

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

GES 816: TRAVAIL DE SYNTHÈSE
DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME DE GÉNÉRATION DE SIGNAL À L'AIDE DE LA
MOYENNE MOBILE ADAPTATIVE DE PERRY KAUFMAN

PAR
MANUEL BOLDUC

MONTREAL, le 18 novembre 2024

TABLES DES MATIÈRES

	Page
1 Introduction.....	3
2 Présentation de la moyenne mobile adaptative.....	3
3 Méthode d'investissement basée sur l'indicateur KAMA.....	6
4 Simulation d'investissement dans un portfolio.....	8
5 Analyse de la stratégie d'investissement.....	12
6 Conclusion.....	13
Bibliographie.....	14

Introduction

Dans cet article, nous analysons la mise en œuvre d'une stratégie d'investissement se basant sur l'indicateur de moyenne mobile adaptative, originellement développé par Perry Kaufman. La stratégie d'investissement retenue nous a été présentée en cours par le professeur Edmond Miresco (2024).

La question à laquelle nous souhaitons répondre dans ce travail est la suivante: est-ce que la stratégie d'investissement retenue peut être intéressante à implanter à même un compte CELI, comparativement à une stratégie de placement passive?

Afin de répondre à cette question, nous commencerons par présenter l'indicateur de moyenne mobile adaptative. Par la suite, nous présenterons la méthode d'investissement proposée par le professeur Edmond Miresco (2024). Puis, nous évaluerons l'application de la méthode dans une simulation qui se prête au contexte d'investissement dans un compte CELI. Finalement, nous analyserons le rendement de notre simulation, et nous proposerons des pistes pour améliorer notre stratégie.

Tout le code python que nous avons écrit pour cet article est disponible au lien suivant:

<https://github.com/bolducmanuel/adaptivemovingaverage/blob/main/Untitled.ipynb>.

Présentation de la moyenne mobile adaptative

La plupart des sources que nous avons consultées au cours de la rédaction de cet article (Bukhdir 2024, CFI Team 2024, Ellis, C. A., Parbery, S. A. 2005) s'entendent pour dire que la moyenne mobile adaptative s'ajuste dynamiquement aux conditions du marchés, permettant

ainsi de dégager des tendances claires de signaux pouvant être autrement bruités par la volatilité des titres.

Le calcul de la moyenne mobile adaptative intègre à cet effet trois éléments clés:

- Une estimation de la volatilité du cours du titre;
- Une moyenne mobile exponentielle courte;
- Une moyenne mobile exponentielle longue.

La moyenne mobile adaptative ajuste dynamiquement le poids attribué aux deux moyennes mobiles exponentielle selon le taux de variation du cours de l'action. Plus le taux de variation est élevé, plus la moyenne mobile adaptative attribue de poids à la moyenne mobile exponentielle courte. À l'inverse, plus le taux de variation est bas, plus la moyenne mobile adaptative attribue de poids à la moyenne mobile exponentielle longue.

La moyenne mobile adaptative de Perry Kaufman, que nous nommerons *KAMA*, peut être définie comme une fonction prenant trois paramètres en entrée, en plus du prix du titre considéré:

$$KAMA(\text{Prix}, \text{Période} = 10, \text{Courte} = 2, \text{Longue} = 30).$$

Les paramètres *Période*, *Courte*, et *Longue* réfèrent ici respectivement à la période qui est utilisée pour le calcul de la volatilité sur le cours du titre, à la période utilisée pour le calcul de la moyenne exponentielle courte, et finalement à la période utilisée pour le calcul de la moyenne exponentielle longue. Les valeurs standards des paramètres sont indiquées dans la définition de la fonction.

Nous présentons l'algorithme de calcul de l'indicateur *KAMA* tel que nous l'avons utilisé dans notre code Python dans la Figure 1. La méthode de calcul est tirée de Hanane D. (2024).

```
def kama_indicator(price, period=10, period_fast=2, period_slow=30):  
  
    #Efficiency Ratio  
    change = abs(price-price.shift(period))  
    volatility = (abs(price-price.shift())).rolling(period).sum()  
    er = change/volatility  
  
    #Smoothing Constant  
    sc_fastest = 2/(period_fast + 1)  
    sc_slowest = 2/(period_slow + 1)  
    sc = (er * (sc_fastest - sc_slowest) + sc_slowest)**2  
  
    #KAMA  
    kama=np.zeros_like(price)  
    kama[period-1] = price.iloc[period-1]  
  
    for i in range(period, len(price)):  
        kama[i] = kama[i-1] + sc.iloc[i] * (price.iloc[i] - kama[i-1])  
  
    kama[kama==0]=np.nan  
  
    return kama
```

Figure 1. Calcul de l'algorithme KAMA en python, en utilisant les librairies NumPy et Pandas.

Nous illustrons l'utilisation de l'indicateur KAMA sur le cours du titre RY.TO dans la Figure 2. On peut constater que l'intérêt de développer des stratégies d'investissement basées sur l'indicateur KAMA se trouve dans la capacité de cet indicateur à suivre de très près le cours du titre, tout en lissant la plupart du bruit.

Nous portons en particulier l'attention du lecteur à la zone délimitée en rouge dans le graphique, entre le mois d'août 2024 et d'octobre 2024. On constate, dans cette zone, qu'un signal d'achat basé sur la tendance de l'indicateur KAMA nous aurait permis de faire un profit considérable en quelques semaines (autour de 11%), sans avoir à requérir une

quelconque source de validation supplémentaire (lissage de l'indicateur, validation par un autre indicateur, etc.).

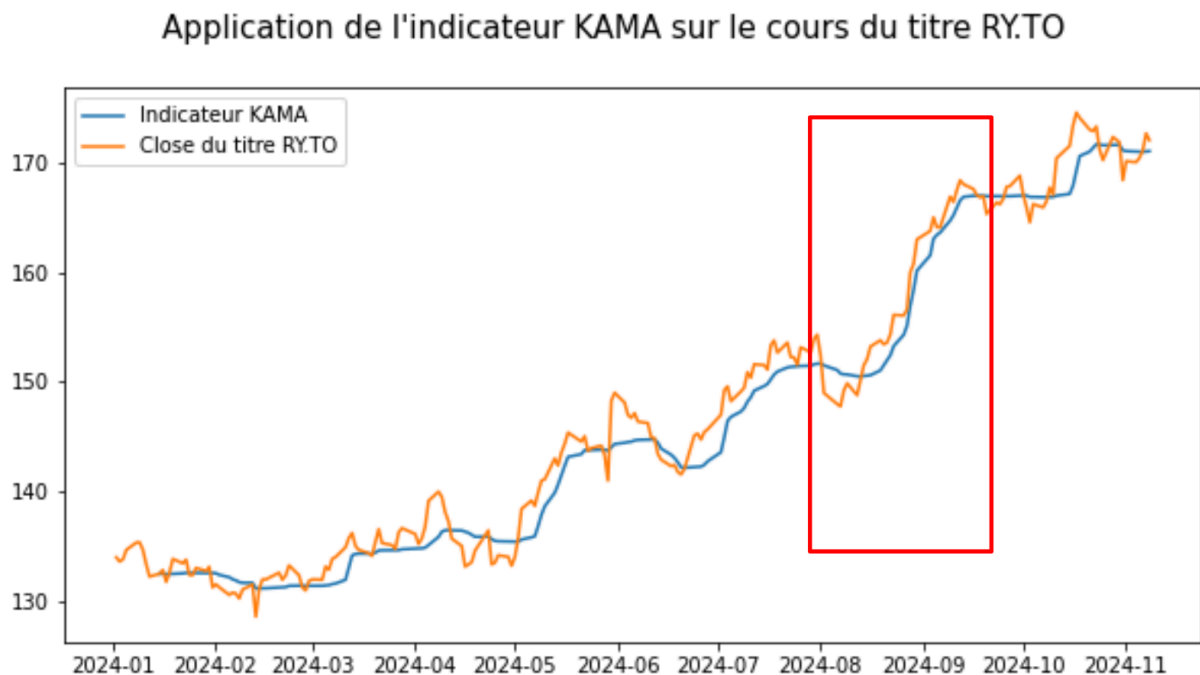


Figure 2. Exemple d'application de l'indicateur KAMA sur le titre RY.TO, entre le mois de janvier et de novembre 2024.

Inspiré par le potentiel de gain que nous pourrions réaliser à l'aide de l'indicateur de moyenne mobile adaptative, nous cherchons à quantifier la performance de quelques stratégies d'investissement se basant sur celui-ci.

Méthode d'investissement basée sur l'indicateur KAMA

Nous présentons une stratégie d'investissement basée sur l'indicateur KAMA. La méthode, développée par le professeur Edmond Miresco, nous a été présentée en classe (Miresco 2024).

Le système du professeur Miresco se base sur un lissage de l'indicateur KAMA. Les signaux d'achat et de vente sont générés selon le taux de variation de l'indicateur KAMA au cours des

deux derniers jours. Il est à noter que le système du professeur Miresco se base sur l'indicateur KAMA calculé sur une période de 21 jours:

$$KAMA = KAMA(Prix, Periode = 21, Courte = 2, Longue = 30).$$

La méthode d'investissement se base sur les étapes suivantes:

1. L'indicateur KAMA est lissé à l'aide d'une moyenne mobile simple de deux jours (SMA): $KamaSmooth = SMA(KAMA, Periode = 2)$.
2. Le taux de changement (VAR) est calculé sur un intervalle de deux jours:
 $VAR = KamaSmooth - SHIFT(KamaSmooth, Periode = 2)$.
3. Le taux de changement est lissé à l'aide d'une moyenne mobile exponentielle (EMA) de 21 jours : $VarSmooth = EMA(VAR, Periode = 21)$.
4. Les signaux d'achats et de vente sont générés lorsque $VarSmooth$ croise 0. Lorsque $VarSmooth$ croise 0 vers le haut, c'est un signal d'achat. À l'inverse, c'est un signal de vente.

Dans le cadre de la rédaction de cet article, nous avons programmé la méthode Miresco en langage Python, à l'aide de la librairie NumPy. Nous avons pu constater que la méthode dégage des signaux intéressants pour l'investissement. Cependant, comme on peut le constater dans la Figure 3, il semble que les points de sortie du marché indiqués par les signaux de vente de la méthode Miresco arrivent trop tard pour qu'on puisse se fier à eux.

Méthode Miresco sur le cours de l'indice ENB.TO

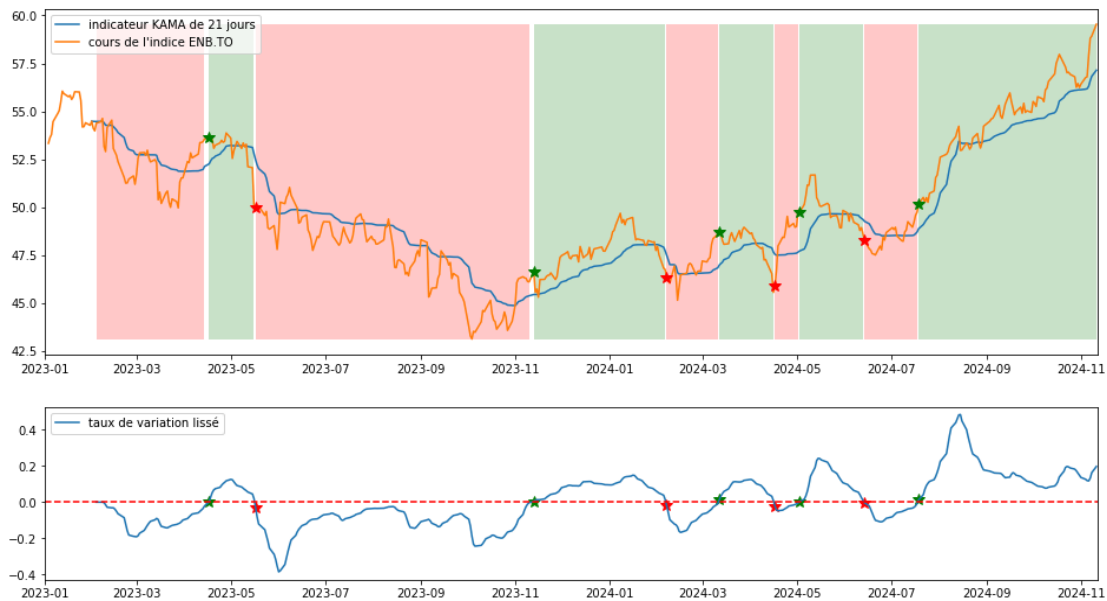


Figure 3. Démonstration de l'application de la méthode Miresco sur le cours de l'indice ENB.TO, entre janvier 2023 et novembre 2024. On peut constater que les signaux d'achats peuvent être très profitables, surtout si l'on est en mesure de savoir quand s'arrêter. Cependant, on constate que les signaux de vente viennent un peu trop tard pour qu'on se fie uniquement à eux.

Simulation d'investissement dans un portfolio

Nous évaluons la performance de la méthode d'investissement sur un portfolio simulé. Nous nous basons sur le profil d'un investisseur canadien qui désire implanter la stratégie d'investissement à même un compte CELI chez WealthSimple. Cela lui permet donc d'acheter et de vendre des actions sur le TSX sans avoir à payer de commission. De plus, puisque c'est un compte libre d'impôt, l'investisseur n'a pas à déclarer les gains en capital. Ce contexte permet de garder l'analyse de rendement de notre stratégie d'investissement la plus simple possible, puisqu'il n'y a pas de frais associé¹.

Le portfolio est composé des 5 titres les plus actifs sur le marché canadien en date du 11 novembre. Nous évaluons le rendement de la méthode d'investissement sur une période de

¹ Voir à cet effet les tarifs indiqués sur le site de WealthSimple: <https://www.wealthsimple.com/en-ca/pricing>

deux mois, soit du 3 septembre 2024 au 4 novembre 2024. Il est à noter que, puisque la stratégie d'investissement se base sur le contexte d'un compte CELI, il n'est pas possible de faire de la vente à découvert. Nous évaluerons donc la rentabilité de la stratégie considérant que nous devons toujours acheter avant de vendre.

Les 5 titres les plus actifs sur le marchés canadien en date du 11 novembre sont les suivants:

- ENB.TO : Enbridge, une compagnie multinationale spécialisée dans le transport de pétrole par oléoduc;
- HNU.TO: BetaPro Natural Gas Leveraged Daily Bull ETF, un fond négocié en bourse (FNB), qui correspond au double de la performance des contrats futures de gaz naturel pour le prochain mois;
- MFC.TO: Manulife Financial Corporation, une compagnie multinationale d'assurances;
- TD.TO: Toronto-Dominion Bank, une banque canadienne;
- BCE.TO: Bell Canada Enterprises, une compagnie de télécommunications.

Nous examinons ce qui se passe lorsque nous appliquons la méthode d'investissement pour chacun de ces titres. Les graphiques avec les signaux d'achats et de vente pour chacun des titres sont présentés dans la figure 4.

ENB.TO

Pour le titre ENB.TO, l'analyse de la méthode d'investissement est simple: il suffit d'acheter en date du 3 septembre (à 54.48\$), et de garder le titre jusqu'au 4 novembre (à 56.76\$). Cela nous permet d'accumuler un retour de 4.19%. Notons que la vente optimale du titre au cours de la période de deux mois nous aurait permis d'effectuer un profit de 6.40%.

HNU.TO

Pour le titre HNU.TO, nous pouvons constater que de suivre la méthode d'investissement sans se poser de questions nous ferait perdre de l'argent. La méthode nous donne un signal d'achat le 24 septembre (à 3.10\$), et un signal de vente le 24 octobre (à 2.64\$). Cela nous fait perdre 14.84%. Notons que la vente optimale au cours de la période nous aurait cependant permis d'accumuler un profit de 10.97%.

MFC.TO

Pour le titre MFC.TO, nous pouvons nous contenter d'acheter le titre le 5 septembre (à 37.25\$), et le garder jusqu'au 4 novembre (à 41.32\$). Cela nous permettrait de faire un profit de 10.93%. Notons que la vente optimale au cours de la période nous aurait permis de faire un profit de 13.23%.

TD.TO

Pour le titre TD.TO, nous voyons que le signal de vente survient trop tard pour que nous puissions profiter de la hausse du prix du titre après le signal d'achat. Cependant, en lisant les nouvelles, nous constatons qu'un communiqué de presse annonçant la résolution d'une investigation sur le groupe TD le 10 Octobre semble avoir fait peur aux investisseurs². Ce genre d'événements semblent difficilement pouvoir être pris en compte par les indicateurs comme le KAMA. Si on s'en tient à attendre le signal de vente pour vendre, nous aurions acheté le titre TD le 5 septembre (à 81.77\$) et nous l'aurions vendu le 4 novembre (à 76.54\$), pour une perte de 6.40%. Notons que la vente optimale au cours de la période considérée nous aurait permis de faire un profit de 7.07%.

² Voir le communiqué suivant: [TD Bank Group Announces Resolution of AML Investigations](#)

BCE.TO

Pour le titre BCE.TO, nous voyons que nous sommes en zone d'achat dès le 3 septembre (à 47.87\$). Cependant, le signal de vente arrive trop tard pour nous permettre de profiter de la légère hausse des prix après le 3 septembre, et ne survient que le 4 octobre (à 45.76\$). Nous aurions ainsi perdu 4.4% de l'argent que nous aurions investi. Notons qu'une vente optimale du titre au cours de la période nous aurait permis d'accumuler un profit de 2.26%.

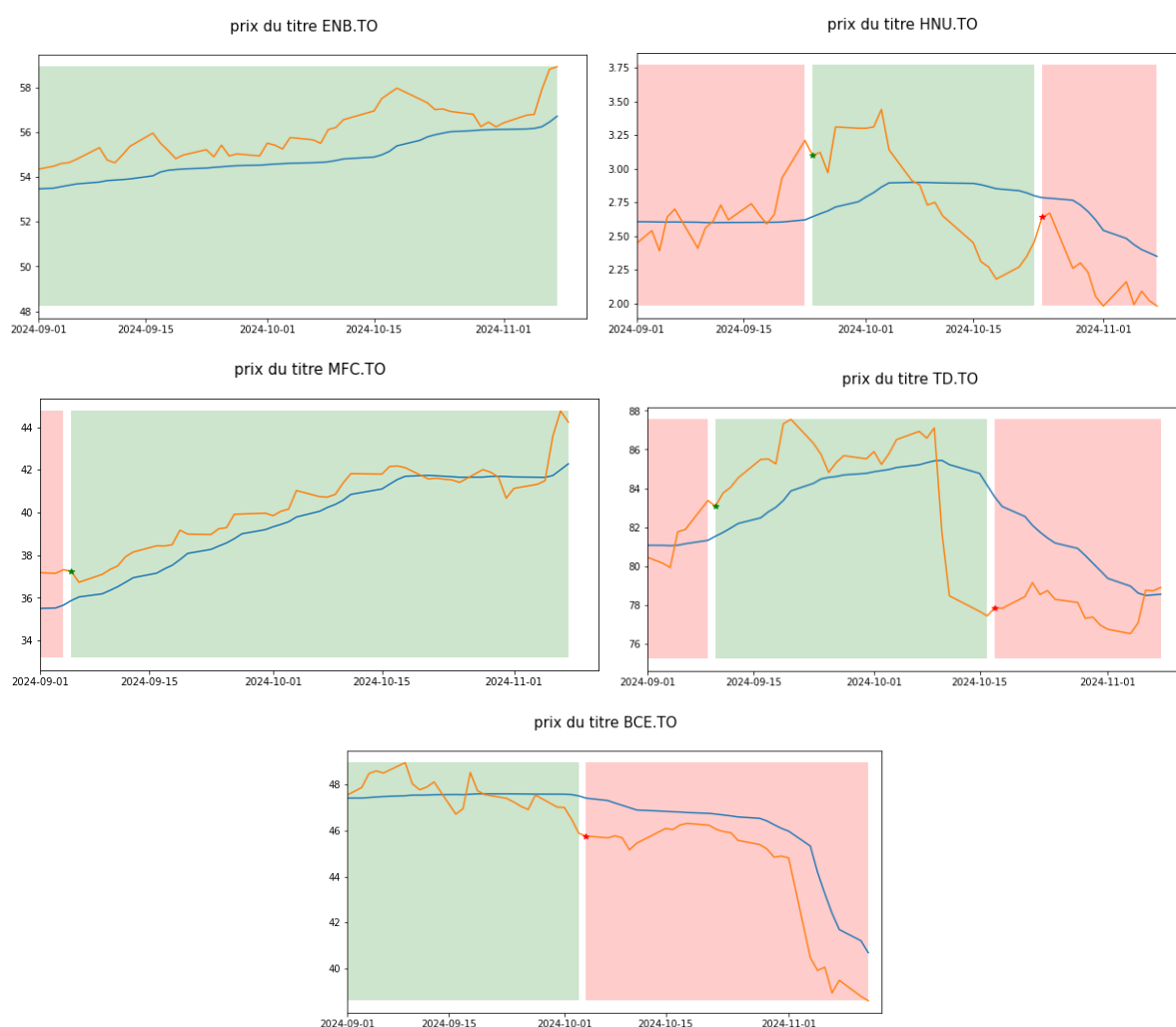


Figure 4. La méthode d'investissement appliquée pour chacun des titres considérés. On peut voir que la méthode nous permet effectivement d'identifier des montées dans le prix du titre, sauf peut-être pour le titre BCE.TO.

Analyse de la stratégie d'investissement

Titre	Gain / Perte	Profit optimal au cours de la période d'achat
ENB.TO	+ 4.19%	+6.41%
HNU.TO	- 14.84%	+10.97%
MFC.TO	+10.93%	+13.23%
TD.TO	-6.40%	+7.07%
BCE.TO	-4.41%	+2.26%

Tableau 1. Résumé des gains et des pertes réalisés au cours de la période pour chacun des titres considérés. Dans la colonne de droite, les gains optimaux qui auraient pu être réalisés pour chacun des titres si on avait vendu avant le signal de vente.

Comme nous pouvons le constater dans le tableau 1, il semble possible de faire pas mal d'argent à l'aide de la méthode d'investissement du professeur Miresco, surtout si l'on vend au bon moment. Nous aurons appris, au cours de ce travail, qu'il ne faut pas traiter les signaux d'achats et de ventes de cette méthode comme étant dépendants l'un de l'autre. Effectivement, nous aurions gagné à ajouter des contraintes supplémentaires à notre stratégie d'investissement, en intégrant par exemple un pourcentage de perte maximale comme signal de vente, plutôt que d'attendre le signal de vente de la méthode Miresco.

Nous observons également dans la figure 4 qu'il aurait été possible de considérer le croisement du prix du titre avec la valeur de l'indicateur comme un signal de vente. Effectivement, tous les signaux de vente que nous avons obtenus avec la méthode Miresco sont survenus après que le prix du titre considéré ait croisé la valeur de l'indicateur du haut vers le bas. Nous aurions ainsi pu limiter nos pertes dans chacun des cas.

Cela étant, il faut constater que la méthode nous aurait permis d'aller chercher des profits fixes intéressants dans la plupart des cas. Effectivement, si nous avions ciblé un profit de 6%, nous l'aurions obtenu si nous avions investi dans 4 des 5 titres considérés. Au cours de la même période de temps, un investissement dans le s&p500 nous aurait rapporté 3.32% (de 5528.93 points le 3 septembre à 5712.69 points le 4 novembre), et un investissement dans le TSX60 nous aurait rapporté 5.11% (de 34.99 points le 3 septembre à 36.78 points le 4 novembre).

Conclusion

En conclusion, nous constatons qu'il peut effectivement être intéressant de considérer une stratégie d'investissement active à même un compte CELI, et qu'il est possible de faire un rendement qui bat le marché même en utilisant une méthode assez simple, comme celle que nous avons présentée. Nous constatons également que notre stratégie d'investissement comporte plusieurs éléments qui pourraient être améliorés. Comme nous l'avons mentionné dans la section précédente, il aurait été avantageux de cibler un profit fixe avec les signaux d'achats plutôt que d'attendre pour les signaux de vente. Nous aurions également pu porter une attention plus particulière à la sélection des titres, en faisant une analyse historique du cours du titre, par exemple. Nous aurions pu également gagner à intégrer d'autres indicateurs dans notre stratégie, notamment afin de dégager des signaux de vente plus clairs.

Bibliographie

Bukhdir A. (2024). Succès du trading avec la Moyenne Mobile Adaptative (AMA). Repéré à <https://www.morpher.com/fr/blog/adaptive-moving-average>

CFI Team. (2024) Kaufman's Adaptive Moving Average (KAMA). Repéré à <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/career-map/sell-side/capital-markets/kaufman-s-adaptive-moving-average-kama/>

Ellis, C. A., Parbery, S. A. (2005). Is smarter better? A comparison of adaptive and simple moving average trading strategies. *Research in International Business and Finance*, 19(3), 399-411.

Hanane, D. (2023). Kaufman's Adaptive Moving Average (KAMA) In Python?. Repéré à <https://machinelearning-basics.com/kama-indicator-in-python/>

Miresco, E. (2024). GES816: Méthodes et systèmes d'investissement. École de technologie supérieure