefeuille et d'en visualiser les résultats sous forme de graphiques clairs et interactifs.

Le projet devait s'articuler autour de six pages principales : Accueil, Données, Calculs, Optimisation, SML et Portefeuille Optimisé. Chaque page correspondait à une étape spécifique de l'analyse financière, depuis l'importation des données jusqu'à la présentation des résultats.

Sur le plan fonctionnel, l'application devait permettre d'importer des données boursières réelles. Les données devaient être automatiquement chargées dans une feuille dédiée et présentées sous forme de tableau structuré pour être directement exploitables par les macros. Une fois les données importées, le programme devait effectuer les calculs statistiques nécessaires à la théorie de Markowitz, notamment le

rendement moyen, la matrice de covariance et la matrice de corrélation. Ces éléments devaient ensuite être utilisés pour générer de nombreux portefeuilles simulés, dont chacun serait défini par un couple rendement/risque.

À partir de ces simulations, l'application devait tracer la frontière efficiente et identifier le portefeuille optimal, c'est-à-dire celui qui maximise le ratio de Sharpe. L'outil devait aussi permettre de définir un taux sans risque, puis de calculer et d'afficher la Capital Market Line (CML³) et la Security Market Line (SML). Ces graphiques devaient illustrer la relation entre le rendement espéré et le risque, et compléter la représentation de la frontière efficiente. Enfin, la dernière page intitulée Portefeuille Optimisé devait présenter une synthèse visuelle du portefeuille optimal à l'aide d'un graphique en donut illustrant la répartition des actifs, accompagnée des indicateurs essentiels : rendement attendu, volatilité et ratio de Sharpe. L'ensemble devait être présenté dans une interface homogène, avec une palette de couleurs bien définies et une navigation fluide entre les différentes pages.

Ainsi, le cahier des charges définissait un cadre précis pour le développement de l'application : concevoir un outil complet, ergonomique et fidèle à la théorie de Markowitz.

II. Présentation de l'interface

³ CML : Capital Market Line

Cette première page constitue le point d'entrée de l'application. Elle permet à l'utilisateur de paramétrer le taux sans risque et le nombre de portefeuilles à générer, à l'aide de spin buttons liés à des zones de texte. Deux boutons principaux permettent d'importer les données CSV depuis le site du Nasdaq et d'accéder directement à la page Données. Un encadré explicatif résume le principe de la frontière efficiente de Markowitz et le rôle du taux sans risque.

Cette page regroupe les données boursières importées au format CSV. Elles affichent les prix de clôture historiques des actions sélectionnées (par exemple Tesla, Amazon et Meta). Un graphique situé à droite visualise l'évolution temporelle des cours. Cette étape constitue la base de travail pour les calculs statistiques et les optimisations à venir.

La page Calculs effectue l'ensemble des traitements statistiques nécessaires à la modélisation du portefeuille. On y calcule les rendements journaliers, la matrice de covariance et la matrice de corrélation entre les actifs.

CYTECH Optimisation de portefeuille - Frontière de Markowitz
Equipe : Even ANCELIN - Adélaïde BROUCAS - Naël EL BENI - Abderrahim SQUALLI | ING2 MF1

Accueil Données Calculs Optimisation SML Portfeuille Optimisé

Paramètres :

Taux sans risque : 0,37 %

Nombre de portefeuilles : 5

Importer les données

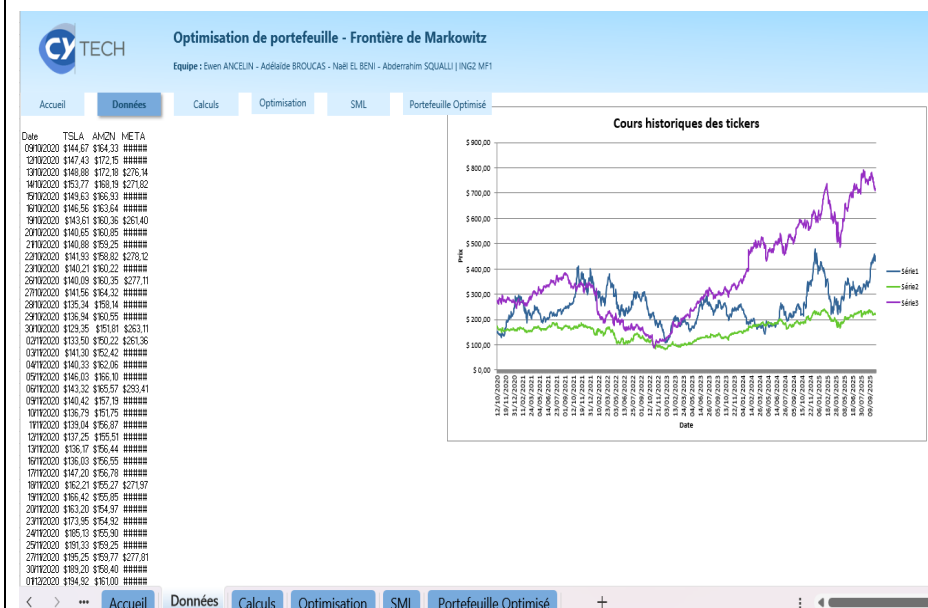
Accéder aux données

Frontière efficiente de Markowitz :

Objectif du projet : Construire une application qui importe des données boursières, calcule les rendements et risques, puis optimise un portefeuille d'actifs selon la théorie du portefeuille de Markowitz.

Idee clé : La frontière efficiente regroupe les portefeuilles offrant, pour chaque niveau de risque (σ), le rendement attendu le plus élevé. À l'inverse, pour un rendement visé, elle minimise le risque. En introduisant un taux sans risque R_f , on identifie le portefeuille au ratio de Sharpe maximal, situé au point de tangence entre la droite (CML) partant de R_f et la frontière efficiente.

Accueil Données Calculs Optimisation SML Portfeuille Optimisé



CYTECH Optimisation de portefeuille - Frontière de Markowitz
Equipe : Even ANCELIN - Adélaïde BROUCAS - Naël EL BENI - Abderrahim SQUALLI | ING2 MF1

Accueil Données Calculs Optimisation SML Portfeuille Optimisé

calculer rendements calculer covariance calculer corrélations

Données

Date	TSLA	AMZN	META
09/07/2019	0.00023699	0.04754897	0.04278186
12/07/2019	0.00983496	0.00020335	0.00414325
13/07/2019	0.02309096	-0.02309096	-0.05644298
14/07/2019	0.02309096	-0.02309096	-0.05644298
15/07/2019	-0.02007728	-0.01979048	-0.00296198
16/07/2019	-0.02007728	-0.02007728	-0.01979048
19/07/2019	-0.02007728	-0.02007728	-0.01979048
20/07/2019	-0.02007728	-0.02007728	-0.01979048
21/07/2019	0.00000000	-0.00000000	-0.00000000
22/07/2019	0.00745312	-0.00000000	-0.00000000
23/07/2019	-0.0171865	0.00000000	0.02392454
26/07/2019	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
27/07/2019	0.01468461	0.02472733	0.02207613
28/07/2019	-0.04333896	-0.02007728	-0.00000000
29/07/2019	0.01468461	0.02472733	0.02207613
30/07/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
01/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
02/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
03/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
04/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
05/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
06/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
07/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
08/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
09/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
10/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
11/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
12/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
13/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
14/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
15/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
16/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
17/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
18/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
19/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
20/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
21/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
22/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
23/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
24/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
25/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
26/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
27/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
28/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
29/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
30/08/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
01/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
02/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
03/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
04/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
05/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
06/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
07/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
08/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
09/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
10/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
11/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
12/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
13/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
14/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
15/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
16/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
17/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
18/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
19/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
20/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
21/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
22/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
23/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
24/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
25/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
26/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
27/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
28/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
29/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
30/09/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
01/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
02/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
03/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
04/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
05/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
06/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
07/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
08/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
09/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
10/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
11/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
12/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
13/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
14/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
15/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
16/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
17/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
18/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
19/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
20/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
21/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
22/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
23/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
24/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
25/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
26/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
27/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
28/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
29/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
30/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000
31/10/2019	0.00000000	0.00000000	0.00000000

Accueil Données Calculs Optimisation SML Portfeuille Optimisé

Les graphiques présentent les rendements annualisés et les corrélations entre paires d'actifs, illustrant la notion de diversification.

Cette page met en œuvre le modèle de Markowitz pour générer un grand nombre de portefeuilles aléatoires. Elle affiche la frontière efficace, la CML et les portefeuilles optimaux selon le ratio de Sharpe.

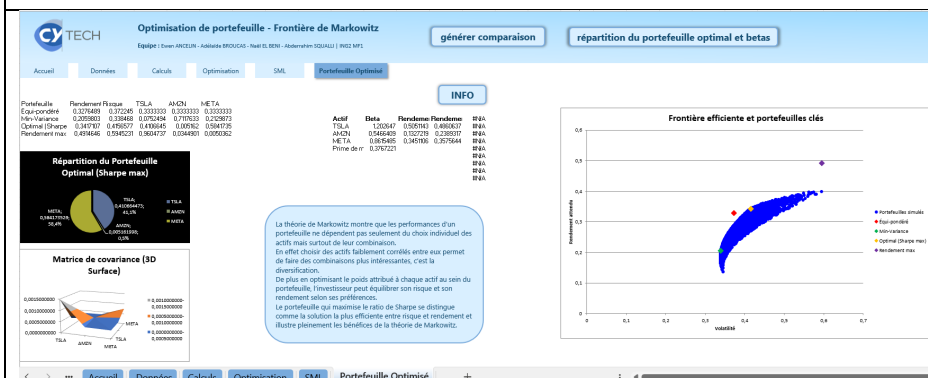
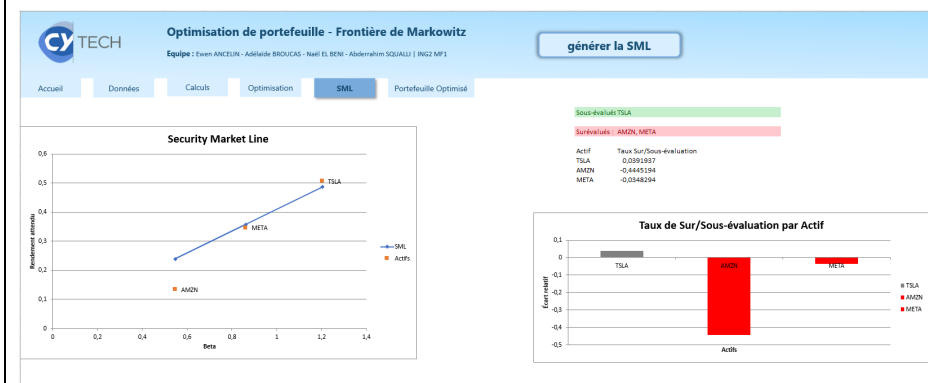
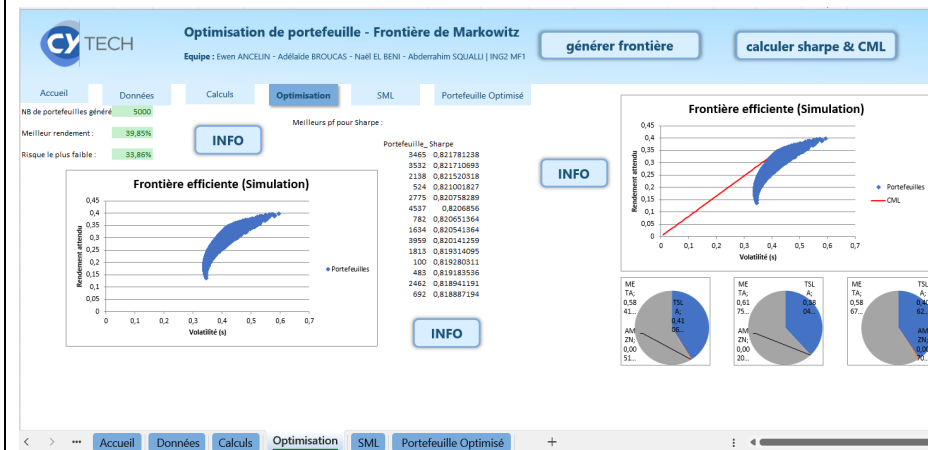
Des boutons permettent de lancer les calculs, de générer la frontière et de comparer les résultats.

Les graphiques en bas présentent la répartition des actifs pour différents portefeuilles.

Cette feuille présente la Security Market Line, représentant la relation entre le rendement espéré et le risque systématique (bêta).

Le graphique principal affiche les actifs positionnés par rapport à la SML, permettant d'identifier les actifs sous-évalués ou surévalués. Des indicateurs numériques résument les écarts de valorisation, et un second graphique met en évidence la sur/sous-performance des titres.

La dernière page résume les résultats finaux de l'analyse. Elle affiche la composition du portefeuille optimal à l'aide d'un diagramme circulaire, ainsi que la matrice de covariance en 3D.



	<p>Les indicateurs clés (rendement, risque, ratio de Sharpe) sont présentés dans un tableau, et un texte explicatif rappelle la logique de diversification et les bénéfices de la méthode de Markowitz.</p> <p>Cette page offre une vue d'ensemble claire et synthétique des performances du portefeuille.</p>
--	--

III. Notre retour sur le projet

La réalisation de ce projet a été une expérience à la fois exigeante, formatrice et stimulante. Nous avons rencontré plusieurs difficultés techniques et organisationnelles, tout en découvrant un nouveau langage de programmation et en appliquant des concepts financiers concrets.

L'un des premiers défis a concerné l'importation des données financières. Nous avons initialement choisi d'utiliser l'API *Alpha Vantage*, mais celle-ci ne proposait qu'un historique limité à trois mois, ce qui s'est révélé insuffisant. Nous avons donc opté pour l'utilisation de fichiers CSV issus du site du Nasdaq, une solution plus stable et adaptée à notre besoin d'historique étendu. Ce choix nous a conduits à repenser la logique d'importation et la gestion des données, mais a permis d'obtenir une application plus fiable et plus pertinente.

Une autre difficulté importante a été liée à la composition de notre équipe, formée de deux élèves ayant fait les classes préparatoires intégrées de CY Tech et de deux étudiants issus de classe préparatoire. Ce mélange de profils a entraîné des niveaux de connaissances différents, notamment en finance. Il a donc fallu apprendre à communiquer efficacement, à adapter les explications et à s'assurer que tout le monde comprenait les enjeux à chaque étape. Cette diversité a finalement été une source

d'enrichissement, car elle nous a permis de travailler de manière collaborative et complémentaire.

Une autre difficulté résidait dans la prise de décision technique. Au fur et à mesure du développement, nous avons dû faire des choix structurants, notamment concernant la conception de l'interface utilisateur. Nous avons longtemps hésité entre la création d'un UserForm et l'intégration directe des contrôles dans les feuilles Excel. Après plusieurs essais, nous avons finalement privilégié la seconde option, plus stable et plus facilement personnalisable. Ce choix s'est avéré pertinent, car il a permis de concentrer nos efforts sur l'ergonomie et la cohérence visuelle du tableau de bord.

Enfin, nous avons dû composer avec une forte contrainte de temps. Nous ne disposions que de quatre séances de cours pour apprendre les bases du langage VBA et découvrir les outils d'Excel, puis de deux semaines pour concevoir et finaliser le projet. Cela nous a obligés à être rigoureux dans notre organisation, à prioriser les fonctionnalités essentielles et à répartir efficacement les tâches. Ce travail en temps limité nous a permis de développer des réflexes de gestion de projet concrets : planification, répartition des rôles et coordination.

Malgré ces contraintes, ce projet s'est révélé très enrichissant. Le fait de le lier au domaine de la finance a constitué un véritable atout. Contrairement à certains projets des années précédentes, celui-ci nous a réellement intéressés et motivés. Il nous a permis de combiner nos connaissances en mathématiques, finance et programmation, ce qui représente un véritable plus pour nos parcours et nos CV, car il valorise à la fois nos compétences techniques et notre compréhension des enjeux financiers.

En définitive, ce projet nous a permis de progresser techniquement, de renforcer notre esprit d'équipe et de confirmer notre intérêt pour la finance quantitative et les outils numériques appliqués à la gestion de portefeuille.

Conclusion

En conclusion, ce projet d'optimisation de portefeuille sous Excel VBA a parfaitement rempli ses objectifs. Nous avons su combiner la rigueur mathématique de la théorie de Markowitz avec la flexibilité du langage VBA, pour concevoir une application interactive et visuellement soignée.

L'utilisateur peut désormais importer des données réelles, effectuer les calculs statistiques nécessaires et visualiser la frontière efficiente, la CML, la SML ainsi que la composition du portefeuille optimal. Ce projet nous a permis de comprendre plus en profondeur les concepts fondamentaux de la finance.

Cette expérience nous a appris à transformer un modèle théorique en un outil opérationnel, ce qui est une compétence essentielle dans le monde de l'ingénierie financière. Sur le plan personnel et collectif, ce projet nous a permis de développer des qualités de communication, de gestion du temps et de travail collaboratif.

En somme, ce projet nous a permis de relier la théorie à la pratique, de renforcer nos compétences techniques et financières, et de confirmer notre intérêt pour les outils numériques au service de la gestion de portefeuille.