

# PROJET FINANCE EMPIRIQUE

Analyse empirique de portefeuille de 3 ETF :

**iShares MSCI World ETF (URTH),**  
**Vanguard Value Index Fund ETF Shares (VTV)**  
**iShares MSCI Japan ETF (EWJ)**

Par Lucas Simatovic et Andy Berard

Le 30/12/2024

## ***Table des matières :***

1. Introduction
2. Présentation des ETF sélectionnés
3. Analyse et visualisation des données annualisées
4. Statistiques descriptives et test de normalité
5. Analyse de la corrélation et de l'autocorrélation
6. Modélisation ARIMA et IRF
7. Tests de racine unitaire : ADF et KPSS
8. Analyse de cointégration
9. Conclusion

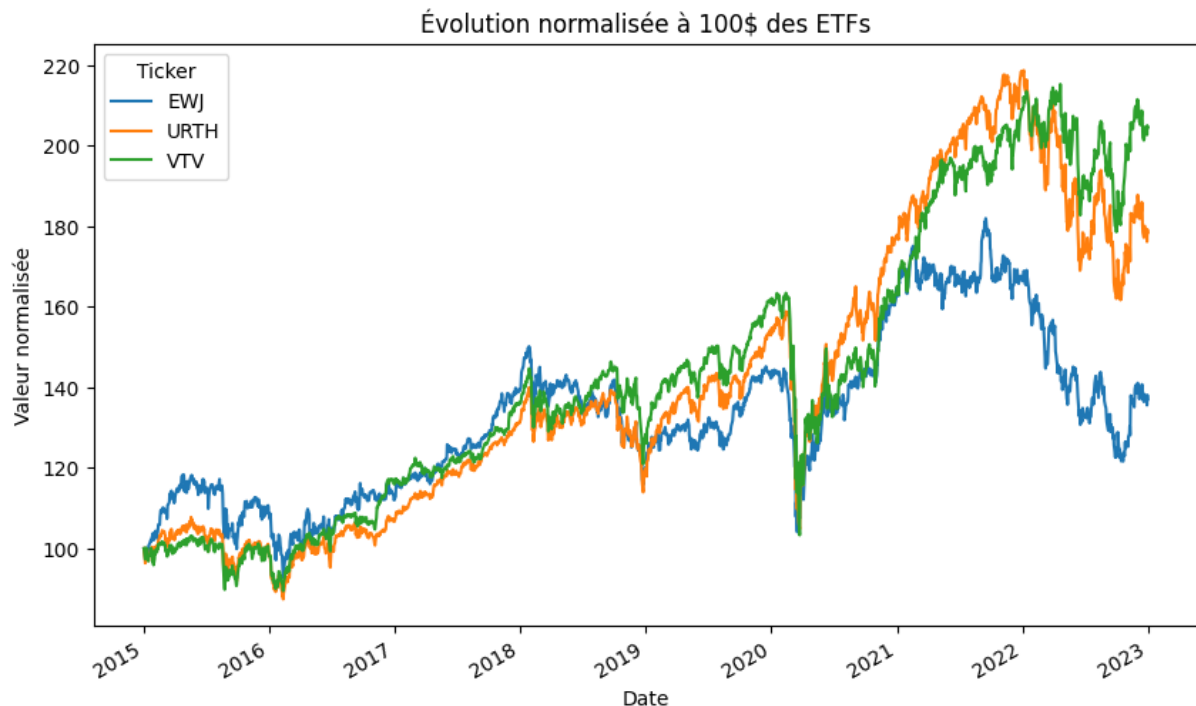
# 1. Introduction

Ce projet vise à analyser la performance et la volatilité de trois ETF représentatifs des principaux marchés mondiaux à l'aide de techniques statistiques et de modélisation financière. Nous examinerons dans un premier temps l'évolution de la valeur des ETFs normalisées, puis les rendements géométriques quotidiens à savoir les statistiques descriptives, la distribution, le graphique QQ et un test de normalité, la matrice de corrélation et les autocorrélations des actifs ; et enfin nous regarderons le modèle ARIMA et les fonctions de réponses aux impulsions, les tests de racines unitaires ADF et KPSS et un test de cointégration sur URTH et VTV. Dans ce document seront présentés les réponses aux différentes questions avec des graphiques et des commentaires et dans le code des analyses un peu plus poussées permettront de renseigner d'autres estimations pour une meilleure analyse du portefeuille.

## 2. Présentation des 3 ETF sélectionnés

	Objectif	Diversification/Composition/ Concentration géographique	Style de gestion	Rendement potentiel
URTH	Offre une exposition aux actions de grande et moyenne capitalisation dans 23 pays développés.	Large couverture géographique et sectorielle.	Passif	Lié à la performance des marchés développés.
VTV	Se concentre sur des actions américaines sous-évaluées.	Actions de grande capitalisation, majoritairement dans les secteurs des services financiers et de l'énergie.	Passif	Opportunités de croissance basées sur la reprise des valeurs sous-évaluées.
EWJ	Offre une exposition aux actions japonaises de grande et moyenne capitalisation.	Ciblé sur le marché japonais.	Passif	Sensible aux fluctuations de l'économie japonaise.

### 3. Analyse et visualisation des données



Le graphique décrit l'évolution des trois ETF normalisée sur une base de 100 \$ en 2015, pour comparer depuis un même cadre leurs performances sur la période étudiée. Trois périodes se distinguent :

#### **Dans un premier temps les performances de 2015 à 2020 :**

Dans cette période, les trois ETF montrent une croissance continue et quasi-constante. Les variations sont assez faibles avec une volatilité modérée au sein des trois marchés.

#### **Dans un second temps, l'Impact de la crise du COVID-19 (2020) :**

Une chute des cours est observée pour tous les ETF au début de 2020, correspondant à l'impact économique de la pandémie.

URTH et VTV se reprennent rapidement après la crise se traduisant par une certaine force des marchés occidentaux face aux événements externes.

EWJ en revanche montre une reprise plus lente qui signale soit une plus grande fragilité soit des défis structurels persistants sur le marché japonais.

#### **Et troisièmement les performances post-2020 :**

URTH et VTV continuent de croître après la crise en reprenant leurs rythmes de croissance pré-2020. EWJ a plus de mal à retrouver sa croissance pré 2020 s'expliquant par des difficultés économiques mais aussi les limites du marché japonais dans une situation post-pandémique.

## 4. Statistiques descriptives et test de normalité

Statistiques descriptives des rendements géométriques :			
Ticker	EWJ	URTH	VTV
count	2013.000000	2013.000000	2013.000000
mean	0.000156	0.000288	0.000355
std	0.010942	0.011598	0.011371
min	-0.103193	-0.120786	-0.117415
25%	-0.005154	-0.004046	-0.003814
50%	0.000534	0.000816	0.000575
75%	0.005967	0.005627	0.005246
max	0.067140	0.087061	0.093342
Médiane	0.000534	0.000816	0.000575
Excès de kurtosis	7.557529	16.151352	17.606229
Asymétrie	-0.662805	-1.103512	-0.840467
5ème centile	-0.016311	-0.017319	-0.016874
95ème centile	0.015375	0.016209	0.015370
Rendements annualisés	0.039420	0.072473	0.089563
Rendement géométrique	0.000156	0.000288	0.000355
Écart-type annualisé	0.173706	0.184117	0.180512
Ratio de Sharpe	0.111796	0.285000	0.385362
Drawdown maximal	-0.343537	-0.360739	-0.389171
Coefficient de variation	69.952289	40.328815	31.994856
Pourcentage des Rendements positifs	52.309985	54.446100	53.154496
Pourcentage des Rendements négatifs	46.199702	44.957774	46.050671
Amplitude interquartile	0.011121	0.009673	0.009060

Moyenne des rendements quotidiens : mean

La moyenne indique que les rendements quotidiens des ETF URTH et VTV sont supérieurs à ceux d'EWJ. Cela reflète une meilleure performance des marchés occidentaux par rapport au marché japonais.

Médiane :

La médiane est proche de la moyenne pour les trois ETF ce qui laisse à penser que la distribution est relativement symétrique. Cela indique que les cours de clôture éloignés de la moyenne n'influencent pas fortement les données centrales.

Écart-type : std

L'écart-type mesure la dispersion des rendements quotidiens autour de la moyenne. Encore une fois, URTH et VTV montrent une volatilité plus forte par rapport à EWJ. Cela reflète une dynamique de marché à tendance haussière ou encore des sensibilités plus élevées aux chocs économiques.

Maximum : max

Le maximum correspond au rendement quotidien le plus élevé enregistré pour chaque ETF. Les valeurs similaires entre les trois ETF montrent qu'ils ont chacun bénéficié de périodes de forte croissance.

Minimum : min

Le minimum représente la perte quotidienne la plus importante. Les calculs montrent qu'URTH a subi une perte maximale plus élevée probablement causée en raison de son exposition large aux marchés mondiaux.

Skewness : Asymétrie

L'asymétrie négative pour les trois ETF indique une prépondérance de rendements légèrement inférieurs à la moyenne. EWJ présente une asymétrie plus marquée, reflétant des performances légèrement plus faibles en période de choc par exemple.

Kurtosis : Excès de Kurtosis (aplatissement)

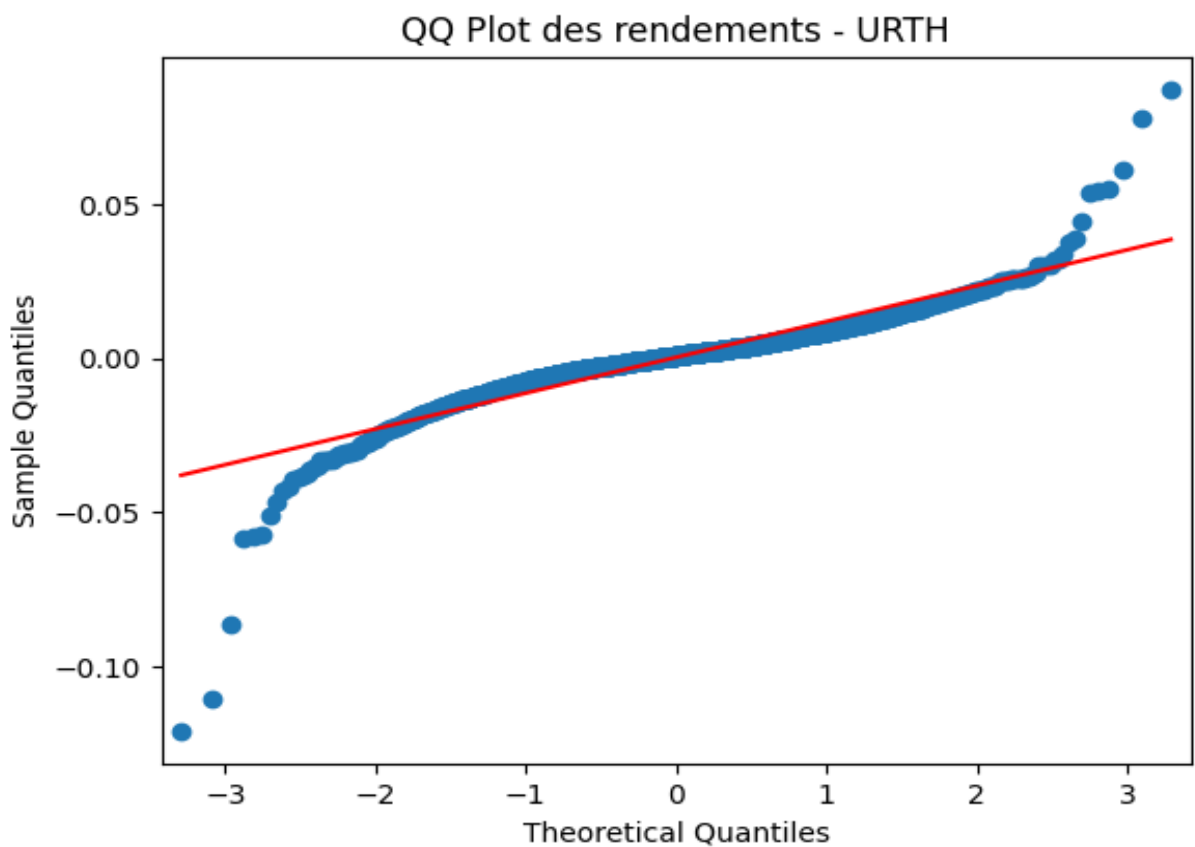
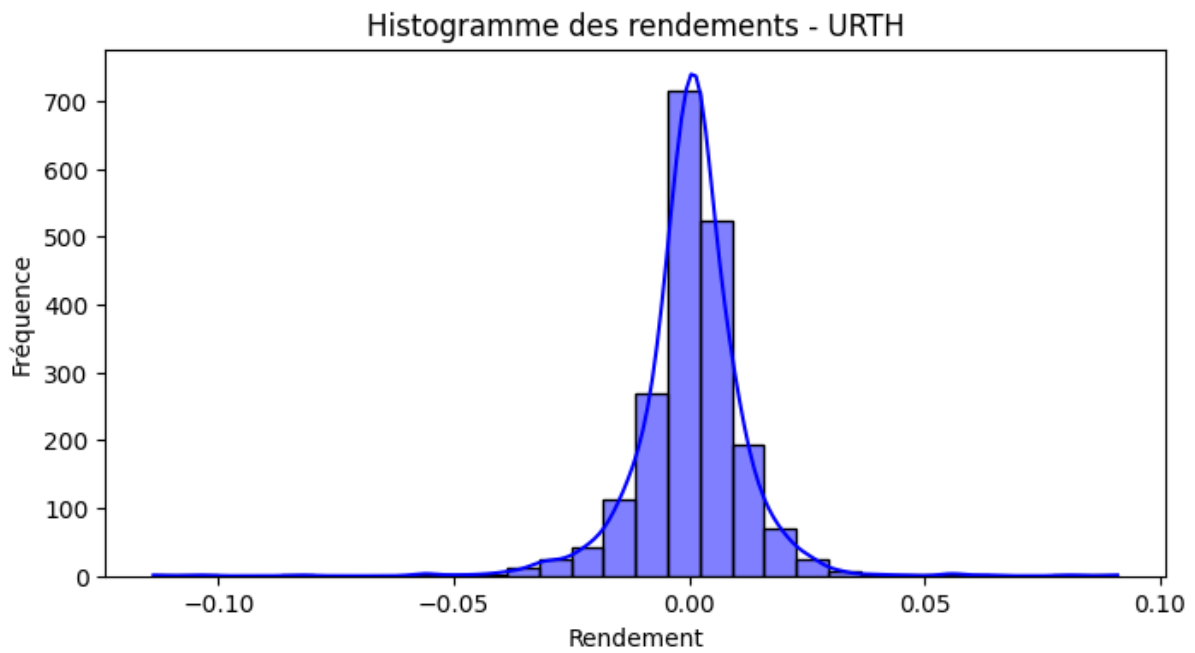
La kurtosis élevée pour URTH et VTV indique une distribution leptokurtique caractérisée par des queues épaisses. Cela reflète une fréquence accrue d'événements extrêmes.

Rendements annualisés :

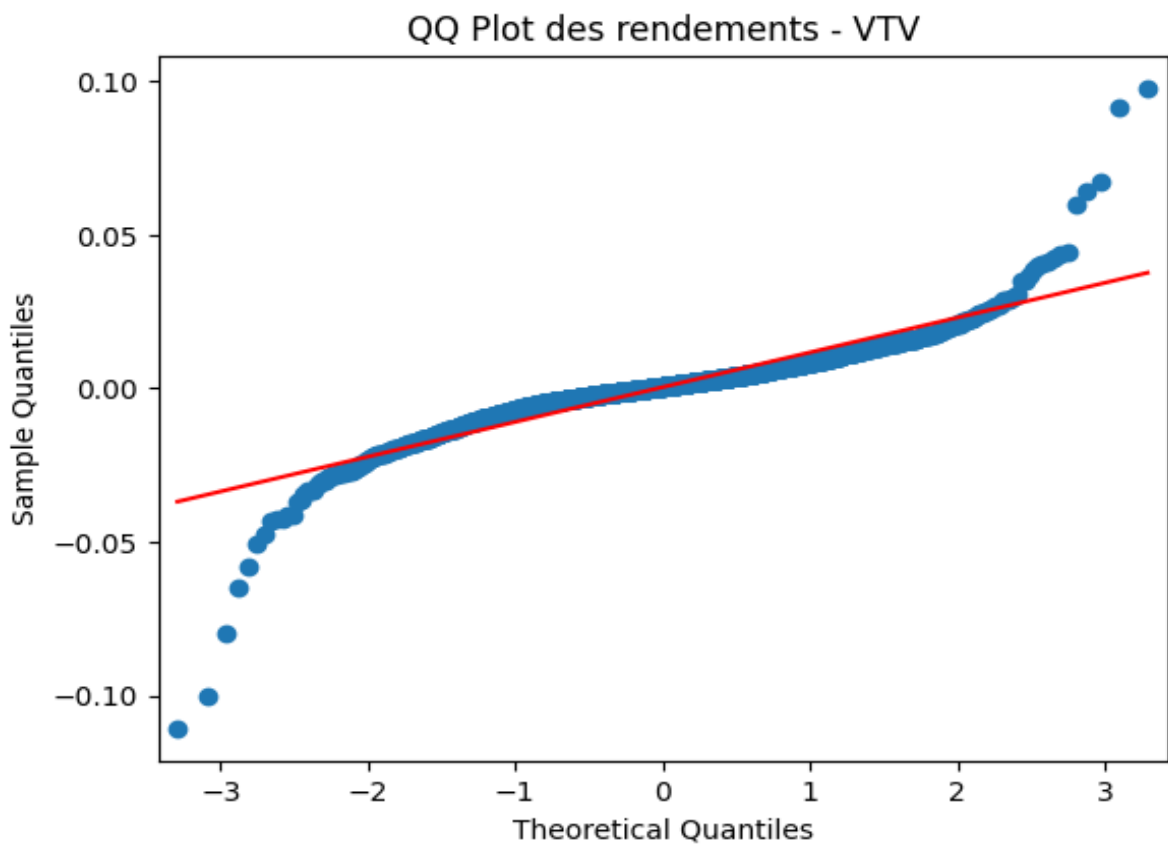
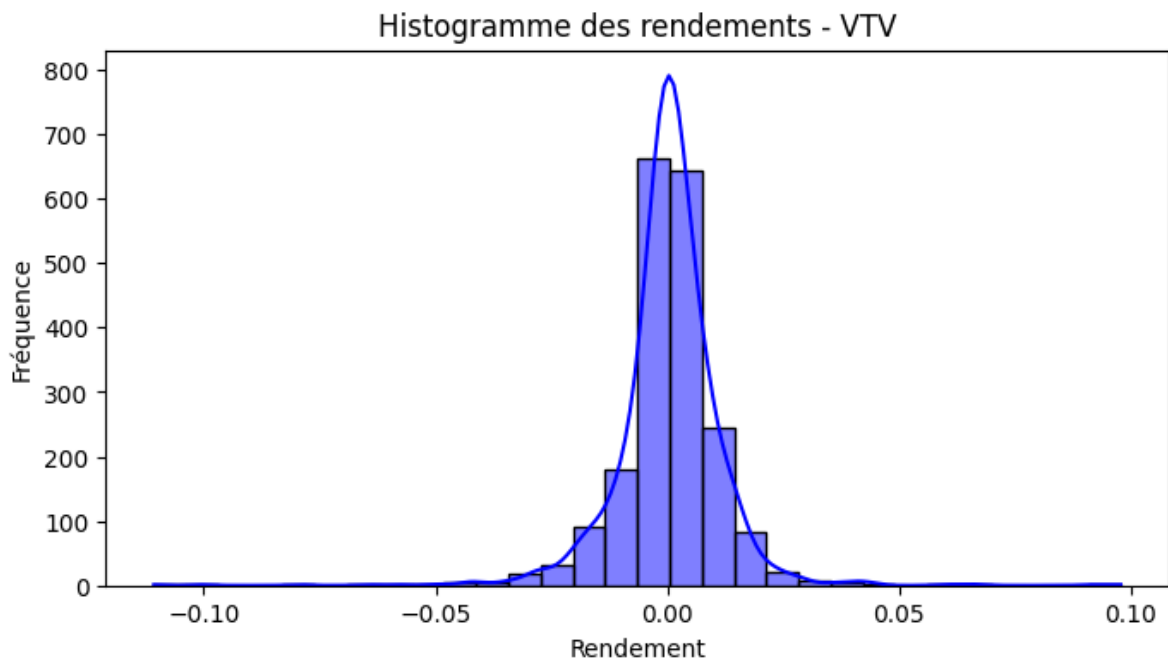
Cela se traduit par des rendements associés respectivement à chaque ETF multiplié par un montant déposé initial. Ces rendements montrent qu'en moyenne, URTH et VTV surpassent EWJ sur une base annuelle.

Rendement géométrique :

Le rendement géométrique est légèrement inférieur à la moyenne arithmétique car il intègre la volatilité. Ces valeurs confirment encore une fois la supériorité des rendements de URTH et VTV.

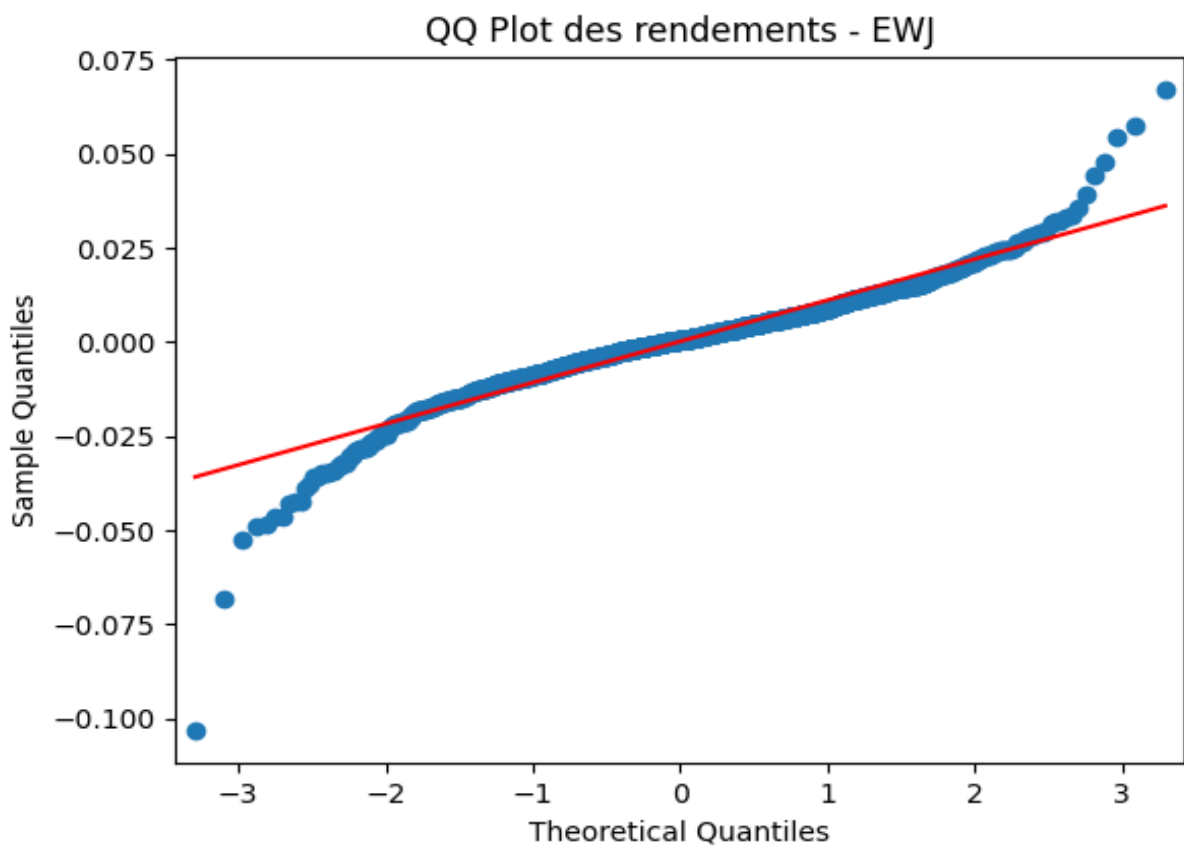
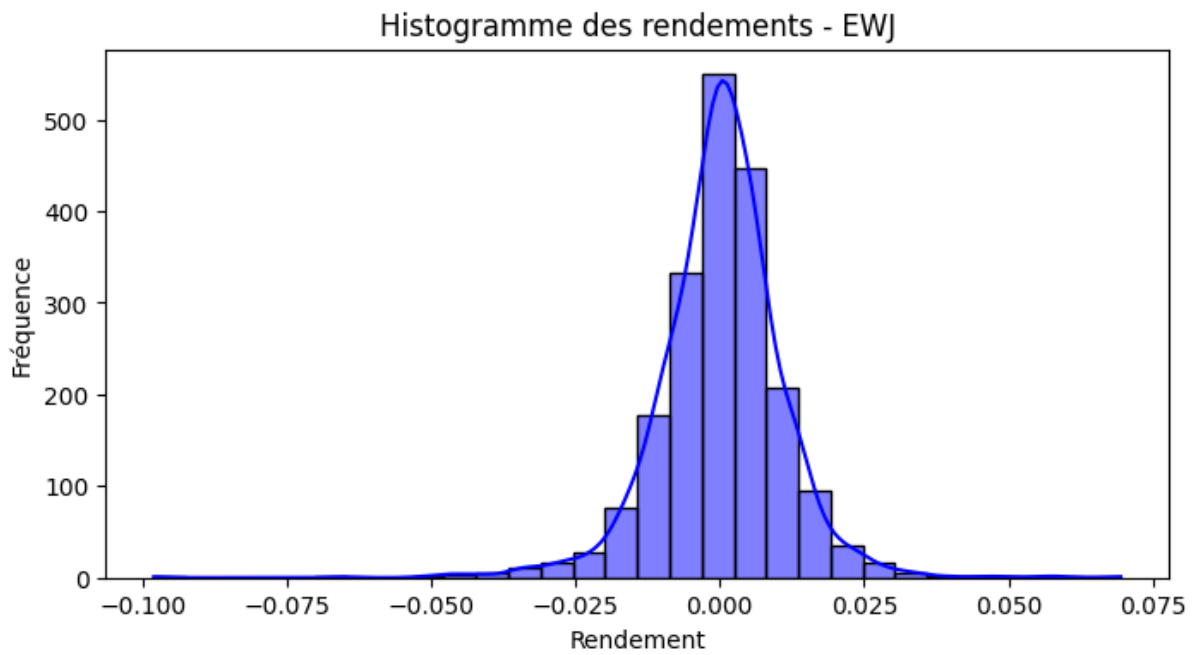


URTH - Test de Jarque-Bera: Statistique=18298.714707473177, p-valeur=0.0



VTV - Test de Jarque-Bera: Statistique=23146.164746892988, p-valeur=0.0





EWJ - Test de Jarque-Bera: Statistique=4119.1452481848955, p-valeur=0.0

Nous choisissons de faire un résumé des analyses précédentes des différents ETF car ces derniers présentent les mêmes caractéristiques et spécificités à peu de choses près.

### **Distribution des rendements**

La distribution des rendements quotidiens présente plusieurs caractéristiques communes entre les trois ETF :

- Point central : Les distributions montrent un pic autour de 0 signifiant que la majorité des rendements quotidiens sont proches de zéro. On distingue donc peu de fortes tendances et une certaine stabilité des cours.
- Queues épaisses : La présence de queues épaisses est caractéristique des observations signalant des fréquences assez importantes de rendements importants qu'ils soient positifs ou négatifs.
- Asymétrie négative : Les rendements présentent une asymétrie négative indiquant que les pertes importantes sont légèrement plus fréquentes que les gains importants sur ces ETF. L'intensité de cette asymétrie varie, mais elle reflète une certaine vulnérabilité dans les périodes de stress économique comme vu avec EWJ. Cela est en parti causé par la crise de 2020.

### **Graphique Q-Q (Quantile-Quantile)**

Les graphiques Q-Q mettent en évidence les écarts entre les rendements observés et ceux d'une distribution normale :

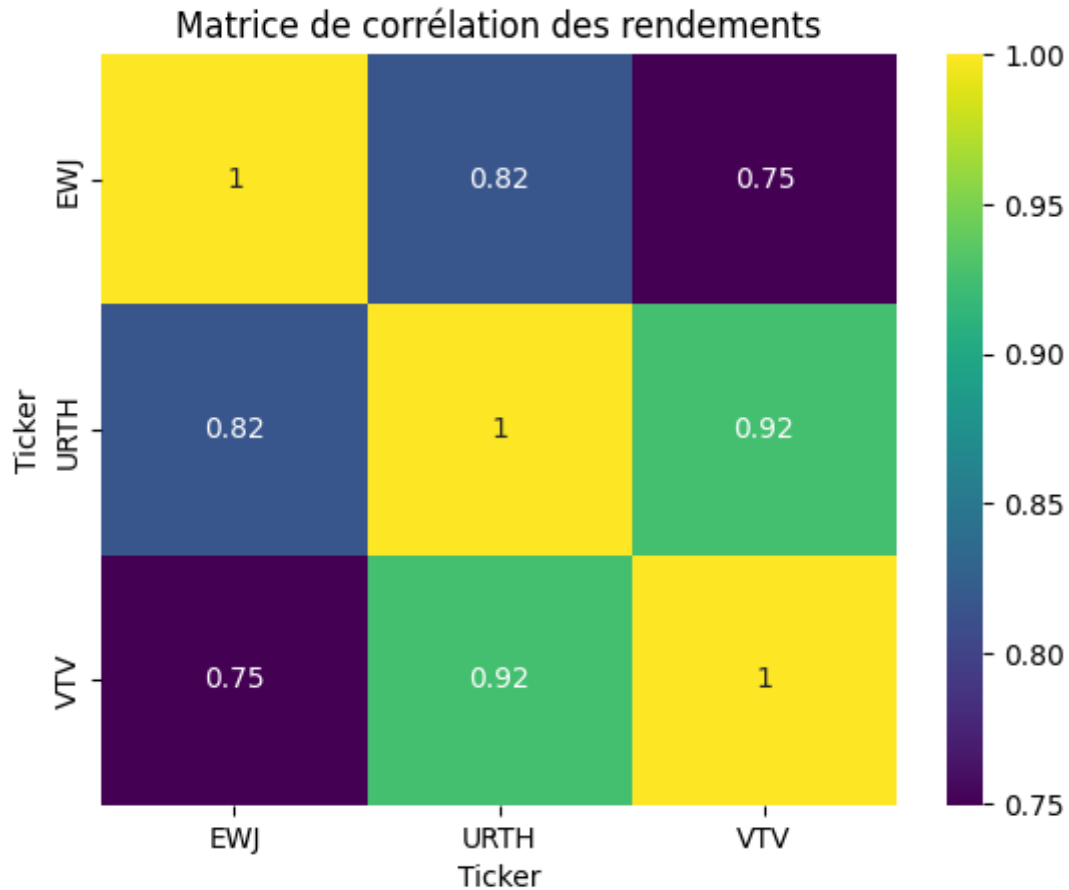
- Alignement sur la droite : pour les rendements modérés, les points s'alignent bien sur la droite rouge, suggérant une distribution proche de la normale.
- Points aux extrémités : les points situés dans les queues s'écartent significativement de la droite confirmant la présence de queues épaisses et de fait d'un excès de kurtosis. Ces écarts montrent que les rendements extrêmes sont plus fréquents que prévu dans une distribution normale.

### **Test de Jarque-Bera**

Les tests de Jarque-Bera confirment les observations précédentes :

- Valeur élevée : en combinant l'asymétrie et l'excès de Kurtosis nous obtenons une valeur élevée.
- P-value nulle : la p-value permet de rejeter l'hypothèse nulle de normalité. Les rendements ne suivent donc pas une distribution normale ce qui est cohérent avec la présence de queues épaisses et d'asymétries observées dans les analyses précédentes.

## 5. Analyse de la corrélation et de l'autocorrélation



- URT et VTV : 0,92

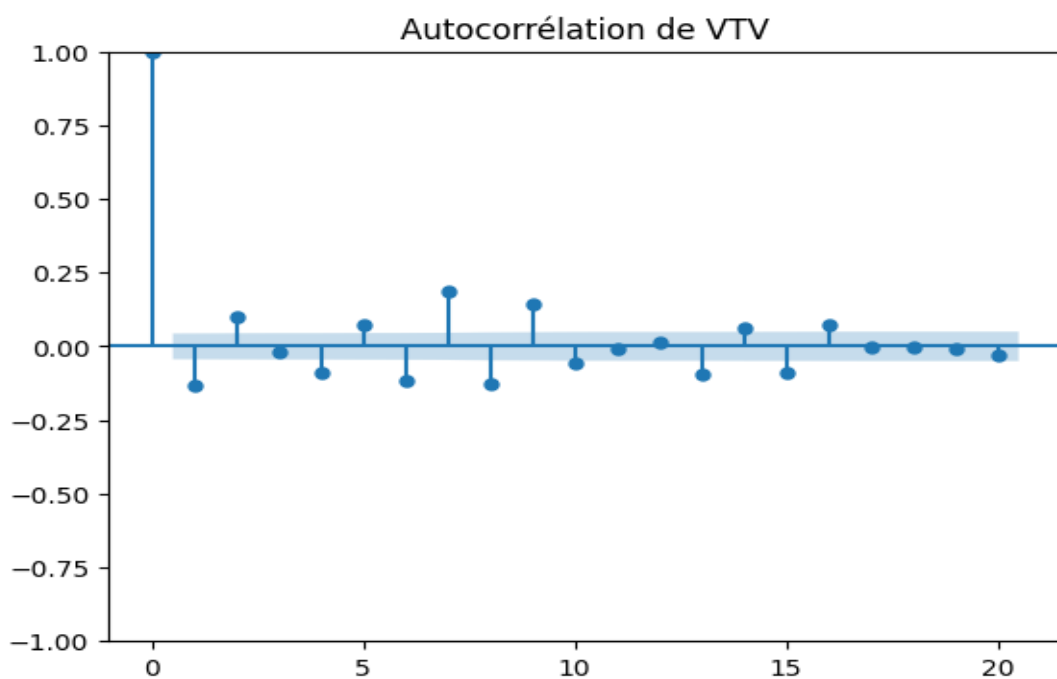
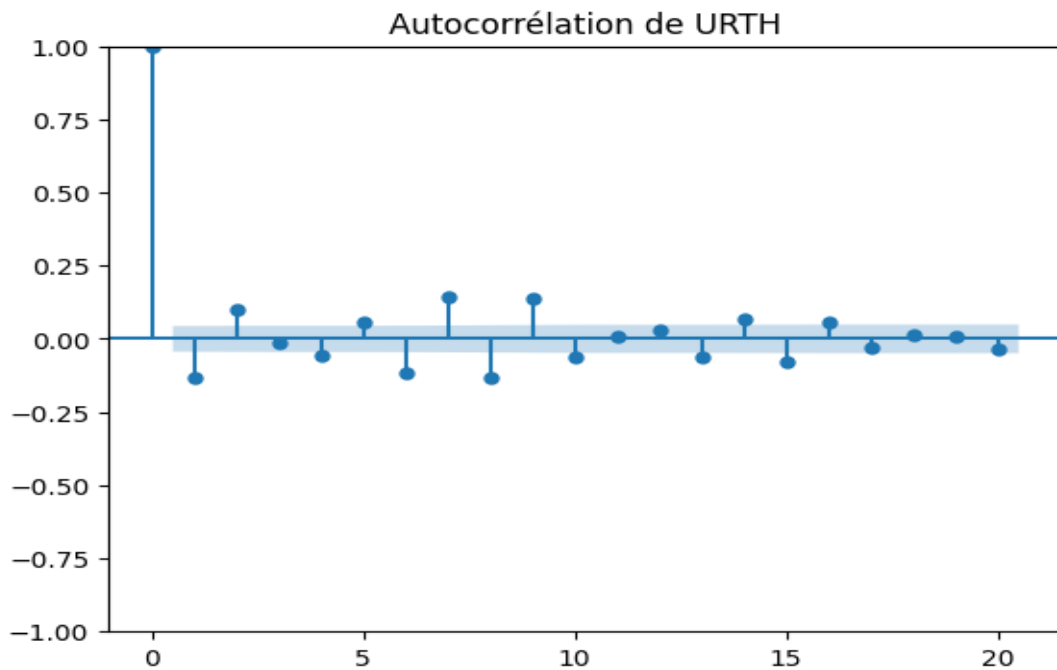
Une forte corrélation positive proche de 1 indique que l'évolution des rendements de ces deux ETF coïncide. On peut l'expliquer par leurs fortes expositions aux marchés occidentaux et leurs dépendances aux facteurs macroéconomique. Cela implique qu'une telle corrélation réduit davantage la diversification entre URT et VTV dans un portefeuille car ils tendent à réagir de façon identique aux mêmes événements de marché.

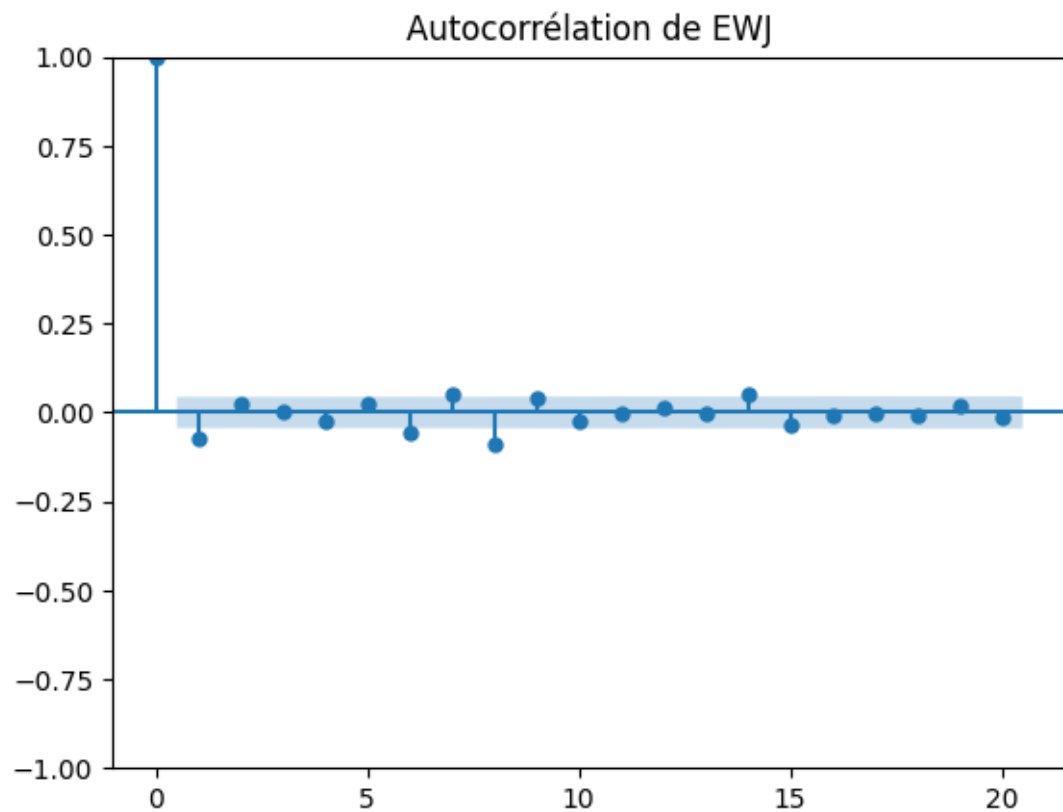
- URT et EWJ : 0,82

Comme pour la corrélation entre les ETF cités juste avant, bien que celle-ci soit légèrement inférieure, peut être soutenue par le fait que EWJ est soumis à d'autres facteurs économiques que ceux d'occidents. De ce fait EWJ offre quand même une bonne corrélation avec URT même s'ils sont dans des régions différentes.

- VTV et EWJ : 0,75

Ici, la corrélation entre les deux ETF est moindre. Ce qui signifie que les trajectoires des rendements diffèrent légèrement plus que les paires d'ETF cités au-dessus. Ces ETF sont totalement différents s'expliquant par leur corrélation s'écartant de 1. Ces deux-là partagent des positions qui permettent la diversification dans le portefeuille et permettront éventuellement de se diriger vers une performance gagnante dans les marchés financiers.





Ici, les trois ETF décrivent les même caractéristique en terme d'autocorrélation. En effet, les indices mondiaux confirment la non-stationnarité des séries temporelles. On voit que certains « lags » sortent de l'intervalle de confiance signalant peut être la non-stationnarité de la série mais ce n'est pas toujours le cas. Plusieurs « lags » successifs hors de l'intervalle de confiance peuvent témoigner de la non-stationnarité.

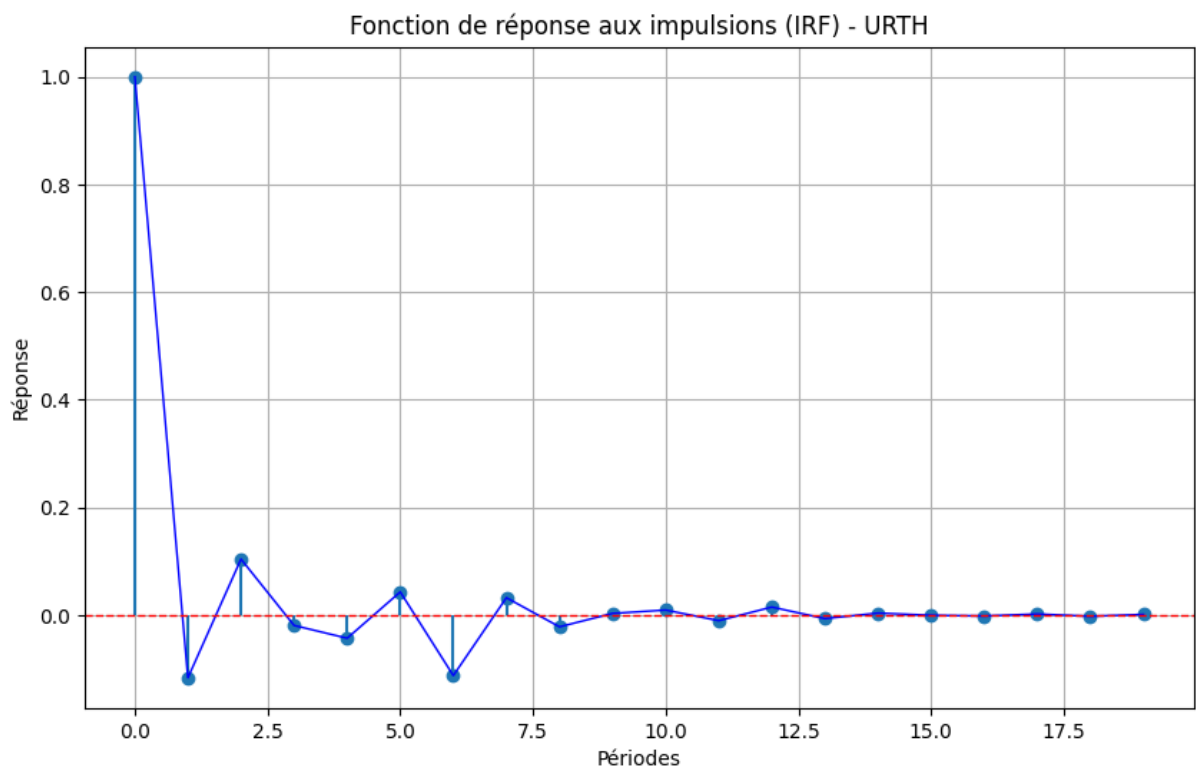
## 6. Modélisation ARIMA et IRF pour URTH et VTV

SARIMAX Results						
=====						
Dep. Variable:	URTH	No. Observations:	2014			
Model:	ARIMA(6, 1, 0)	Log Likelihood	6156.559			
Date:	Wed, 18 Dec 2024	AIC	-12299.118			
Time:	12:13:06	BIC	-12259.866			
Sample:	0	HQIC	-12284.710			
	- 2014					
Covariance Type:	opg					
=====						
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
-----						
ar.L1	-0.1164	0.011	-11.031	0.000	-0.137	-0.096
ar.L2	0.0904	0.011	8.584	0.000	0.070	0.111
ar.L3	0.0034	0.011	0.299	0.765	-0.019	0.026
ar.L4	-0.0542	0.012	-4.525	0.000	-0.078	-0.031
ar.L5	0.0331	0.014	2.437	0.015	0.006	0.060
ar.L6	-0.0939	0.012	-8.155	0.000	-0.116	-0.071
sigma2	0.0001	1.79e-06	72.325	0.000	0.000	0.000
=====						
Ljung-Box (L1) (Q):	0.24	Jarque-Bera (JB):	14544.88			
Prob(Q):	0.63	Prob(JB):	0.00			
Heteroskedasticity (H):	1.70	Skew:	-1.24			
Prob(H) (two-sided):	0.00	Kurtosis:	15.93			
=====						

Le modèle ARIMA révèle d'abord pour l'ETF URTH qu'une très faible variance des termes d'erreur est observable ce qui révèle un très bon ajustement du modèle face aux données. Le coefficient de Kurtosis de 15,93 est supérieur au seuil de 3 approuvant le fait que l'on est des queues épaisses. Concrètement cela implique que URTH est assujetti à de fortes variations de prix.

Le test de Ljung-Box ayant une p-value supérieure à 0.05 indique une absence d'autocorrélation significative. Donc les rendements passés n'influencent pas les rendements futurs. De surcroît, l'hétéroscédasticité montre que la p-value est inférieure à 0,05 confirmant cette fois-ci que la disponibilité de URTH n'est pas constante dans le temps.

Le coefficient de skewness négatif révèle une asymétrie à gauche de la distribution rendant compte d'une hégémonie des rendements extrêmes négatifs par rapport aux rendements positifs. De là nous pouvons mener une stratégie nous permettant de contrer le risque baissier lié au coefficient de skewness.



La Fonction de Réponse aux Impulsions met en évidence trois phases distinctes dans la réaction du marché face au choc initial. La première est l'initialisation du choc. La deuxième est la correction en 1 reflétant la réactivité du marché. Et de là, petit à petit, la troisième phase se décrit comme une stabilisation continue dans le temps où le choc va être quasiment absorbé dès la 10<sup>ème</sup> période. On en déduit que ce marché est capable d'absorber les chocs efficacement mais met quand même du temps avant de reprendre sa trajectoire.

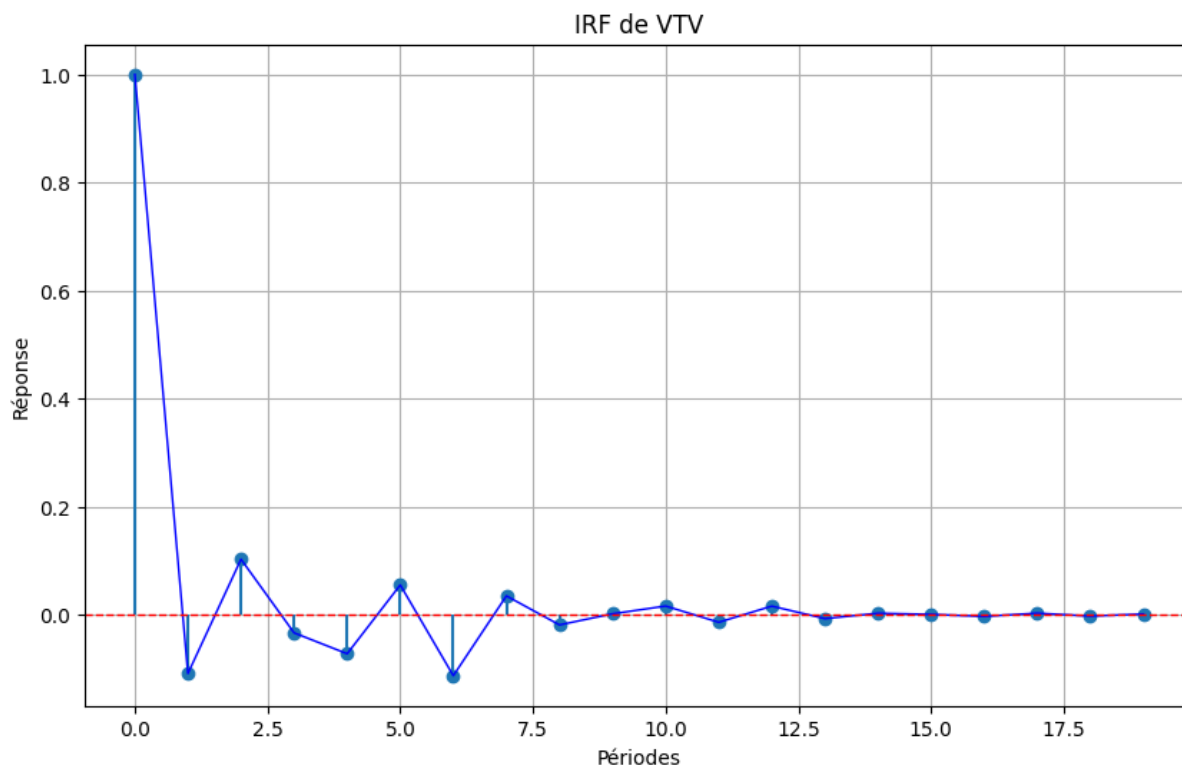
SARIMAX Results						
=====						
Dep. Variable:	VTV	No. Observations:	2014			
Model:	ARIMA(6, 1, 0)	Log Likelihood	6199.792			
Date:	Thu, 02 Jan 2025	AIC	-12385.585			
Time:	15:39:12	BIC	-12346.333			
Sample:	0	HQIC	-12371.177			
	- 2014					
Covariance Type:	opg					
=====						
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
-----						
ar.L1	-0.1087	0.009	-12.024	0.000	-0.126	-0.091
ar.L2	0.0908	0.009	9.975	0.000	0.073	0.109
ar.L3	-0.0125	0.010	-1.244	0.214	-0.032	0.007
ar.L4	-0.0865	0.010	-8.324	0.000	-0.107	-0.066
ar.L5	0.0422	0.012	3.654	0.000	0.020	0.065
ar.L6	-0.0872	0.010	-8.475	0.000	-0.107	-0.067
sigma2	0.0001	1.56e-06	78.989	0.000	0.000	0.000
=====						
Ljung-Box (L1) (Q):	0.34	Jarque-Bera (JB):	16175.73			
Prob(Q):	0.56	Prob(JB):	0.00			
Heteroskedasticity (H):	1.77	Skew:	-1.13			
Prob(H) (two-sided):	0.00	Kurtosis:	16.70			
=====						

Le modèle ARIMA pour VTV décrit des caractéristiques similaires à l'ETF URTH. Le test de Ljung-Box affiche une p-value de 0,56 supérieure au seuil critique de 0,05 confirmant aussi l'absence d'autocorrélation dans les rendements. Encore une fois les rendements de VTV passés ne peuvent prédire les rendements futurs.

Le test d'hétéroscédasticité montre une p-value inférieure au seuil de significativité de 0,05 indiquant de la même façon qu'URTH la présence d'hétéroscédasticité dans la série. Donc cela veut dire que la disponibilité de VTV dans le temps n'est pas toujours constante.

Même analyse, le coefficient de skewness négatif met en évidence une asymétrie à gauche de la distribution des rendements. Les mêmes interprétations pour le coefficient de Skewness et du Kurtosis peuvent être employées.





La Fonction de Réponse aux Impulsions de VTV montre une réaction au choc initial très similaire à celui d'URTH. Même fonctionnement que pour URTH : initialisation à 1, correction dans la partie négative puis la stabilisation après le choc au bout de la 10<sup>ème</sup> période. Les oscillations entre les périodes 0 et 10 témoignent d'un processus d'amortissement des chocs.

Cette analyse approfondie révèle que VTV et URTH présentent les caractéristiques de marchés efficaces mais avec des spécificités liées aux risques importantes à prendre en compte dans la gestion de portefeuille.

## 7. Test de racine unitaire : ADF et KPSS

```

Tests de racine unitaire pour URTH
URTH - Test ADF: Statistique = -1.157612931145325, p-valeur = 0.6915587923069653
URTH - Test KPSS: Statistique = 6.438211139985819, p-valeur = 0.01

Tests de racine unitaire pour VTV
VTV - Test ADF: Statistique = -0.8979218436399616, p-valeur = 0.7886560139748866
VTV - Test KPSS: Statistique = 6.461187717793332, p-valeur = 0.01
  
```

## Résultats pour URTH

Test ADF :

P-value > 0,05

Rejet de l'hypothèse de non-stationnarité

La série URTH présente des caractéristiques de non-stationnarité

Test KPSS :

P-value < 0,05

Rejet de l'hypothèse nulle de stationnarité

La série URTH est non stationnaire

## Résultats pour VTV

Test ADF :

P-value > 0,05

Rejet de l'hypothèse de non-stationnarité

La série VTV présente des caractéristiques de non-stationnarité

Test KPSS :

P-value < 0,05

Rejet de l'hypothèse nulle de stationnarité

La série VTV est non stationnaire

En somme, les tests de racine unitaire confirment la nature non stationnaire des deux séries un aspect essentiel dans les séries financières. Cette propriété doit être prise en compte dans toute analyse et dans des stratégies d'investissement.

## 8. Analyse de la cointégration

```
Test de cointégration d'Engle et Granger
Cointégration entre URTH et VTV: Statistique=-0.8514504002894238, p-valeur=0.9275985105274361
```

Les actifs URTH et VTV ne sont pas liés de manière notable à long terme. Leur cointégration désigne une évolution similaire dans le temps et la causalité entre les deux estime que si l'un performe l'autre peut sous performer et inversement (négativité).

Cela signifie qu'ils peuvent être inclus dans un portefeuille pour diversifier les risques, mais qu'il ne faut pas s'attendre à ce qu'ils se comportent de façon similaire en toutes circonstances d'où une  $p$  value forte.

## 9. Conclusion

Le portefeuille détenant les trois ETF (URTH, VTV, EWJ) permet de s'exposer sur les marchés mondiaux en présentant pour chacun des ETF des caractéristiques similaires mais différenciables. EWJ représentant le marché japonais, apporte une certaine diversification régionale. Cependant celle-ci est limitée par la forte corrélation entre URTH et VTV qui sont tous les deux exposés aux grandes économies occidentales. Mais cet ETF reste toutefois sensible envers les marchés mondiaux.

La volatilité des trois ETF est élevée exposant le portefeuille d'actifs à des mouvements de marché. URTH et VTV affichent des dynamiques similaires. Cependant la forte corrélation entre ces deux réduit les bénéfices liés à la diversification du portefeuille. EWJ montre tout de même une vulnérabilité face aux rendements négatifs extrêmes, notamment dans des périodes de tension économique.

Un autre point notable est l'asymétrie et la leptokurticité des rendements des trois ETF. Cela signifie que les rendements présentent une fréquence plus récurrente de pertes quand apparaît des événements extrêmes par rapport à une distribution normale augmentant le risque de pertes. Ce comportement renforce l'idée de la nécessité d'une gestion active des risques pour éviter les impacts dévastateurs de telles fluctuations sur le portefeuille.

En revanche, le portefeuille a démontré une certaine résilience quant aux ETF URTH et VTV qui ont su reprendre leurs croissances après la crise de 2020. Cela révèle une fois de plus la capacité des marchés occidentaux à se redresser face aux chocs économiques.

Pour tirer le meilleur de ce portefeuille plusieurs stratégies peuvent être envisagées. Pour cela, nous pourrions introduire des actifs faiblement corrélés tel que des obligations ou encore des matières premières. De plus, une gestion rigoureuse et pointilleuse est nécessaire pour couvrir tous les risques. Et comme ces séries ne sont pas stationnaire et par défaut non prévisibles, une allocation dynamique de ressource financière est non négligeable. Enfin, en utilisant des modèles de prévisions mais aussi en connaissant les spécificités et les comportements des actifs dans le portefeuille, permettrait d'améliorer la prise de décision.

En somme, ce portefeuille offre une bonne exposition mondiale, mais il exige une gestion proactive pour équilibrer les opportunités de rendement avec les risques liés à la volatilité et aux événements extrêmes vus dans ce document.