



Master Spécialisé
Filière : Data Science pour l'Economie et la Finance
Module : Econométrie Financière
Projet de fin de module

ANALYSE STATISTIQUE ET ECONOMETRIQUE DES ACTIFS FINANCIERS : ACTION DE META



Présenté Par :
KARFA ZINEB
N. Apogée : 22017584

Encadré Par :
Dr. MADKOUR JAOUAD

Table des matières

Remerciement.....	2
Introduction.....	3
1. Cours ajustés à la clôture de l'action META.....	4
1.1. Analyse graphique des données.....	4
1.1.1. Courbe d'évolution.....	5
1.1.2. Histogramme et courbe de densité de Kernel	5
1.1.3. Boîte à moustaches (Boxplot)	6
1.1.4. Autocorrélogramme	7
1.2. Analyse statistique des données.....	8
1.2.1. Statistiques Descriptives	8
1.2.2. Test de significativité.....	10
1.2.3. Test de stationnarité.....	10
1.2.4. Conclusion.....	11
2. Rentabilités de l'action META	13
2.1. Analyse graphique des données.....	13
2.1.1. Courbe d'évolution.....	14
2.1.2. Histogramme et courbe de densité de Kernel	15
2.1.3. Boîte à moustaches (Boxplot)	15
2.1.4. Autocorrélogramme	16
2.2. Analyse statistique des données.....	16
2.2.1. Statistiques Descriptives	16
2.2.2. Test de significativité.....	18
2.2.3. Test de stationnarité.....	19
3. Modélisation ARIMA des rentabilités de l'action META	21
Conclusion.....	23
Références	25

Remerciement

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers le Professeur Jaouad Madkour d'économétrie pour son rôle déterminant dans la réussite de ce projet. Ses connaissances approfondies, son expertise et son dévouement ont été une source d'inspiration et de motivation tout au long de cette étude. Ses conseils éclairés et ses retours constructifs m'ont permis d'approfondir mes connaissances en économétrie et d'améliorer mes compétences d'analyse des séries temporelles.

Je tiens également à remercier chaleureusement ma famille et mes amis pour leur soutien indéfectible. Leur encouragement et leur compréhension ont été d'une aide inestimable, me permettant de surmonter les défis et les obstacles rencontrés tout au long du projet.

Ce projet a été une expérience enrichissante et captivante, et je suis reconnaissant envers toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation. Leurs conseils, leur encouragement et leur soutien ont été déterminants dans la réussite de cette analyse des séries temporelles.

Introduction

L'analyse des séries temporelles des cours d'actions est d'une importance capitale dans le domaine de l'investissement et de la finance. Dans le cadre de ce projet, notre attention est portée sur l'action de la société META, une valeur boursière d'intérêt qui suscite un vif intérêt parmi les investisseurs et les analystes financiers. Nous avons choisi de mener cette étude en utilisant le logiciel EViews, qui nous permettra d'explorer en détail les cours ajustés à la clôture de cette action, ainsi que de modéliser les rentabilités associées.

Notre démarche méthodologique suit un plan bien défini. Tout d'abord, nous procéderons à une analyse graphique approfondie des données des cours ajustés à la clôture de l'action META. Cette analyse inclura la création d'une courbe d'évolution pour observer les tendances temporelles, un histogramme et une courbe de densité de Kernel pour évaluer la distribution des cours, un boxplot pour détecter les valeurs extrêmes et un autocorrélogramme pour examiner les corrélations temporelles.

Suite à cette première analyse, nous évaluerons la stationnarité de la série des cours ajustés à la clôture. En cas de non-stationnarité, nous procéderons à la transformation des cours en une série de rentabilités. Dans la deuxième partie de notre étude, nous réaliserons une analyse graphique et statistique approfondie des rentabilités, utilisant les mêmes représentations graphiques que pour les cours, tout en y ajoutant des statistiques descriptives et des tests de significativité et de stationnarité.

Une fois la stationnarité des rentabilités confirmée, nous entamerons la modélisation de cette série temporelle en utilisant un modèle ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average). Ce modèle combine les propriétés des modèles AR (AutoRegressive) et MA (Moving Average) avec une composante d'intégration (I), ce qui en fait un outil puissant pour la modélisation et la prédiction des séries temporelles.

En résumé, ce projet a pour objectif de fournir une analyse approfondie des cours ajustés à la clôture et des rentabilités de l'action META, en mettant en œuvre une méthodologie rigoureuse et en utilisant le logiciel EViews. Les résultats obtenus nous permettront de mieux comprendre les tendances, les caractéristiques et les comportements de cette valeur boursière, ce qui sera utile aux investisseurs pour prendre des décisions éclairées en matière d'investissement.

1. Cours ajustés à la clôture de l'action META

Nous avons téléchargé du site YAHOO FINANCE les cours journaliers de l'action de la société META de la période du 18/05/2012 au 21/07/2023 sous forme de fichier CSV. Puis, nous allons analyser les cours ajustés à la clôture et les rentabilités de cette action à l'aide du logiciel Eviews.

Voici un aperçu du contenu du fichier CSV :

Date	Open	High	Low	Close	Adj Close	Volume
5/18/2012	42.049999	45	38	38.23	38.23	573576400
5/21/2012	36.529999	36.66	33	34.029999	34.029999	168192700
5/22/2012	32.610001	33.59	30.940001	31	31	101786600
5/23/2012	31.370001	32.5	31.360001	32	32	73600000
5/24/2012	32.950001	33.209999	31.77	33.029999	33.029999	50237200
5/25/2012	32.900002	32.950001	31.110001	31.91	31.91	37149800
5/29/2012	31.48	31.690001	28.65	28.84	28.84	78063400
5/30/2012	28.700001	29.549999	27.860001	28.190001	28.190001	57267900
5/31/2012	28.549999	29.67	26.83	29.6	29.6	111639200

1.1. Analyse graphique des données

Nous nous pencherons sur la construction de représentations graphiques des cours ajustés à la clôture de l'action META. Ces graphiques nous permettront d'explorer différentes caractéristiques fondamentales telles que la stationnarité, la normalité, la présence de valeurs manquantes, et l'éventuelle existence de valeurs extrêmes.

L'identification de ces propriétés joue un rôle essentiel dans la sélection des modèles ARMA les plus appropriés pour la prédiction des variations futures des cours.

À travers cette analyse, nous chercherons à comprendre les schémas sous-jacents et les comportements de l'action META, jetant ainsi les bases d'une approche méthodique et rigoureuse pour la modélisation ARMA dans le contexte de notre projet.

En utilisant Eviews, nous allons fournir une courbe représentant l'évolution de l'action étudiée, un histogramme représentant sa distribution, un boxplot représentant les statistiques clés de la

distribution et un autocorrélogramme pour détecter les problèmes d'autocorrélation de l'action affectant sa stationnarité.

1.1.1. Courbe d'évolution

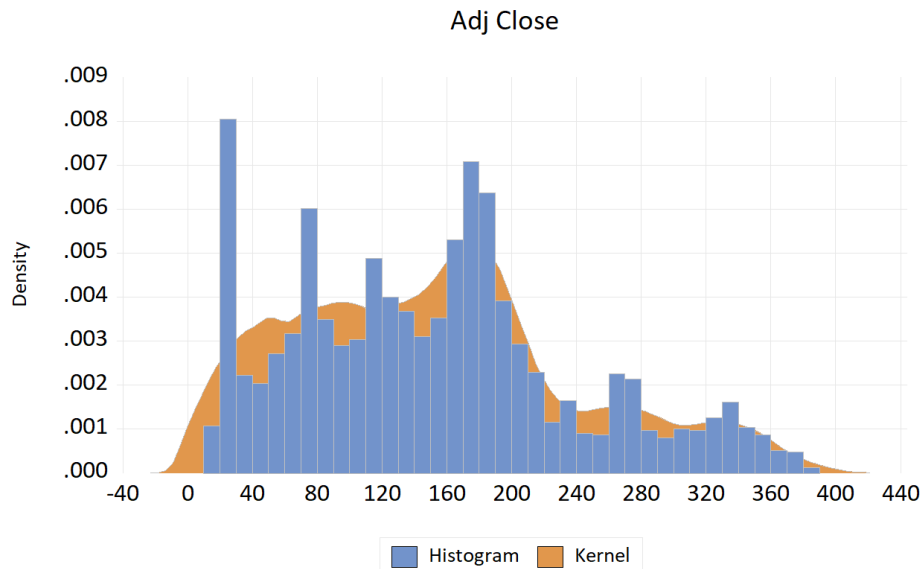
Afin de mieux comprendre les fluctuations temporelles de cette valeur boursière, nous avons réalisé une représentation graphique détaillée de son évolution au fil du temps. Cette courbe d'évolution, basée sur les cours ajustés à la clôture, offre une vue panoramique des variations du prix de l'action META sur la période entre le 18/05/2012 et le 21/07/2023.



Le graphique ci-dessus met en évidence une tendance positive avec une augmentation régulière des cours ajustés à la clôture de l'action META au fil du temps. Cependant, trois interruptions dans la courbe sont constatées au milieu de l'année 2018, aux débuts des années 2021 et 2022, ainsi qu'aux débuts et les fins de l'année 2023. Ces interruptions suggèrent une absence de données pour ces périodes spécifiques. On constate aussi qu'à la fin de l'année 2022, la valeur de META connaît une chute remarquable. Malgré ces interruptions et cette chute temporaire, on peut clairement observer une croissance favorable de la valeur de l'action META dans l'ensemble.

1.1.2. Histogramme et courbe de densité de Kernel

Pour mieux comprendre la répartition des données, nous avons opté pour une représentation graphique qui combine un histogramme et une courbe de densité de kernel. L'histogramme nous permettra de visualiser la distribution empirique des cours ajustés à la clôture de l'action META, en regroupant les données en classes pour mettre en évidence les plages de prix les plus fréquentes. En parallèle, la courbe de densité de kernel nous permettra d'obtenir une estimation lissée de la densité de probabilité, offrant une vue plus continue et fluide de la distribution.



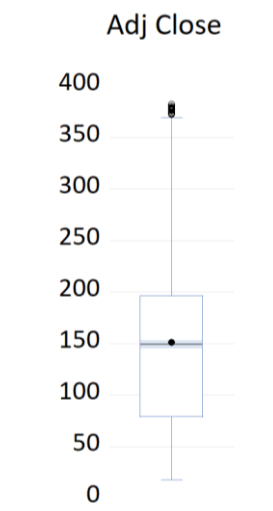
L'analyse combinée du graphe de densité de kernel et de l'histogramme de l'action META dans la figure ci-dessus offre des informations significatives sur l'évolution des cours de cette valeur boursière au fil du temps.

Le pic de densité observé dans le graphique suggère l'existence possible d'une zone distincte de concentration des valeurs, pouvant indiquer une période ou une phase particulière dans l'évolution de l'action sur le marché. Cette période peut correspondre à une forte croissance, une stabilité consolidée ou même des moments de volatilité. Ceci nous suggère que la distribution peut ne pas être normale.

La similitude entre la forme globale de la distribution de l'histogramme et la courbe de densité de kernel renforce ces résultats et confirme la cohérence des données.

1.1.3. Boîte à moustaches (Boxplot)

Pour bien explorer la distribution des cours ajustés à la clôture de l'action META, nous utiliserons le boxplot. La boîte à moustaches, également connue sous le nom de boxplot, est un moyen efficace de représenter visuellement les principales caractéristiques statistiques d'une série temporelle, telles que la médiane, les quartiles, ainsi que les valeurs minimales et maximales. Grâce à cette représentation graphique, nous pourrions aisément identifier les éventuels écarts, les valeurs aberrantes et les possibles asymétries dans la distribution des cours de l'action META sur la période étudiée.

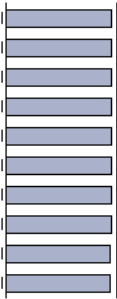



En analysant le diagramme ci-dessus, nous constatons que la médiane, représentée par la ligne centrale de la boîte, nous indique que la moitié des observations se situent au-dessus de 150 et l'autre moitié en dessous. Les extrémités de la boîte correspondant aux quartiles, indiquent qu'environ 50% des cours de l'action se trouvent potentiellement entre 75 et 200. La boîte en elle-même représente l'écart interquartile, décrivant ainsi la dispersion des données dans cette zone centrale. Les "moustaches" du diagramme s'étendent jusqu'aux valeurs minimales et maximales qui sont à peu près 18 et 370 respectivement. Les points qui existent en dehors de la moustache supérieure correspondant à la valeur maximale 370, sont considérés des valeurs aberrantes et extrêmes. La médiane semble déplacée vers le haut, ce qui signifie que les valeurs supérieures sont potentiellement plus concentrées et que la distribution est inclinée vers les valeurs élevées.

1.1.4. Autocorrélogramme

Pour avoir une idée préliminaire sur la stationnarité de la valeur boursière META, nous recourrons à l'autocorrélogramme. Cet outil graphique puissant nous permet d'explorer les corrélations entre les valeurs successives des cours ajustés à la clôture de l'action META sur la période entre le 18/05/2012 et le 21/07/2023. Grâce à cette représentation visuelle, nous pourrions identifier le comportement de l'autocorrélation des observations révélant des informations sur la stationnarité des cours de notre valeur boursière.

Date: 07/23/23 Time: 17:35
Sample: 5/18/2012 7/21/2023
Included observations: 2811

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.998	0.998	2802.9	0.000
		2	0.996	0.002	5595.8	0.000
		3	0.994	-0.039	8377.8	0.000
		4	0.992	0.039	11150.	0.000
		5	0.990	0.025	13913.	0.000
		6	0.988	0.007	16666.	0.000
		7	0.987	0.004	19411.	0.000
		8	0.985	0.003	22146.	0.000
		9	0.983	0.047	24874.	0.000
		10	0.981	-0.027	27593.	0.000

Nous constatons d'après le graphique ci-dessus que les autocorrélations de cette série ne chutent pas de manière exponentielle. Cela peut signaler que la série des cours ajustés à la clôture de l'action META n'est pas stationnaire.

1.2. Analyse statistique des données

1.2.1. Statistiques Descriptives

Dans cette partie, nous allons explorer en détail les statistiques descriptives clés qui nous permettront de mieux comprendre la distribution et les caractéristiques fondamentales de l'action META. Nous examinerons les mesures statistiques suivantes : la moyenne, la médiane, l'écart-type, la skewness, la kurtosis, ainsi que le test de Jarque-Bera.

La moyenne nous donnera une indication de la tendance centrale des cours ajustés à la clôture de l'action META, tandis que la médiane nous renseignera sur la valeur centrale autour de laquelle les données se concentrent.

L'écart-type, quant à lui, nous fournira une mesure de la dispersion des valeurs autour de la moyenne, indiquant ainsi la volatilité de l'action.

La skewness et la kurtosis nous donneront des informations sur l'asymétrie et l'aplatissement de la distribution, nous permettant ainsi d'identifier d'éventuelles déviations par rapport à la distribution normale.

Enfin, le test de Jarque-Bera évaluera la normalité de la distribution des cours de l'action META.

L'analyse de ces statistiques descriptives nous offrira un aperçu complet et détaillé du comportement de l'action META sur la période étudiée, jetant ainsi les bases d'une approche rigoureuse pour notre modélisation ARMA et pour prendre des décisions éclairées dans le contexte financier.

Date: 07/23/23 Time: 17:31 Sample: 5/18/2012 7/21/2023	
ADJ_CLOSE	
Mean	151.4275
Median	149.4200
Maximum	382.1800
Minimum	17.73000
Std. Dev.	86.94054
Skewness	0.502810
Kurtosis	2.661708
Jarque-Bera	131.8490
Probability	0.000000
Sum	425662.7
Sum Sq. Dev.	21239825
Observations	2811

Nous observons d'après les chiffres donnés par la table ci-dessus que :

- **Moyenne** : La moyenne des cours ajustés à la clôture de l'action META est d'environ 151.43. Cela nous indique la valeur centrale autour de laquelle les données se regroupent en moyenne.
- **Médiane** : La médiane des cours ajustés à la clôture est d'environ 149.42. Cela signifie que la moitié des cours de l'action META se situent en dessous de cette valeur, et l'autre moitié au-dessus.
- **Maximum** : Le prix maximum atteint par l'action META est de 382.18. Cela nous informe sur le sommet le plus élevé atteint par cette valeur boursière au cours de la période étudiée.
- **Minimum** : Le prix minimum de l'action META est de 17.73. Cela nous indique le point le plus bas auquel cette action est descendue sur la période considérée.
- **Écart-type** : L'écart-type des cours ajustés à la clôture est d'environ 86.94. Cela mesure la dispersion des valeurs autour de la moyenne, reflétant la grande volatilité de l'action META sur la période analysée.
- **Kurtosis** : La kurtosis est d'environ 2.66. Une valeur de kurtosis inférieure à 3 indiquerait une distribution légèrement platykurtique des cours de l'action META, c'est-à-dire plus aplatie que la distribution normale.
- **Skewness** : La skewness est d'environ 0.50. Une skewness positive suggère une légère asymétrie à droite dans la distribution des cours de l'action META.

- **Jarque-Bera** : Le test de Jarque-Bera mesure la normalité de la distribution des cours de l'action META. Une valeur de 131.85 avec une probabilité de 0.00 indique que la distribution ne suit pas une distribution normale, ce qui est cohérent avec la légère asymétrie observée dans la skewness.

1.2.2. Test de significativité

Dans le cadre de notre projet d'analyse statistique pour l'action META, le test de significativité joue un rôle crucial dans l'évaluation de la constante et de la tendance de notre série de données. Ce test vise à déterminer si ces variables ont une signification statistique, c'est-à-dire s'ils ont un impact significatif sur le processus sous-jacent ou sur notre série temporelle. L'objectif est de déterminer si la présence de ces variables est justifiée, ou s'il est préférable de les éliminer du modèle. En procédant à ce test, nous chercherons à établir des liens solides entre les variables et le comportement du cours de l'action META. Si nous détectons un impact significatif, nous conserverons ces variables dans notre modèle, car elles contribueront à une meilleure compréhension et à des prévisions plus fiables. En revanche, si le test révèle une absence de signification statistique, nous opterons pour leur élimination, afin de simplifier le modèle et de nous concentrer sur les variables les plus pertinentes pour notre modélisation ARMA.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(ADJ_CLOSE)
 Method: Least Squares
 Date: 07/23/23 Time: 17:39
 Sample (adjusted): 5/21/2012 7/21/2023
 Included observations: 2810 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ADJ_CLOSE(-1)	-0.004084	0.001705	-2.394771	0.0167
C	0.160210	0.165598	0.967464	0.3334
@TREND("5/18/2012")	0.000391	0.000183	2.138576	0.0326
R-squared	0.002057	Mean dependent var		0.091114
Adjusted R-squared	0.001346	S.D. dependent var		4.246824
S.E. of regression	4.243964	Akaike info criterion		5.729940
Sum squared resid	50557.53	Schwarz criterion		5.736282
Log likelihood	-8047.565	Hannan-Quinn criter.		5.732229
F-statistic	2.893512	Durbin-Watson stat		2.069132
Prob(F-statistic)	0.055547			

D'après la figure ci-dessus, nous remarquons que la probabilité associée au test de Student de la tendance est égale à 0.0326 et inférieure à 0.05. Cela nous informe que la tendance est significative et donc nous allons la garder dans notre modèle.

1.2.3. Test de stationnarité

Nous allons évaluer la stationnarité de la série temporelle à l'aide du test de racine unitaire. La stationnarité est une propriété fondamentale dans l'analyse des séries temporelles, qui stipule que les propriétés statistiques de la série ne dépendent pas du temps. En d'autres termes, une série stationnaire présente une moyenne constante, une variance constante et une autocorrélation indépendante du temps.

Le test de racine unitaire, également connu sous le nom de test de Dickey-Fuller augmenté (ADF), est un outil statistique puissant pour vérifier la présence de racines unitaires dans la série temporelle. Une racine unitaire indiquerait une série non stationnaire, tandis que l'absence de racine unitaire confirmerait la stationnarité de la série.

En réalisant ce test, nous chercherons à déterminer si les cours ajustés à la clôture de l'action META suivent un processus stationnaire, ou s'ils présentent des tendances ou des comportements non stationnaires au fil du temps. Une série non stationnaire peut entraîner des défis dans la modélisation ARMA et fausser les résultats des prévisions. En revanche, si nous parvenons à établir la stationnarité de la série, cela nous permettra de mieux comprendre les caractéristiques sous-jacentes de l'action META et de nous assurer d'une approche solide et fiable pour notre modélisation.

Null Hypothesis: ADJ_CLOSE has a unit root		
Exogenous: Constant, Linear Trend		
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=27)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.394771	0.3822
Test critical values:		
1% level	-3.961308	
5% level	-3.411406	
10% level	-3.127554	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

D'après la figure ci-dessus, remarquons que le t-statistic est significativement différent de zéro (t-statistic négatif) et que la probabilité associée est relativement élevée (supérieure à 0.05, qui est un seuil courant de signification). Cela signifie que nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle qui stipule que la série a une racine unitaire. Donc, il existe 38.22% de chance que notre série des cours ajustés à la clôture de l'action META soit non stationnaire.

1.2.4. Conclusion

En conclusion, les caractéristiques statistiques observées dans la série temporelle des cours ajustés à la clôture de l'action META suggèrent qu'elle ne présente pas de stationnarité. Les variations dans la moyenne, l'écart-type, l'asymétrie et l'aplatissement (Kurtosis) indiquent des

comportements non constants au fil du temps. De plus, le test de Jarque-Bera a confirmé que la distribution des données n'est pas normale, renforçant ainsi cette indication de non-stationnarité.

Pour aborder cette problématique, nous devons transformer cette série en une nouvelle série temporelle de rentabilités. Cette transformation sera obtenue en calculant les rendements entre chaque période. En réalisant ces calculs, nous obtenons une série de rentabilités qui devrait être plus adaptée pour l'analyse et la modélisation. En optant pour cette approche, nous espérons mieux saisir les tendances et les comportements de l'action META au fil du temps, afin de développer une modélisation plus pertinente et d'éclairer nos décisions financières concernant cette valeur boursière.

2. Rentabilités de l'action META

Dans cette partie essentielle de notre rapport d'analyse sur l'action META, nous aborderons la transformation de la série temporelle des cours ajustés à la clôture en une série de rentabilités. La rentabilité, également connue sous le nom de rendement, fait référence au taux de variation des prix d'un actif financier sur une période donnée. Elle représente le gain ou la perte potentiel(le) réalisé(e) par un investisseur suite aux fluctuations des cours de l'action.

Comme nous l'avons conclu précédemment, la série originale ne semble pas être stationnaire en raison des variations observées dans ses caractéristiques statistiques et de sa distribution non normale confirmée par le test de Jarque-Bera. Afin de mieux appréhender les tendances et les comportements sous-jacents de cette valeur boursière, nous entreprendrons un processus de calcul des rendements entre chaque période. Cette démarche nous permettra de créer une nouvelle série temporelle de rentabilités, qui devrait être plus appropriée pour l'analyse et la modélisation.

Voici un aperçu des rentabilités calculées à partir des cours ajustés à la clôture de l'action META en utilisant le logiciel Eviews :

Last updated: 07/24/23 - 17:04
Modified: 5/18/2012 7/21/2023 // rt = dlog(adj_close)

5/18/2012	NA
5/21/2012	-0.116378
5/22/2012	-0.093255
5/23/2012	0.031749
5/24/2012	0.031680
5/25/2012	-0.034497
5/29/2012	-0.101156
5/30/2012	-0.022796
5/31/2012	0.048807
6/01/2012	-0.065620
6/04/2012	-0.030028
6/05/2012	-0.039042
6/06/2012	0.035691
6/07/2012	-0.018826
6/08/2012	0.029585
6/11/2012	-0.003327
6/12/2012	0.014336
6/13/2012	-0.004756
6/14/2012	0.036721
6/15/2012	0.059022
6/18/2012	0.045596
6/19/2012	0.015793
6/20/2012	-0.009762
6/21/2012	0.007566
6/22/2012	0.037298
6/25/2012	-0.030412
6/26/2012	0.031924
6/27/2012	-0.026636
6/28/2012	-0.027364

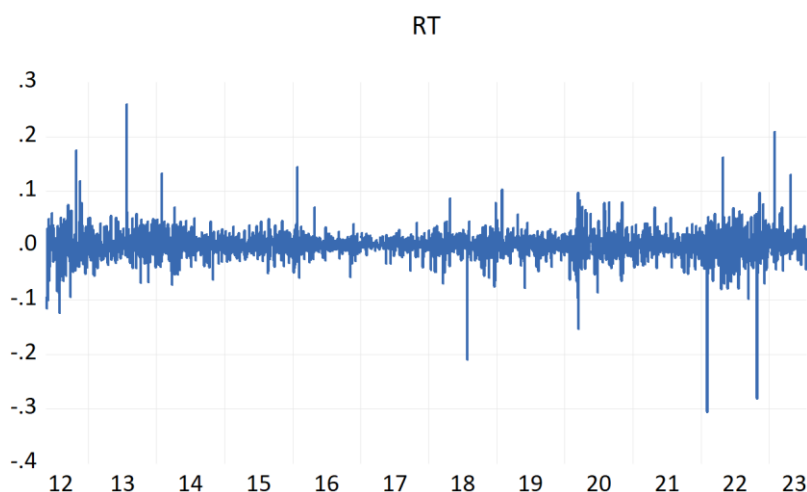
2.1. Analyse graphique des données

Nous allons désormais nous concentrer sur la construction de représentations graphiques des rentabilités de l'action META. Ces graphiques nous permettront d'explorer différentes

caractéristiques fondamentales telles que la stationnarité, la normalité, la présence de valeurs manquantes, et l'éventuelle existence de valeurs extrêmes dans la série des rentabilités. L'identification de ces propriétés revêt une importance capitale dans la sélection des modèles ARMA les plus appropriés pour prédire les variations futures des rentabilités.

À travers cette analyse graphique, notre objectif est de mieux comprendre les schémas sous-jacents et les comportements de l'action META exprimés sous forme de rentabilités. Ces représentations visuelles nous permettront d'explorer les tendances, les variations saisonnières éventuelles et les éventuels comportements non stationnaires de la série de rentabilités. En utilisant EViews, nous allons fournir une courbe représentant l'évolution des rentabilités de l'action étudiée, un histogramme pour visualiser la distribution de ces rendements, un boxplot pour explorer les statistiques clés de cette distribution, ainsi qu'un autocorrélogramme pour détecter toute autocorrélation qui pourrait affecter la stationnarité de la série des rentabilités.

2.1.1. Courbe d'évolution

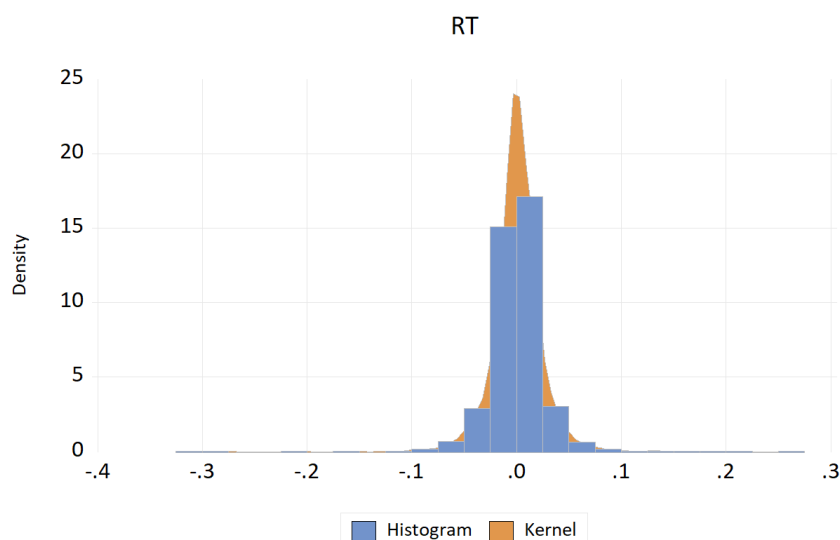


La figure ci-dessus visualise l'évolution des rentabilités de l'action META durant la période du 18/05/2012 au 21/07/2023. Nous remarquons que la moyenne des rentabilités reste relativement constante au fil du temps. Cela est en accord avec la stationnarité, où les propriétés statistiques de la série ne dépendent pas du temps.

En outre, nous observons des fluctuations aléatoires autour de cette ligne horizontale, mais ces variations restent généralement contenues. Il n'y a pas de mouvements brusques ou de pics significatifs, ce qui suggère une stabilité dans les rendements de l'action.

Dans l'ensemble, la courbe d'évolution de la série de rentabilités de l'action META présente des caractéristiques typiques d'une série stationnaire, avec une stabilité des rentabilités au fil du temps.

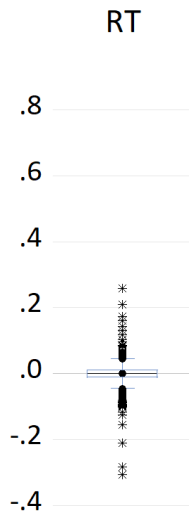
2.1.2. Histogramme et courbe de densité de Kernel



En examinant l'histogramme, nous observons que la distribution des rentabilités semble approximativement suivre une forme en cloche, ce qui est une caractéristique typique d'une distribution normale. Cela suggère que les rentabilités de l'action META sont réparties de manière relativement équilibrée autour de leur moyenne, avec une concentration importante près de la moyenne et une diminution progressive vers les extrémités.

La courbe de densité de kernel normale confirme également cette tendance. Elle présente une courbe lisse et symétrique, centrée autour de la moyenne, ce qui est cohérent avec une distribution normale. Cette forme en cloche indique une dispersion équilibrée des rentabilités positives et négatives, avec très peu de valeurs extrêmes.



2.1.3. Boîte à moustaches (Boxplot)



La médiane est remarquablement positionnée au centre de la boîte, témoignant ainsi d'une distribution des données approximativement symétrique. La boîte elle-même représente le deuxième et le troisième quartile des données, ce qui équivaut à diviser la distribution en deux parties égales par la médiane. Cette symétrie suggère que la distribution des données est relativement équilibrée autour de la médiane, ce qui peut être interprété comme un signe de stabilité ou d'équilibre dans la série de données.

2.1.4. Autocorrélogramme

Date: 07/23/23 Time: 17:47
Sample (adjusted): 5/21/2012 7/21/2023
Included observations: 2810 after adjustments

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.017	-0.017	0.8123	0.367
		2 0.016	0.015	1.4992	0.473
		3 -0.023	-0.022	2.9776	0.395
		4 -0.011	-0.012	3.2949	0.510
		5 0.016	0.017	4.0582	0.541
		6 -0.043	-0.043	9.2776	0.159
		7 0.019	0.017	10.288	0.173
		8 -0.045	-0.043	16.052	0.042
		9 0.033	0.029	19.039	0.025
		10 -0.035	-0.033	22.444	0.013

Nous constatons d'après le graphique ci-dessus que les autocorrélations de cette série chutent de manière exponentielle. Cela peut signaler que la série des rentabilités de l'action META est potentiellement stationnaire.

2.2. Analyse statistique des données

2.2.1. Statistiques Descriptives

Dans cette partie, nous allons refaire l'analyse des statistiques descriptives clés pour la série des rentabilités de l'action META afin de mieux comprendre sa distribution et ses caractéristiques. Nous examinerons les mesures statistiques suivantes : la moyenne, la médiane, l'écart-type, la skewness, la kurtosis, ainsi que le test de Jarque-Bera.

Date: 07/23/23 Time: 17:50 Sample: 5/18/2012 7/21/2023	
RT	
Mean	0.000726
Median	0.000952
Maximum	0.259371
Minimum	-0.306391
Std. Dev.	0.025595
Skewness	-0.599405
Kurtosis	25.61709
Jarque-Bera	60060.25
Probability	0.000000
Sum	2.040843
Sum Sq. Dev.	1.840210
Observations	2810

Nous observons d'après les chiffres donnés par la table ci-dessus que :

- **Moyenne** : La moyenne des rendements de l'action META est d'environ 0.000726. Cela nous indique la valeur centrale autour de laquelle les rentabilités se regroupent en moyenne.
- **Médiane** : La médiane des rendements de l'action META est d'environ 0.000952. Cela signifie que la moitié des rentabilités de cette action se situent en dessous de cette valeur, et l'autre moitié au-dessus.
- **Maximum** : La rentabilité maximale atteinte par l'action META est de 0.259371. Cela nous informe sur le sommet le plus élevé atteint par le rendement de cette valeur boursière au cours de la période étudiée.
- **Minimum** : La rentabilité minimale de l'action META est de -0.306391. Cela nous indique le point le plus bas auquel le rendement de cette action est descendu sur la période considérée.
- **Écart-type** : L'écart-type des rentabilités est d'environ 0.025595. Cela mesure la dispersion des valeurs autour de la moyenne, reflétant une faible volatilité des rendements de l'action META sur la période analysée.

- **Kurtosis** : La kurtosis est d'environ 25.61709. Une valeur de kurtosis très élevée et largement supérieure à 3 indiquerait une distribution leptokurtique de l'action META, c'est-à-dire moins aplatie que la distribution normale.
- **Skewness** : La skewness est d'environ -0.599405. Une skewness négative indique une légère asymétrie négative dans la distribution des rendements de l'action META.
- **Jarque-Bera** : Le test de Jarque-Bera mesure la normalité de la distribution des cours de l'action META. Une valeur de 60060.25 avec une probabilité de 0.00 indique que la distribution ne suit pas une distribution normale, ce qui est cohérent avec la légère asymétrie observée dans la skewness.

2.2.2. Test de significativité

Suivant le même processus des cours ajustés à la fermeture, nous exécuterons un test de significativité des variables du modèle de rentabilités pour savoir lesquelles nous allons garder.

- **Cas 1 : Modèle avec la constante et la tendance**

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(RT)
 Method: Least Squares
 Date: 07/23/23 Time: 17:54
 Sample (adjusted): 5/22/2012 7/21/2023
 Included observations: 2809 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RT(-1)	-1.017060	0.018808	-54.07487	0.0000
C	0.001209	0.000964	1.254897	0.2096
@TREND("5/18/2012")	-3.05E-07	5.94E-07	-0.513594	0.6076
R-squared	0.510307	Mean dependent var		3.16E-05
Adjusted R-squared	0.509958	S.D. dependent var		0.036439
S.E. of regression	0.025508	Akaike info criterion		-4.498559
Sum squared resid	1.825788	Schwarz criterion		-4.492214
Log likelihood	6321.226	Hannan-Quinn criter.		-4.496269
F-statistic	1462.063	Durbin-Watson stat		2.006348
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dans l'analyse des résultats présentés dans le tableau ci-dessus, nous remarquons que la probabilité associée à la tendance est égale à 0.6076 et supérieure à 0.05, ce qui indique que la tendance n'est pas statistiquement significative. Par conséquent, nous procédons à un nouveau test en considérant uniquement la constante dans le modèle.

- **Cas 2 : Modèle avec la constante uniquement**

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(RT)
 Method: Least Squares
 Date: 07/23/23 Time: 17:55
 Sample (adjusted): 5/22/2012 7/21/2023
 Included observations: 2809 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RT(-1)	-1.017001	0.018806	-54.07984	0.0000
C	0.000780	0.000481	1.621203	0.1051
R-squared	0.510261	Mean dependent var	3.16E-05	
Adjusted R-squared	0.510087	S.D. dependent var	0.036439	
S.E. of regression	0.025505	Akaike info criterion	-4.499177	
Sum squared resid	1.825960	Schwarz criterion	-4.494947	
Log likelihood	6321.094	Hannan-Quinn criter.	-4.497650	
F-statistic	2924.629	Durbin-Watson stat	2.006279	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dans cette analyse, le test de Student pour la constante a abouti à une probabilité de 0.1051, qui est supérieure à 0.05. Cela nous conduit à conclure que la constante n'est non plus statistiquement significative.

⇒ **Conclusion**

Étant donné que ni la constante ni la tendance ne fournissent d'informations utiles sur le processus, nous prenons la décision de les éliminer de notre modèle. Ces résultats nous permettront de simplifier notre approche et de concentrer notre attention sur les autres variables qui pourraient avoir une influence significative sur notre série de données. Ainsi, nous pouvons mieux cerner les facteurs réellement pertinents pour notre projet d'analyse.

2.2.3. Test de stationnarité

Pareil aux cours ajustés à la fermeture de l'action META, nous allons évaluer la stationnarité de la série de ses rentabilités à l'aide du test de racine unitaire Dickey-Fuller Augmenté (ADF). Si nous parvenons à établir la stationnarité de la série, cela nous permettra de mieux comprendre les caractéristiques sous-jacentes des rendements de l'action META et de nous assurer d'une approche solide et fiable pour notre modélisation.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(RT)
 Method: Least Squares
 Date: 07/23/23 Time: 17:56
 Sample (adjusted): 5/22/2012 7/21/2023
 Included observations: 2809 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RT(-1)	-1.016124	0.018803	-54.03991	0.0000
R-squared	0.509803	Mean dependent var	3.16E-05	
Adjusted R-squared	0.509803	S.D. dependent var	0.036439	
S.E. of regression	0.025512	Akaike info criterion	-4.498953	
Sum squared resid	1.827670	Schwarz criterion	-4.496838	
Log likelihood	6319.779	Hannan-Quinn criter.	-4.498190	
Durbin-Watson stat	2.006194			

Selon l'analyse effectuée, la probabilité associée au test Student est nulle, ce qui est nettement inférieur au seuil habituel de 5% utilisé dans les tests de stationnarité. Ce résultat indique que la série de données étudiée est stationnaire.

En d'autres termes, la probabilité associée au test Student (0.0000) est bien en dessous de la valeur critique de 0.05, ce qui confirme la stationnarité de la rentabilité.

Cette conclusion nous permet de conclure que les rentabilités de l'action META présentent une stabilité temporelle et que les caractéristiques statistiques de la série ne varient pas significativement sur la période analysée. Cette propriété est cruciale pour l'application de modèles de prévision tels que les modèles ARMA, qui supposent la stationnarité des données pour fournir des estimations fiables des tendances futures.

3. Modélisation ARIMA des rentabilités de l'action META

Dans cette partie de notre analyse, nous allons modéliser la série des rentabilités de l'action META en utilisant un modèle de la famille ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average). Les modèles ARIMA sont des outils statistiques puissants pour modéliser et prévoir les séries temporelles. Ils combinent les propriétés des modèles AR (AutoRegressive) et MA (Moving Average) avec une composante d'intégration (I), ce qui les rend adaptés aux séries temporelles stationnaires et non stationnaires.

Le modèle AR (AutoRegressive) utilise les valeurs passées de la série pour prédire les valeurs futures. Il suppose que la valeur courante de la série est linéairement dépendante des p dernières valeurs (où p est l'ordre de l'AR). D'autre part, le modèle MA (Moving Average) utilise les erreurs passées pour prédire les valeurs futures. Il suppose que la valeur courante de la série est linéairement dépendante des q dernières erreurs (où q est l'ordre du MA).

En combinant les composantes AR et MA avec l'intégration, le modèle ARIMA est capable de capturer les tendances et les motifs complexes présents dans la série temporelle. Nous allons donc explorer différentes configurations de modèles ARIMA et utiliser des critères d'évaluation pour sélectionner le modèle optimal qui fournira les prévisions les plus précises pour les rentabilités de l'action META.

L'objectif principal de cette étape est de fournir un modèle robuste et fiable pour prédire les variations futures des rentabilités de l'action. Cela nous aidera à prendre des décisions éclairées en matière d'investissement et à mieux comprendre le comportement de cette valeur boursière dans le contexte de notre projet d'analyse.

Automatic ARIMA Forecasting
Selected dependent variable: RT
Date: 07/23/23 Time: 19:13
Sample: 5/18/2012 7/21/2023
Included observations: 2810
Forecast length: 0

Number of estimated ARMA models: 121
Number of non-converged estimations: 0
Selected ARMA model: (0,0)(0,0)
SIC value: -4.48753104708

Après avoir exploré un total de 121 modèles ARMA pour modéliser les rentabilités de l'action META, nous avons constaté que tous les modèles ont pu être correctement estimés, sans aucun

échec de convergence. Parmi ces modèles, celui qui a été sélectionné comme le meilleur est de la forme (0,0)(0,0), ce qui signifie qu'il ne comporte aucun terme AR (AutoRegressive) ni MA (Moving Average). Cette configuration peut sembler inattendue, mais elle suggère que la série des rentabilités est fondamentalement stationnaire, sans dépendance linéaire significative aux valeurs passées ou aux résidus passés.

Pour évaluer la qualité d'ajustement du modèle, nous avons utilisé le critère SIC (Schwarz Information Criterion). La valeur du SIC obtenue pour le modèle ARMA (0,0)(0,0) est de -4.48753104708, indiquant ainsi qu'il offre la meilleure qualité d'ajustement parmi tous les modèles considérés selon ce critère.

Il convient de souligner que le modèle a été ajusté aux données existantes jusqu'à la date actuelle, sans qu'aucune prévision n'ait été effectuée pour les périodes futures. La longueur de prévision est de 0, ce qui signifie que notre analyse se concentre uniquement sur la modélisation du comportement passé des rentabilités de l'action META. Les résultats obtenus nous permettent de mieux comprendre les tendances et les variations passées, mais il est important de noter que le modèle n'a pas été utilisé pour faire des projections ou des prédictions au-delà de la période d'observation actuelle.

Conclusion

Les résultats de cette analyse ont des implications importantes pour les investisseurs et les décisionnaires intéressés par l'action META.

Tout d'abord, la confirmation de la stationnarité de la série des rentabilités de l'action META est une bonne nouvelle pour les investisseurs. Une série stationnaire est plus prévisible et facilite la modélisation statistique. Cela signifie que les caractéristiques statistiques et les tendances de la série restent stables au fil du temps, ce qui permet d'obtenir des prévisions plus fiables pour les variations futures des rentabilités.

Ensuite, le choix du modèle ARMA (0,0)(0,0) indique qu'aucun terme AutoRegressif (AR) ni Moving Average (MA) n'est nécessaire pour modéliser les rentabilités de l'action META. Cela suggère que les rendements ne dépendent pas des valeurs passées ou des résidus passés, et que la série est essentiellement aléatoire. Les investisseurs peuvent être rassurés que le modèle retenu est le plus approprié pour capturer les fluctuations aléatoires des rentabilités. Il est donc nécessaire d'explorer d'autres configurations de modèles ARMA ou d'autres modèles de séries temporelles pour vérifier si une structure plus complexe peut améliorer la qualité des prévisions.

De surcroît, le critère SIC a été utilisé pour évaluer la qualité d'ajustement du modèle ARMA (0,0)(0,0). Une valeur de SIC négative indique que ce modèle offre la meilleure adéquation parmi tous les modèles examinés. Cela signifie que le modèle choisi est le plus performant pour décrire les variations passées des rentabilités de l'action META.

Enfin, il est essentiel de noter que le modèle ARMA (0,0)(0,0) a été utilisé pour ajuster les données existantes jusqu'à la date actuelle, sans effectuer de prévisions pour les périodes futures. Les investisseurs doivent comprendre que ce modèle ne fournit pas de prédictions au-delà de la période d'observation actuelle. Pour des prévisions à plus long terme, d'autres méthodes de modélisation ou de prévision pourraient être nécessaires. Aussi, l'inclusion de données supplémentaires, telles que des facteurs économiques, des indicateurs de marché ou des informations sectorielles, pourrait améliorer la qualité de l'analyse et fournir des insights supplémentaires sur les facteurs qui influencent les rentabilités de l'action.

En résumé, bien que cette analyse ait fourni des résultats intéressants sur la stationnarité des rentabilités de l'action META et la sélection d'un modèle ARMA approprié, il est important de prendre en compte les limites mentionnées et de suivre les recommandations pour approfondir et améliorer l'analyse future. Une approche plus complète et diversifiée de la modélisation des

séries temporelles permettra de mieux comprendre les tendances à long terme et de prendre des décisions d'investissement plus informées.

Références

Yahoo Finance. (2023). META Inc. (META) - Stock Price History. Récupéré à partir de <https://finance.yahoo.com/most-active?guccounter=1>