

Sous-rapport cohorte Synthetix matières premières & indices

Erreur de suivi de sXAU, sXAG, sFTSE, sNIKKEI

Derivalink R&D

30 juin 2026

Table des matières

1	Résumé exécutif	2
2	Caractérisation du jeu de données	3
3	Erreur de suivi multi-références	5
4	Décomposition de niveau 1	7
4.1	Régression de base de la TE	8
4.2	GARCH sur le processus de rendement de l'oracle	8
5	Analyse temporelle de niveau 2	10
6	Venues et frictions	12
7	Pilotes structurels	15
8	Causalité et cointégration	16
9	Études de cas	17
10	Expériences naturelles	18
11	Constats et limites	20

1 Résumé exécutif

Le constat principal. Pour la cohorte matières premières et indices de Synthetix V2, l’oracle on-chain n’était pas la source du risque. Pour les quatre synths, l’oracle Chainlink a suivi son sous-jacent de manière extrêmement serrée sur la fenêtre d’activité, avec une erreur de suivi quadratique moyenne journalière de 10 à 33 points de base et une corrélation oracle-référence supérieure à 0,998. Le risque déterminant était au contraire un événement de gouvernance discret : le gel Wezen (SIP-169), après lequel chaque synth a été figé à un taux de rachat fixe tandis que le sous-jacent continuait d’évoluer, produisant une divergence importante et statistiquement significative pour l’or, l’argent et le Nikkei. La cohorte illustre donc un mécanisme de désancrage orthogonal à l’habituel récit de microstructure intra-journalière : l’ancrage a tenu parfaitement jusqu’à ce que le protocole lui-même le rompe.

La cohorte. Quatre actifs synthétiques négociés sur Ethereum L1 uniquement et jamais sur Optimism : **sXAU** (or, USD/oz), **sXAG** (argent, USD/oz), **sFTSE** (FTSE 100) et **sNIKKEI** (Nikkei 225). Chacun suivait un flux Chainlink comme source de prix on-chain, tandis qu’une série indépendante Stooq de fin de journée sert de référence TradFi pour la mesure de l’erreur de suivi. Cette référence étant de fin de journée, l’erreur de suivi n’est identifiée qu’à granularité journalière ; l’erreur de suivi intra-journalière n’est pas récupérable à partir du jeu de données. Plusieurs des briques analytiques employées ailleurs dans ce rapport ne s’appliquent pas ici : il n’y a ni perpétuel ni jambe de financement, pas d’options listées et donc pas de smirk de volatilité implicite, et aucune venue de liquidité DEX d’une taille significative. La venue unique est le chemin oracle lui-même, de sorte que les frictions se réduisent à l’obsolescence des mises à jour de l’oracle plutôt qu’à la profondeur de marché.

Le suivi était excellent. L’erreur de suivi log journalière contre la référence indépendante, sur la fenêtre [listing, Wezen] de chaque synth, est résumée dans le tableau 1. L’argent est le moins bon suiveur et les deux indices les meilleurs ; le biais est économiquement nul tout du long. La figure 1 superpose oracle et référence pour les quatre actifs et montre des trajectoires visuellement indiscernables sur la fenêtre d’activité.

TABLE 1 – Erreur de suivi journalière principale contre la référence TradFi indépendante, sur [listing, Wezen].

Synth	RMSE	MAE	Biais	Corr.	n
sXAU	0,12 %	0,00080	$-7,8e-8$	0,99935	264
sXAG	0,33 %	0,00168	$-6,0e-5$	0,99839	264
sFTSE	0,13 %	0,00059	$-5,4e-5$	0,99984	367
sNIKKEI	0,11 %	0,00057	$-1,1e-4$	0,99996	357

L’erreur de suivi journalière était imprévisible. Une régression de base de l’erreur de suivi journalière sur des pilotes structurels contemporains (volatilité du collatéral, gas L1) explique moins de 1 % de la variance pour chaque synth, sans aucune covariable significative. Il s’agit d’un résultat négatif honnête : l’erreur de suivi journalière résiduelle est un bruit de microstructure et de cadence d’oracle autour de zéro, et non une fonction de fondamentaux à évolution lente. L’analyse au niveau de la session confirme que le mécanisme est bénin : mesurée contre le dernier cours de clôture de fin de journée, $|TE|$ est la plus grande durant les heures de négoce propres du sous-jacent (lorsque l’oracle en temps réel s’est éloigné de la clôture de la veille) et la plus petite les week-ends et heures de fermeture — l’opposé d’une défaillance d’oracle obsolète.

La liquidité était négligeable. Ces synths étaient en pratique morts-nés. Au snapshot de rachat Wezen, l'intégralité du flottant **sFTSE** a été rachetée pour environ 517 388 dollars et **sNIKKEI** pour environ 703 dollars ; les synths matières premières portaient des soldes tout aussi faibles, de l'ordre de la dizaine de milliers de dollars. Quelle que soit la qualité du suivi, l'enjeu économique était immatériel, ce qui constitue en soi un constat sur l'adéquation du produit au marché.

Le gel fut le désancrage. L'événement déterminant est la dépréciation Wezen. Un dispositif de différences de différences (DiD) autour du gel (± 30 jours, contrôle = un oracle BTC jamais gelé), avec des hypothèses de tendances parallèles satisfaites dans chaque cas, identifie un saut positif important de l'erreur de suivi pour **sXAU** (ATT +0,0186, $t = 6,9$), **sXAG** (ATT +0,0539, $t = 10,6$) et **sNIKKEI** (ATT +0,0500, $t = 3,8$), tous hautement significatifs, mais aucun effet significatif pour **sFTSE** (ATT -0,0050, $t = -1,4$). L'asymétrie est mécanique : une fois le synth figé à son taux de snapshot, la divergence est entièrement régie par l'ampleur du déplacement du sous-jacent sur le mois suivant, et le FTSE s'est trouvé dériver peu. La figure 4 montre la rupture. Le profil de risque de la cohorte est ainsi inversé par rapport à la plupart des études de cas de désancrage de ce rapport : le suivi intra-journalier était excellent, et la perte d'ancrage réalisée a été causée par la dépréciation discrète propre au protocole plutôt que par un stress de marché. Les implications consolidées sont développées en 11.

2 Caractérisation du jeu de données

Cette cohorte rassemble quatre actifs synthétiques Synthetix V2 qui n'ont jamais été déployés sur Optimism et ont vécu toute leur existence on-chain sur Ethereum L1 avant d'être gelés lors de la mise en production Wezen (SIP-169). Deux sont des matières premières – **sXAU** (or, USD par once troy) et **sXAG** (argent, USD par once troy) – et deux sont des indices actions – **sFTSE** (FTSE 100) et **sNIKKEI** (Nikkei 225). Ils partagent un unique mécanisme de prix : il n'y a pas de jambe perpétuelle, pas de taux de financement, pas de surface d'options cotée, et pas de pool DEX de taille significative. Le seul lieu d'échange est le chemin de l'oracle lui-même, de sorte que le jeu de données se réduit à un flux de prix on-chain par synth et une référence off-chain indépendante par synth. Chaque chapitre en aval hérite de cette structure mono-venue, ce qui explique pourquoi les analyses usuelles de liquidité, de financement et de volatilité implicite sont rapportées comme non applicables plutôt que laissées vides.

Deux séries véritablement indépendantes par synth. Pour chaque synth, le prix on-chain est le flux d'agrégateur Chainlink que Synthetix consommait au moment du mint et du burn : XAU/USD et XAG/USD pour les métaux, et les flux FTSE100 et NIKKEI225 pour les indices. La référence indépendante est une série de clôtures quotidiennes Stooq pour le même sous-jacent – spot de l'or et de l'argent, niveau de l'indice FTSE 100, et niveau de l'indice Nikkei 225. Il ne s'agit pas de deux vues d'un même flux fournisseur : le flux Chainlink et la clôture Stooq sont approvisionnés et construits de manière indépendante, ce qui fait de la comparaison d'erreur de suivi de la Section 3 un test de l'oracle plutôt qu'une tautologie.

La cadence de la référence fixe la résolution. La référence est une clôture de fin de journée, de sorte que l'erreur de suivi n'est identifiée qu'à granularité quotidienne. L'erreur de suivi intrajournalière – à quel point l'oracle en direct s'écarte du sous-jacent au sein d'une séance – n'est pas récupérable à partir de ce jeu de données, car la référence ne bouge pas au cours de la journée. Chaque chiffre d'erreur de suivi des Sections 3 et 4 est donc une statistique quotidienne, et l'analyse au niveau de la séance de la Section 5 mesure l'oracle en direct par rapport à la *dernière clôture quotidienne disponible*, et non par rapport à un benchmark intrajournalier. La couverture de la référence Stooq est dense sur la plage pertinente : 537 clôtures quotidiennes pour l'or, 537

pour l’argent, 525 pour le FTSE 100, et 509 pour le Nikkei 225, couvrant approximativement de 2020-04 à 2022-04.

La fenêtre [cotation, Wezen]. La fenêtre analytique de chaque synth court de sa date de cotation au gel Wezen. Les métaux ont été cotés le 2020-09-08 et les indices le 2020-04-02 ; les quatre ont été gelés lors de Wezen, la date du 2021-09-16 (date d’effet de SIP-169) étant utilisée partout comme ligne de gel, et la dépréciation par la gouvernance ayant été exécutée le 2021-09-20. Les flux Chainlink XAU/USD et XAG/USD à usage général continuent de se mettre à jour bien après que le synth a cessé d’être échangé – ils servent le reste de la DeFi, pas seulement Synthetix – de sorte que les flux d’oracle des matières premières sont tronqués à la fenêtre de vie du synth. Sans cette troncature, l’historique d’oracle post-gel contaminerait les statistiques de erreur de suivi avec des périodes durant lesquelles aucun synth n’existait pour suivre quoi que ce soit. La Table 2 résume la configuration par synth et le nombre d’observations quotidiennes sur la fenêtre tronquée.

TABLE 2 – Configuration du jeu de données par synth. L’oracle est le flux d’agrégateur Chainlink consommé on-chain ; la référence est la série de clôtures quotidiennes Stooq indépendante ; la fenêtre est [cotation, Wezen] ; n est le nombre d’observations quotidiennes d’erreur de suivi sur cette fenêtre.

Synth	Flux oracle	Référence (Stooq EOD)	Fenêtre	n
sXAU	XAU/USD	Spot or	2020-09-08 – 2021-09-16	264
sXAG	XAG/USD	Spot argent	2020-09-08 – 2021-09-16	264
sFTSE	FTSE100	Niveau FTSE 100	2020-04-02 – 2021-09-16	367
sNIKKEI	NIKKEI225	Niveau Nikkei 225	2020-04-02 – 2021-09-16	357

Densité sur disque. La Table 3 rapporte les comptes bruts de flux tels que conservés sur disque, avant la troncature analytique. Les flux d’oracle Chainlink des deux indices (`synthetix.sftse` et `synthetix.snikkei`) se terminent naturellement avec le synth début 2022, tandis que les flux de métaux à usage général (`tradfi.xau.lbma` et `tradfi.xag.lbma`) se poursuivent jusqu’à aujourd’hui et sont tronqués à la fenêtre cotation–Wezen pour tous les travaux d’erreur de suivi ; l’argent à lui seul porte 64 802 ticks d’oracle contre 21 375 pour l’or, reflétant la cadence de mise à jour plus serrée documentée dans la Section 6.

TABLE 3 – Densité brute des flux par source, telle que conservée sur disque (avant troncature). Les flux d’oracle sont des mises à jour d’agrégateur Chainlink ; les lignes `prices` sont les références de clôtures quotidiennes Stooq indépendantes.

Table	Identifiant d’actif	Lignes	$t_{\min}$	$t_{\max}$
oracle_updates_raw	tradfi.xau.lbma.v1	21 375	2020-09-01	2026-05-11
oracle_updates_raw	tradfi.xag.lbma.v1	64 802	2020-09-01	2026-05-12
oracle_updates_raw	synthetix.sftse.ethereum.v2	21 889	2020-04-02	2022-03-31
oracle_updates_raw	synthetix.snikkei.ethereum.v2	19 973	2020-04-02	2022-04-01
prices	tradfi.ftse100.lse.v1	525	2020-04-01	2022-04-29
prices	tradfi.nikkei225.tse.v1	509	2020-04-01	2022-04-28
oracle_updates_raw	synthetix.snx.ethereum.v1	109 325	2020-09-28	2026-05-11

Les calendriers de cotation diffèrent selon le sous-jacent. Le jeu de données porte trois schémas de séance distincts, ce qui importe pour les travaux au niveau de la séance de la Section 5. Les métaux se négocient selon un calendrier quasi continu 23/5 (du dimanche 22 :00 au vendredi

22 :00 UTC, avec une courte interruption quotidienne). Le FTSE 100 suit la séance de la London Stock Exchange, 08 :00–16 :30 UTC, du lundi au vendredi. Le Nikkei 225 suit la séance de la Tokyo Stock Exchange, approximativement 00 :00–06 :00 UTC (09 :00–15 :00 JST, l’horaire TSE en vigueur sur la fenêtre de la cohorte) avec une pause déjeuner autour de 02 :30–03 :30 UTC. L’oracle se met à jour en continu indépendamment du calendrier du sous-jacent, de sorte que l’écart entre les heures de l’oracle en direct et les heures de séance de la référence est lui-même une caractéristique structurelle de la cohorte plutôt qu’un défaut.

Réserves de réalisme : de ténu à mort-né. La cohorte est étudiée pour sa couverture méthodologique, et non parce que les synths portaient un capital significatif. L’instantané de rachat pris lors de Wezen le montre sans détour : la totalité du flottant sFTSE a été rachetée pour environ 517 388 dollars, et la totalité du flottant sNIKKEI pour environ \$703 – de fait morts-nés. Les synths de matières premières portaient des soldes tout aussi faibles, de l’ordre de quelques dizaines de milliers de dollars. Ce sont des flottants économiquement négligeables, et le chapitre structurel (Section 7) les quantifie intégralement. Ils sont conservés ici parce que les mécaniques de suivi d’oracle et d’événement de gel se généralisent à tout synthétique valorisé par oracle, indépendamment de la valeur qui reposait dessus ; les faibles flottants signifient simplement que les conclusions de la cohorte portent sur le mécanisme de prix, et non sur un marché actif d’une quelconque profondeur.

3 Erreur de suivi multi-références

Ce chapitre caractérise la fidélité avec laquelle chacun des quatre synths Synthetix V2 a suivi son sous-jacent réel sur sa fenêtre de cotation en vie [listing, Wezen]. Le prix on-chain est le flux oracle Chainlink que le protocole utilisait pour minter et burner le synth ; la référence indépendante est une série de fin de journée Stooq pour le même sous-jacent (or et argent spot, le FTSE 100, le Nikkei 225). Les deux séries sont des constructions véritablement indépendantes de la même grandeur économique, de sorte que leur concordance mesure la fidélité du chemin oracle plutôt qu’une auto-comparaison tautologique. Comme la référence est échantillonnée une fois par jour à la clôture du marché cash, l’erreur de suivi n’est identifiée qu’à la granularité journalière ; l’erreur de suivi intrajournalière contre une cotation TradFi contemporaine n’est pas récupérable à partir de ce jeu de données et n’est pas revendiquée.

Définition. L’erreur de suivi est la différence journalière de log-prix $\ell_t = \log p_{\text{oracle}}(t) - \log p_{\text{ref}}(t)$, résumée par quatre scalaires : RMSE = $\sqrt{\mathbb{E}[\ell^2]}$, l’erreur absolue moyenne MAE = $\mathbb{E}[|\ell|]$, le biais $\mathbb{E}[\ell]$ et la corrélation de Pearson entre les deux niveaux de prix. Pour $|\ell| < 0,1$ la log-différence se situe à quelques parties pour 10^4 près de la différence fractionnaire, de sorte que la RMSE et la MAE se lisent directement comme des pourcentages. Chaque fenêtre est tronquée à la durée de vie propre du synth : les flux Chainlink XAU/USD et XAG/USD à usage général continuent de se mettre à jour longtemps après le gel du synth, de sorte que les séries de matières premières sont tronquées au gel Wezen afin de ne pas attribuer un mouvement oracle postérieur au gel à un synth qui n’existait plus.

Le chemin oracle était quasi parfait. Le résultat principal est que, au jour le jour, l’oracle on-chain a suivi son sous-jacent de façon extrêmement serrée. Le Tableau 4 rapporte une RMSE comprise entre 10 et 33 points de base et une corrélation supérieure à 0,998 pour les quatre synths, avec un biais économiquement indiscernable de zéro. Il n’y a pas de surévaluation ni de sous-évaluation systématique : le synth était, à la précision que la référence journalière peut résoudre, une copie fidèle de son sous-jacent durant toute sa fenêtre de vie. Quel que soit le risque porté par cette cohorte, il ne s’est pas manifesté par une dérive en fonctionnement normal.

TABLE 4 – Métriques scalaires d’erreur de suivi, oracle vs. référence TradFi indépendante, différences journalières de log-prix sur la fenêtre de vie de chaque synth [listing, Wezen]. RMSE, MAE et biais sont en unités de log-prix (à lire comme des fractions pour $|\ell| < 0,1$). n est le nombre d’observations journalières jointes.

Synth	RMSE	MAE	Biais	Corr.	n
sXAU	0,00122	0,00080	−0,000000078	0,99935	264
sXAG	0,00329	0,00168	−0,000060	0,99839	264
sFTSE	0,00129	0,00059	−0,000054	0,99984	367
sNIKKEI	0,00107	0,00057	−0,00011	0,99996	357

Lecture de la coupe transversale. L’ordonnancement est instructif. L’argent (sXAG) est le traqueur le plus lâche à 33 pb de RMSE, soit environ $2,7\times$ la RMSE de l’or de 12 pb, ce qui est cohérent avec la volatilité spot plus élevée de l’argent et avec sa cadence oracle d’autant plus bruitée (Section 6). Les deux indices actions sont les plus serrés de tous, sFTSE à 13 pb et sNIKKEI à 11 pb, avec des corrélations de 0,99984 et 0,99996 : le niveau d’un indice bouge moins violemment d’un tick à l’autre qu’un métal isolé, de sorte que l’oracle journalier et la clôture journalière sont presque coïncidents. Dans chaque cas le terme de biais est d’au plus quelques points de base et souvent d’une fraction de point de base ($-7,8 \times 10^{-8}$ pour sXAU), ce qui exclut tout écart de frais persistant, décalage oracle ou inclinaison de flux périmé dans la fenêtre de vie. La Figure 1 superpose les quatre séries oracle à leurs références ; à l’échelle de tracé du chapitre, les paires sont visuellement indiscernables.

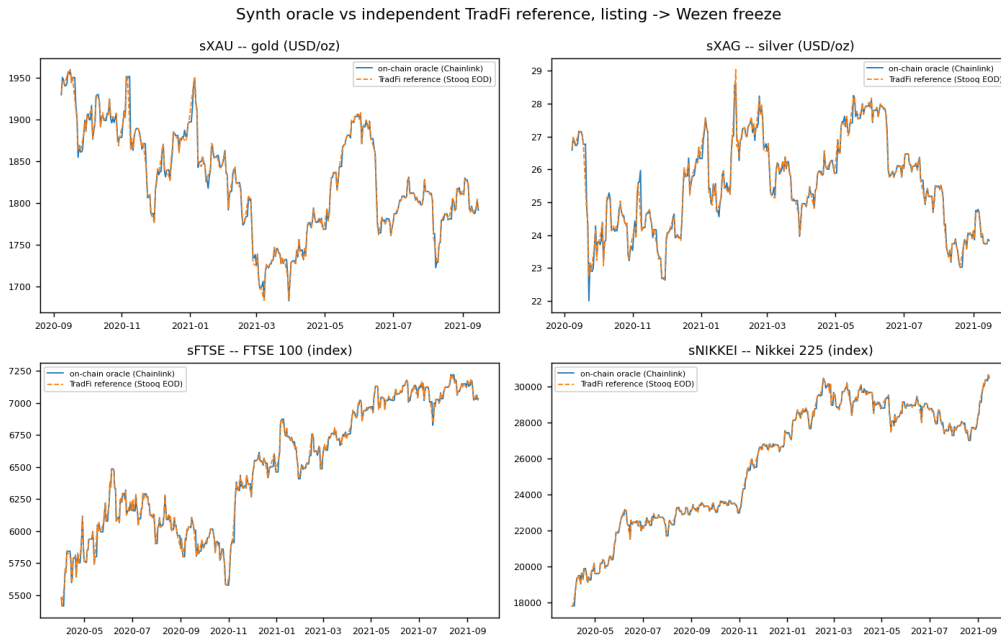


FIGURE 1 – Prix oracle (Chainlink) superposé à la référence TradFi indépendante (Stooq EOD) pour chaque synth sur sa fenêtre de vie. Les paires sont visuellement coïncidentes ; l’erreur de suivi résiduelle correspond aux 10–33 pb rapportés dans le Tableau 4.

Analyse approfondie : sXAU, le synth de matière première le plus échangé. L’or est le cas de référence de la cohorte. Son oracle est le flux Chainlink XAU/USD et le sous-jacent se négocie selon un calendrier 23/5 (dimanche 22 :00 à vendredi 22 :00 UTC), de sorte que le synth était en vie presque continûment au fil de la semaine. Sur $n = 264$ observations journalières, l’oracle a maintenu une RMSE de 12 pb et une MAE de 8 pb contre l’or spot LBMA, avec

un biais essentiellement nul et une corrélation de 0,99935. Le ratio RMSE/MAE d'environ 1,5 se situe modestement au-dessus de la référence gaussienne $\sqrt{\pi/2} \approx 1,25$, ce qui indique une distribution d'erreur à peu près symétrique (biais ≈ 0) avec des queues légèrement plus épaisses que la normale — une poignée de journées plus larges plutôt qu'une queue épaisse persistante de dislocations ; l'oracle journalier s'est simplement posé sur la clôture journalière. La pertinence économique de cette fidélité, et de la volatilité oracle quasi intégrée de l'or, est développée dans l'analyse de niveau 1 (Section 4), où l'erreur de suivi contemporaine se révèle essentiellement imprévisible à partir de covariables à évolution lente — il s'agit d'un bruit de microstructure de cadence oracle autour de zéro, et non d'un écart structurellement expliqué.

Analyse approfondie : sFTSE, le synth indiciel le plus négociable. Des deux synth actions, le FTSE 100 portait de loin le plus grand flottant remboursable et constitue le cas indiciel le plus représentatif. Son oracle est le flux Chainlink FTSE100 ; le sous-jacent ne se négocie que durant la séance cash de Londres (08 :00–16 :30 UTC, du lundi au vendredi), de sorte que pendant la plus grande partie de chaque journée calendaire le sous-jacent est fermé tandis que l'oracle conserve sa dernière valeur. Malgré ce calendrier discontinu, le suivi journalier a été serré : 13 pb de RMSE, 6 pb de MAE, corrélation 0,99984 sur $n = 367$ observations, avec la MAE la plus basse des quatre synth. La structure de séance ne dégrade pas la fidélité *journalière* parce que la référence journalière est elle-même la clôture de séance ; ce que le calendrier de séance gouverne, c'est la dispersion *intrajournalière* de $|\ell|$ mesurée contre la clôture précédente, qui est analysée par séance de négociation dans la Section 5. Là, le mécanisme inverse l'intuition naïve : $|\ell|$ est le plus grand durant la séance régulière propre du LSE (lorsque l'oracle en vie s'est éloigné de la clôture de la veille) et le plus petit le week-end, à l'opposé d'un récit d'oracle périmé.

Annexe : sNIKKEI, mort-né. Le synth Nikkei 225 a produit les statistiques de suivi journalier les plus serrées de la cohorte — 11 pb de RMSE, corrélation 0,99996 sur $n = 357$ jours contre la clôture du Nikkei 225 — mais cette fidélité est essentiellement académique. sNIKKEI n'a jamais été adopté : au moment de la dépréciation Wezen, l'intégralité du flottant remboursable s'élevait à 0,023 unité, fixant une valeur de remboursement d'environ 703 dollars (Section 7). Le synth était de fait mort-né, avec des soldes négligeables tout au long de sa vie. Ses métriques de suivi doivent donc être lues comme une mesure propre de la qualité oracle sur un sous-jacent calme et de faible volatilité plutôt que comme la preuve d'un produit réellement utilisé ; le calendrier de séance de Tokyo (00 :00–06 :00 UTC avec une pause déjeuner autour de 02 :30–03 :30 UTC) est reporté à l'analyse au niveau de la séance par souci d'exhaustivité dans la Section 5.

Ce que ce chapitre établit et n'établit pas. L'erreur de suivi au jour le jour de la cohorte a été excellente et sans biais — 10–33 pb, corrélation supérieure à 0,998, biais nul — pour une paire de matières premières sur une horloge 23/5 et deux indices actions sur des séances régionales disjointes. C'est la moitié rassurante de l'histoire. Cela ne dit rien de l'événement discret qui a finalement séparé chaque synth de son sous-jacent : le gel Wezen, après lequel le synth a été épinglé à un taux de remboursement fixe tandis que le prix réel continuait de bouger. C'est cette dépréciation, et non une dérive intrajournalière, qui constitue le lieu où l'erreur de suivi de la cohorte s'est réellement matérialisée, et elle est quantifiée comme une expérience naturelle dans la Section 10.

4 Décomposition de niveau 1

La couche de niveau 1 examine si l'erreur de suivi (TE) journalière peut être attribuée à des déterminants structurels à évolution lente, et si le processus de rendement de l'oracle lui-même porte la signature de regroupement de volatilité qui justifierait un modèle à variance conditionnelle. Pour cette cohorte, les deux questions trouvent une réponse nette mais en sens opposés : la

TE journalière est inattribuable, tandis que les rendements horaires de l’oracle sont fortement hétéroscédastiques de manière conditionnelle. Le premier résultat est un véritable résultat négatif et le plus important des deux — il caractérise ce qu’est réellement l’erreur de suivi résiduelle.

4.1 Régression de base de la TE

L’ensemble canonique de déterminants se réduit à un seul régresseur. Le gabarit de niveau 1 régresse la TE journalière sur des covariables structurelles contemporaines — volatilité côté collatéral σ_C , log-liquidité, un levier de financement et le gas L1. Deux de ces quatre emplacements sont structurellement absents pour les synth matières premières et indices de Synthetix V2 et sont omis plutôt que remplis par des valeurs fictives. Il n’existe aucun lieu de liquidité DEX d’une taille significative (les synth se négocient exclusivement par la voie de l’oracle, avec des flottants ayant été rachetés pour au plus quelques centaines de milliers de dollars chez Wezen, cf. la Section 7), de sorte que le terme de log-liquidité n’a aucun support ; et ces produits ne sont pas perpétuels, il n’y a donc pas de taux de financement à lever. Ce qui subsiste, c’est σ_C — approximé par la volatilité conditionnelle de l’oracle lui-même — et la série du gas L1.

Aucune covariable contemporaine n’est significative. En régressant le log de l’erreur de suivi journalière sur σ_C et le gas L1, le modèle renvoie un R^2 inférieur à un pour cent pour chaque synth — entre 0,0002 et 0,0054 — et aucun coefficient n’atteint le seuil de significativité conventionnel sur aucun des quatre. Il s’agit d’un résultat négatif honnête, et net : à l’horizon journalier, l’erreur de suivi n’est pas une fonction de l’état structurel à évolution lente. La Section 3 a déjà établi que la TE journalière se situe à 10–33 bp de RMSE, avec un biais économiquement indiscernable de zéro et une corrélation supérieure à 0,998 contre la référence indépendante. La régression confirme ici la lecture naturelle de ces chiffres — le résidu est un bruit de microstructure et de cadence dispersé autour de zéro, et non un mauvais prix structurel qu’une covariable pourrait prévoir. Les déterminants ne sont pas dénués d’information en principe ; la régression contemporaine à fréquence journalière est simplement le mauvais instrument pour une série dont la variance réside dans la cadence de mise à jour de l’oracle plutôt que dans l’état structurel journalier. La structure conditionnelle à la session qui *organise* bel et bien ce bruit est traitée à la Section 5, et l’unique événement discret qui sépare le synth de son sous-jacent est isolé à la Section 10.

4.2 GARCH sur le processus de rendement de l’oracle

Pourquoi un modèle à variance conditionnelle. Si la TE journalière est du bruit, l’objet informatif au niveau 1 est le processus de rendement de l’oracle lui-même : sa dynamique de volatilité détermine de combien l’oracle en direct peut s’écarter du cours de référence de clôture de la veille au sein d’une session, ce qui est précisément la quantité mesurée à la Section 5. Les modèles GARCH(1,1) (BOLLERSLEV 1986), GJR-GARCH (GLOSTEN, JAGANNATHAN et RUNKLE 1993) et EGARCH (NELSON 1991) ont été ajustés sur les log-rendements horaires de l’oracle Chainlink pour les deux synth disposant d’une profondeur suffisante, l’or (sXAU) et le FTSE (sFTSE). L’argent (sXAG) et le Nikkei (sNIKKEI) comptaient trop peu d’observations horaires au sein de leurs fenêtres d’activité pour justifier un ajustement séparé bien identifié et sont rattachés aux cas de l’or et du FTSE, qui encadrent respectivement le comportement des matières premières et des indices.

L’or est quasi intégré ; le FTSE ne l’est pas. Les deux ajustements diffèrent fortement en persistance, et cette différence est économiquement interprétable. Le Tableau 5 rapporte les trois spécifications pour chaque synth. La persistance de la variance conditionnelle n’est pas la même quantité d’un modèle à l’autre — c’est $\alpha + \beta$ pour GARCH(1,1), $\alpha + \beta + \gamma/2$ pour GJR-GARCH

(le canal d'asymétrie porte une partie de la persistance), et β seul pour EGARCH (dont les paramètres vivent dans l'espace de la log-variance et ne sont pas directement comparables aux coefficients en espace de variance des deux autres). Lus de façon appropriée à chaque modèle, toutes les spécifications racontent la même histoire. L'oracle de l'or est quasi intégré sous les trois : GARCH(1,1) $\alpha + \beta = 0,99$, GJR $\alpha + \beta + \gamma/2 \approx 1,00$, EGARCH $\beta = 0,96$. Ses chocs de variance ne se résorbent que lentement, la signature de mémoire longue caractéristique d'une série au comptant de matière première négociée en continu. L'oracle du FTSE est nettement moins persistant sous les trois : GARCH(1,1) 0,73, GJR 0,74, EGARCH $\beta = 0,58$; sa variance revient plus vite à la moyenne entre les sessions journalières discrètes de la bourse. L'asymétrie de levier est faible pour les deux (or $\gamma = 0,046$, FTSE $\gamma = 0,078$). À l'AIC, la spécification préférée est EGARCH pour l'or (804, contre 822 pour GJR et 881 pour le GARCH simple) et GJR pour le FTSE (1416, marginalement en dessous des 1417 d'EGARCH) — mais le classement qualitatif, l'or bien plus persistant que le FTSE, est invariant à ce choix comme à la définition de persistance retenue. L'extension MS-GARCH à deux régimes n'a convergé pour aucune des deux séries et n'est pas rapportée.

TABLE 5 – Ajustements de la famille GARCH sur les log-rendements horaires de l'oracle, les trois spécifications par synth. $\omega, \alpha, \beta, \gamma$ sont l'ordonnée à l'origine de la variance, les coefficients ARCH, GARCH et de levier GJR. La colonne de persistance est appropriée à chaque modèle : $\alpha + \beta$ pour GARCH(1,1), $\alpha + \beta + \gamma/2$ pour GJR-GARCH, et β pour EGARCH; les ω, α, β d'EGARCH sont en espace de log-variance et ne sont pas directement comparables aux coefficients en espace de variance situés au-dessus. * marque le modèle préféré à l'AIC par synth. L'argent et le Nikkei comptaient trop peu d'observations horaires au sein de leurs fenêtres d'activité pour un ajustement séparé bien identifié et sont encadrés par ces deux cas. $n = 2050$ pour sXAU, $n = 5465$ pour sFTSE.

Modèle	ω	α	β	γ	Persistance	AIC
<i>sXAU (or)</i>						
GARCH(1,1)	0.0011	0.135	0.856	—	0.99	881
GJR-GARCH	0.00045	0.121	0.857	0.046	1.00	822
EGARCH*	-0.061	0.318	0.962	—	0.96	804
<i>sFTSE (FTSE 100)</i>						
GARCH(1,1)	0.025	0.176	0.556	—	0.73	1422
GJR-GARCH*	0.024	0.135	0.565	0.078	0.74	1416
EGARCH	-0.951	0.325	0.584	—	0.58	1417

Interprétation. Les deux résultats sont complémentaires plutôt que contradictoires. La régression de base journalière indique que l'erreur de *suivi* — l'écart entre l'oracle et la référence indépendante — est un bruit imprévisible autour de zéro. Les ajustements GARCH décrivent la volatilité de *l'oracle lui-même*, qui est le flux de prix sous-jacent, et non l'écart de suivi. La variance conditionnelle quasi intégrée de l'or et le retour à la moyenne plus rapide du FTSE sont des propriétés des rendements de la matière première et de l'indice sous-jacents que l'oracle reproduit fidèlement; elles nous indiquent à quel point l'oracle en direct est mobile au sein d'une session, et préparent ainsi le motif de |TE| au niveau de la session présenté à la Section 5, où l'écart par rapport au dernier cours de référence de clôture est le plus grand exactement lorsque le marché propre du sous-jacent est ouvert et que l'oracle s'est éloigné de la clôture de la veille.

5 Analyse temporelle de niveau 2

La décomposition de niveau 1 du 4 a établi que l’erreur de suivi journalière de cette cohorte est imprévisible à partir de covariables structurelles à évolution lente : il s’agit pour l’essentiel d’un bruit de microstructure de moyenne nulle autour d’un oracle quasi parfait. Ce résultat traite toutefois chaque observation comme homogène. Cette section conditionne sur le seul axe structurel sans ambiguïté observable pour chaque synth — le calendrier de négoce de son sous-jacent — et examine si l’erreur de suivi se concentre à des moments particuliers de la journée de négoce. La réponse révèle l’artefact dominant que produit la mesure d’un oracle toujours actif par rapport à une référence de clôture journalière, et prévient une mauvaise lecture naturelle dans le suivi des actifs synthétiques.

Trois schémas de session distincts. Les quatre synths couvrent trois calendriers de marché véritablement différents, ce qui fait de la cohorte un panel d’une netteté inhabituelle pour l’analyse de session. La paire de matières premières (sXAU, sXAG) se négocie sur le calendrier bullion 23/5 : continu du dimanche 22 :00 au vendredi 22 :00 UTC, ponctué uniquement par une courte pause de règlement quotidienne et par le week-end. Le FTSE 100 suit la séance de jour de la London Stock Exchange, 08 :00–16 :30 UTC, du lundi au vendredi. Le Nikkei 225 suit la séance de la Tokyo Stock Exchange, soit environ 00 :00–06 :00 UTC (09 :00–15 :00 JST, l’horaire en vigueur sur la fenêtre de la cohorte), avec une pause déjeuner de mi-journée vers 02 :30–03 :30 UTC. Le flux d’oracle de chaque synth est partitionné selon les états de session propres à son propre sous-jacent, et au sein de chaque état l’erreur de suivi logarithmique absolue moyenne est calculée par rapport à la clôture de référence de fin de journée la plus récente.

L’erreur de suivi suit la session propre du sous-jacent. La Table 6 reporte le $|TE|$ moyen par état de session pour chaque synth. Le schéma est cohérent et mécanique : $|TE|$ est maximal précisément lorsque le marché domestique du sous-jacent est ouvert, et s’effondre les week-ends et durant les heures de fermeture. Pour sFTSE, la séance régulière de la LSE porte un $|TE|$ moyen de 0,79 %, soit un ordre de grandeur au-dessus de la valeur de 0,07 % en heures nocturnes et de la valeur de 0,02 % le week-end. sNIKKEI présente la même forme : 0,91 % durant l’après-midi de la TSE et 0,85 % sur la pause déjeuner, contre des valeurs nettement plus basses dans les états hors séance. Les synths de matières premières, qui ne ferment jamais vraiment, compriment l’écart mais en préservent l’ordonnancement — sXAU affiche 0,54 % en séance régulière contre 0,17 % durant la pause quotidienne et environ 0,08 % à la fermeture ou le week-end, tandis que sXAG culmine à 0,25 % durant la pause quotidienne et redescend vers 0,11 % le week-end.

TABLE 6 – Erreur de suivi logarithmique absolue moyenne par état de session de négoce, calculée par rapport à la dernière clôture de référence de fin de journée. Chaque synth est partitionné sur le calendrier de son propre sous-jacent ; les synths de matières premières partagent le schéma bullion 23/5, sFTSE la séance de jour de la LSE, sNIKKEI la séance de la TSE avec pause déjeuner. Seuls les états de session à $|TE|$ le plus élevé sont listés par synth ; les autres états hors séance (p. ex. matin sNIKKEI, heures nocturnes, week-end) portent des valeurs nettement plus basses et apparaissent en intégralité dans la Figure 2.

Synth	État de session	$ TE $ moyen
sFTSE (LSE)	régulière	0,79%
	nocturne	0,07%
	week-end	0,02%
sNIKKEI (TSE)	après-midi	0,91%
	pause_déjeuner	0,85%
sXAU (23/5)	régulière	0,54%
	pause_quotidienne	0,17%
	fermé/week-end	$\sim$ 0,08%
sXAG (23/5)	pause_quotidienne	0,25%
	fermé	0,17%
	week-end	0,11%

C'est l'inverse d'un schéma d'oracle obsolète. L'a priori naturel pour le suivi des actifs synthétiques est que l'erreur de suivi croît durant les heures de fermeture du marché, lorsque l'oracle n'a rien de frais à reporter et dérive par rapport à un sous-jacent en mouvement. Les données inversent cet a priori, et la raison tient à la construction de la mesure plutôt qu'à un quelconque défaut du flux. Au sein de cette cohorte, l'oracle est la série vivante, continûment mise à jour, tandis que la référence TradFi indépendante (voir 2) est échantillonnée une fois par jour à la clôture. Lorsque le marché du sous-jacent est ouvert, l'oracle vivant s'est déjà écarté de la clôture de la veille, de sorte que l'écart à une référence de fin de journée obsolète se creuse mécaniquement ; une fois le marché fermé, le sous-jacent est lui-même plat et l'oracle n'a rien à poursuivre, de sorte que l'écart à la dernière clôture se réduit vers zéro. Le profil de session mesure donc l'obsolescence de la référence journalière, et non celle de l'oracle. C'est l'image en miroir de la préoccupation conventionnelle de désancrage, et toute règle de suivi qui signalerait un $|TE|$ élevé en séance ouverte comme une alarme d'obsolescence d'oracle se déclencherait exactement à l'envers pour cette cohorte. La Figure 2 restitue la décomposition complète par session sur les quatre synths.

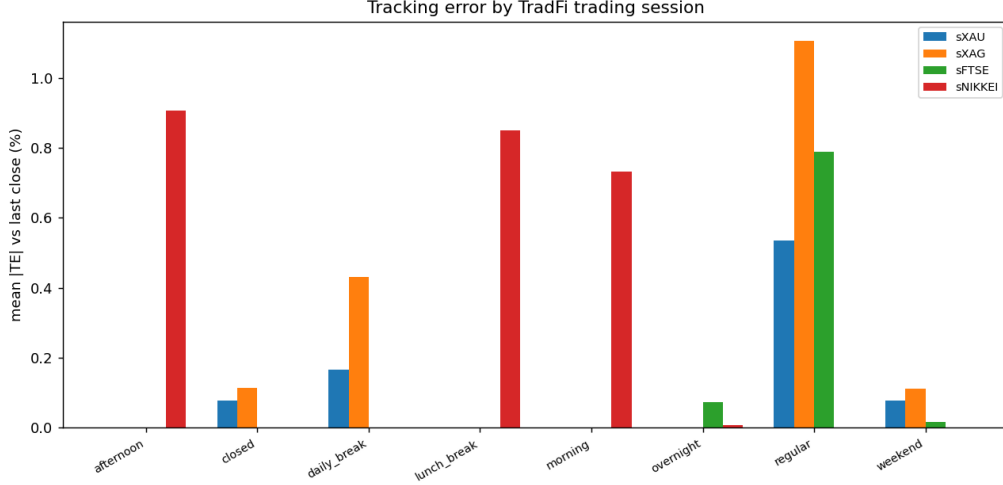


FIGURE 2 – Erreur de suivi absolue moyenne par état de session de négoce pour chaque synth, mesurée par rapport à la dernière clôture de référence de fin de journée. L’erreur de suivi culmine durant la séance domestique du sous-jacent et est minimale hors marché, signature d’un oracle vivant lu par rapport à une référence journalière plutôt que d’un oracle obsolète dérivant par rapport à un sous-jacent en mouvement.

Réserve sur la résolution. Le partitionnement par session est construit sur une grille d’observation horaire, grossière au regard des frontières à la demi-heure de deux des calendriers : la clôture de la LSE à 16 :30 UTC et la pause déjeuner de la TSE autour de 02 :30–03 :30 UTC tombent sur la demi-heure. Les observations à cheval sur ces bords sont affectées à l’heure dont elles sont le plus proche, de sorte que la séparation régulière/nocturne pour sFTSE et la séparation après-midi/pause déjeuner pour sNIKKEI portent jusqu’à une demi-heure d’ambiguïté de bord. Cela floute les états frontières mais n’affecte pas le résultat central : le contraste entre la séance ouverte et les états de week-end ou de fermeture est d’un ordre de grandeur en $|TE|$, bien supérieur à toute erreur d’affectation de bord, et l’ordonnancement est stable sous la grille. Une série de référence plus fine affinerait les bords de session mais est exclue par la granularité journalière de la référence indépendante, qui borne également l’analyse à l’erreur de suivi journalière comme établi au 3.

6 Venues et frictions

Une seule voie, une seule friction. La cohorte matières premières et indices n’a pas de venue de négociation au sens conventionnel. Il n’existe ni perpétuel à financer, ni option cotée dont lire une surface implicite, ni pool DEX d’une taille significative : à aucun moment un marché Balancer ou Curve en sXAU, sXAG, sFTSE ou sNIKKEI n’a détenu une profondeur suffisante pour compter. La découverte de prix a transité par un unique rail — la voie de l’oracle Chainlink que lit la fonction d’échange de Synthetix — de sorte que la seule friction susceptible de détacher un synth de son sous-jacent est la cadence et la fraîcheur de cet oracle. Ce chapitre quantifie cette friction directement : à quelle fréquence l’oracle se met à jour, de combien il dérive par rapport à la référence de clôture indépendante entre deux mises à jour, et si les deux oracles d’indices régionaux mènent ou retardent l’un sur l’autre. Les constats au niveau de la venue présentés ici se rattachent vers le haut à l’erreur de suivi journalière serrée documentée en 3 et vers le bas à la structure de séance du chapitre 5 : le suivi est excellent parce que la seule friction est un oracle rapide et en direct, et non un marché mince et en retard.

Obsolescence de l’oracle : l’unique variable de microstructure. Avec une venue unique, la grandeur de microstructure pertinente est l’écart inter-tick — le temps écoulé entre deux écritures consécutives de l’oracle. Un long écart est le mécanisme par lequel un prix on-chain peut devenir obsolète par rapport au sous-jacent en mouvement, et c’est l’analogue le plus proche que possède cette cohorte d’un spread bid-ask ou d’une courbe de slippage. La Table 7 rapporte les écarts moyen et maximal par synth. Les écarts moyens sont courts — de l’ordre de quelques dizaines de minutes — et les maxima valent tous environ 24 h. Ce plafond reflète le heartbeat Chainlink, qui force une écriture au moins une fois par jour même en l’absence de mouvement de prix ; il ne s’agit pas de la durée d’une fermeture de marché (le week-end du lingot couvre environ 48 h et les week-ends actions sont plus longs encore, et pourtant le flux se rafraîchit quotidiennement à travers eux). L’or présente l’écart moyen le plus long, à environ 62 min ; l’argent est le plus fréquemment mis à jour, à environ 23 min, les deux indices se situant entre les deux (environ 36 min pour sFTSE et 39 min pour sNIKKEI). La logique de seuil de déviation de ces flux explique cet ordonnancement : un flux écrit lorsque son prix franchit une bande ou qu’un heartbeat s’écoule, de sorte qu’un actif moins volatil dans la bande comme l’or déclenche simplement moins d’écritures que l’argent, plus erratique. Aucun de ces écarts n’est assez long pour produire un depeg persistant pendant les heures de cotation ; le heartbeat journalier garantit que l’oracle n’est jamais obsolète de plus d’un jour, et durant les fermetures de marché l’oracle comme la référence sont de toute façon plats sur le même intervalle.

TABLE 7 – Obsolescence des mises à jour de l’oracle par synth. L’écart inter-tick moyen est le temps moyen écoulé entre deux écritures Chainlink consécutives sur la fenêtre d’analyse ; l’écart maximal d’environ un jour reflète le heartbeat Chainlink, qui force une mise à jour au moins quotidienne indépendamment de la fermeture de marché (et non la durée d’un quelconque week-end).

Synth	Écart inter-tick moyen	Écart max
sXAU (or)	~62 min	~24 h
sXAG (argent)	~23 min	~24 h
sFTSE (FTSE 100)	~36 min	~24 h
sNIKKEI (Nikkei 225)	~39 min	~24 h

Proxy de valeur extractible de l’oracle. La contrepartie économique de l’écart inter-tick est la taille de l’écart entre l’oracle en direct et la référence indépendante à l’instant où une transaction pourrait se dénouer — la valeur qu’un arbitragiste pourrait en principe extraire si le prix on-chain retarde sur le vrai prix. Comme proxy journalier de cette valeur extractible de l’oracle, la différence absolue entre le niveau de l’oracle et la clôture de référence de fin de journée appariée s’établit en moyenne entre 0,06 % et 0,17 % à travers les quatre synths, avec une excursion journalière maximale d’environ 3,4 % sur l’argent. Les moyennes sont faibles parce que l’oracle est en direct et la bande de déviation serrée ; la queue de l’argent reflète la même volatilité plus élevée dans la bande qui pilote ses mises à jour plus fréquentes, et c’est la seule série dont le pire écart sur une seule journée atteint l’unité en pourcentage. Ces chiffres sont cohérents avec les valeurs de RMSE journalier en 3 (argent le plus lâche, indices les plus serrés) et confirment que la friction est bornée et, en espérance, économiquement négligeable.

Avance-retard inter-régions. Les deux synths d’indices actions évoluent sur des séances non chevauchantes : la Tokyo Stock Exchange clôture à 06 :00 UTC, soit environ deux heures avant l’ouverture de la London Stock Exchange à 08 :00 UTC. Cet enchaînement fait de la paire un test naturel pour déterminer si le marché clôturant le plus tôt transmet de l’information vers celui ouvrant le plus tard — un effet documenté dans les contrats à terme sur indices en TradFi qui, s’il était présent ici, se manifesterait par une avance prédictive de sNIKKEI vers

sFTSE dans les rendements de l'oracle. La Figure 3 trace la corrélation croisée des rendements journaliers de l'oracle entre les deux indices. La corrélation de pic vaut 0,38 au retard zéro — co-mouvement contemporain, intra-journalier, piloté par des facteurs de risque globaux partagés plutôt que par un flux d'information TSE-vers-LSE — avec 0,26 au retard -1 et seulement du bruit ailleurs. Il n'y a pas d'avance-retard prédictive forte dans l'une ou l'autre direction ; le co-mouvement intra-journalier domine, et le terme modeste à un jour est trop faible pour soutenir un signal négociable. Un test propre de la transmission clôture-vers-ouverture exigerait des données intraday : la TSE clôture à 06 :00 UTC et la LSE ouvre à 08 :00 UTC le même jour calendaire, de sorte qu'à la résolution journalière le pic au retard zéro confond une véritable transmission de séquence intra-journalière avec un facteur de risque global partagé et ne peut séparer les deux. Le constat doit donc être lu au mieux comme l'absence d'une avance prédictive *multi-jours* plutôt que comme une réfutation d'un débordement intraday, que la référence journalière ne peut résoudre. Ce résultat nul pour la couche venue est renforcé par les tests de Granger formels du chapitre 8, qui de même ne trouvent aucune directionnalité inter-régions significative dans l'erreur de suivi.

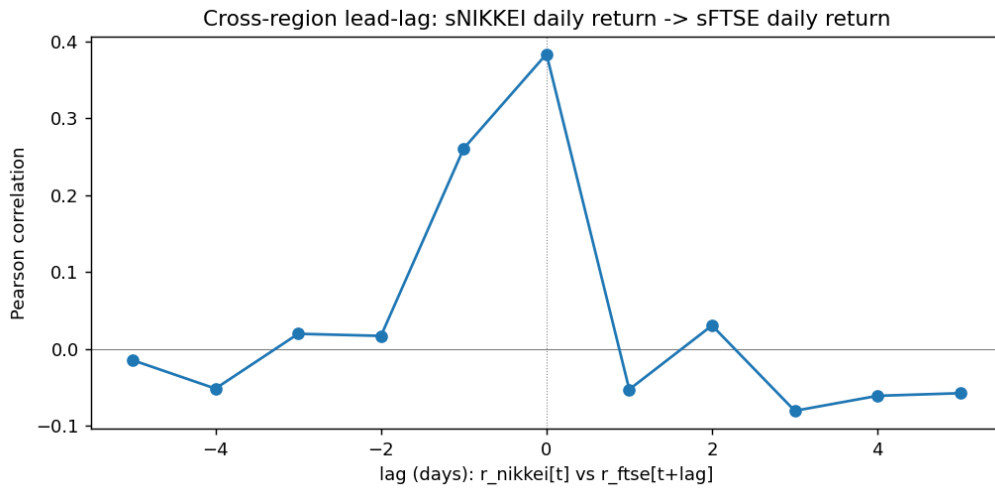


FIGURE 3 – Corrélation croisée inter-régions des rendements journaliers de l'oracle, sNIKKEI contre sFTSE, par retard en jours. Le pic de 0,38 se situe au retard zéro (co-mouvement intra-journalier), avec un pic secondaire de 0,26 au retard -1 et du bruit ailleurs, indiquant l'absence d'avance prédictive exploitable de la séance de Tokyo clôturant le plus tôt vers la séance de Londres ouvrant le plus tard.

Ce qu'implique la structure à venue unique. Parce que la cohorte n'a jamais eu de venue de marché concurrente, son profil de friction est inhabituellement simple : il n'y a pas de prime de liquidité à payer, pas de financement à porter, et pas de base spécifique à une venue à surveiller. L'ensemble de la surface frictionnelle se réduit à la fraîcheur de l'oracle, dont les mesures d'obsolescence et de valeur extractible ci-dessus montrent qu'elle est serrée pendant les heures de cotation et bénigne durant les fermetures. Le corollaire est que le véritable risque de détachement de la cohorte ne réside pas du tout dans ce chapitre — ce n'est pas une friction de microstructure mais l'événement discret de dépréciation analysé en 10, où le gel de chaque synth à un taux de rachat fixe l'a sevré d'un sous-jacent qui, lui, a continué à bouger. La couche venue n'a jamais été le point faible ; c'est l'action de gouvernance qui a retiré la venue qui l'a été.

7 Pilotes structurels

La couche structurelle d'un produit synthétique est normalement le lieu où réside l'économie de défense de l'ancrage : la taille de la pool de dette, le tampon de collatéral qui la soutient, la profondeur des places secondaires qui arbitrent le synth vers sa juste valeur. Pour la cohorte des matières premières et des indices, cette couche est presque vide, et cette vacuité constitue elle-même le résultat. Ces quatre synths — sXAU, sXAG, sFTSE, sNIKKEI — étaient des instruments Synthetix V2 valorisés par oracle sur Ethereum L1, sans perpétuel, sans taux de financement, sans options cotées et sans pool DEX de taille significative. Il n'y a donc pas de poids de pool de dette DEX à décomposer ni de profondeur de place à mesurer : l'unique place est le chemin oracle lui-même, déjà caractérisé au chapitre 6. Ce qui demeure structurellement, c'est le flottant que ces synths ont jamais porté, et la dépréciation discrète qui y a mis fin. Les deux sont faibles, et ce chapitre l'assume honnêtement.

Des flottants morts-nés. Le fait structurel déterminant est que ces synths n'ont jamais été utilisés à grande échelle. Le snapshot de rédemption pris lors de la dépréciation Wezen (SIP-169) constitue la lecture la plus propre disponible du solde en circulation, car il fixe à la fois un taux unitaire et un nombre d'unités à un seul bloc. Pour sFTSE, le snapshot a figé le taux à 6890,60 contre un flottant de 75,09 unités, valorisant l'ensemble de l'offre en circulation à environ 517 388 dollars. Pour sNIKKEI, le taux était de 30500,05 contre 0,023 unité — soit un total d'environ 703 dollars. Les synths de matières premières portaient des soldes tout aussi faibles, de l'ordre de quelques dizaines de milliers de dollars chacun. Ce ne sont pas des tailles de marché qui soutiennent un écosystème d'arbitrage ; ce sont des positions résiduelles. L'absence d'un marché secondaire profond est la raison mécanique pour laquelle l'erreur de suivi journalière du chapitre 3 est si bien tenue : il n'y avait aucun flux d'ordres piloté par la taille pour écarter le synth valorisé par oracle de sa référence, seulement la cadence de l'oracle elle-même.

Le mécanisme de rédemption. Lors de Wezen, chaque synth a été gelé et rendu rachetable à son taux de snapshot fixe via le contrat SynthRedeemer. Le mécanisme est identique pour les quatre instruments — un détenteur restitue le synth et reçoit du sUSD au taux figé — et il convertit le produit d'un instrument vivant suivant l'oracle en une créance sur un nombre statique. Les snapshots par synth pour la paire de matières premières (sXAU, sXAG) ne sont pas conservés dans l'enregistrement structurel aux côtés des deux snapshots d'indices, mais le chemin de rédemption et son effet économique sont les mêmes : le taux est gelé, le sous-jacent continue de bouger, et l'écart entre les deux n'est plus arbitré. Cet écart est le risque matériel de la cohorte et est quantifié directement au chapitre 10.

La dépréciation comme événement structurel. La dépréciation Wezen a été exécutée le 2021-09-20 ; la date d'effet du SIP-169 du 2021-09-16 est utilisée tout au long comme marqueur de gel. C'est l'unique transition structurelle qui compte pour la cohorte. Avant elle, les synths suivaient leurs sous-jacents à quelques dizaines de points de base près (3) ; après elle, le taux de rédemption est resté constant tandis que la série de référence continuait de bouger, séparant le synth de son sous-jacent. Il n'y a aucune érosion graduelle d'un ratio de collatéral à tracer ni aucune trajectoire de migration à suivre — les produits ont simplement cessé d'être vivants à une date connue. Le récit structurel est par conséquent binaire plutôt que continu, et le poids analytique repose sur l'expérience naturelle du chapitre 10 plutôt que sur une quelconque variable d'état à évolution lente.

Portée de la lecture structurelle. Plusieurs pilotes qui relèveraient ordinairement de ce chapitre sont délibérément reportés. Une surcouche macroéconomique — l'indice du dollar, les trajectoires de politique de la Federal Reserve et de la Bank of Japan, et le rallye de l'or de

2020–2021 qui encadre les sous-jacents de matières premières — expliquerait les mouvements des références elles-mêmes, mais il s’agit de propriétés des marchés sous-jacents plutôt que de la structure du synth, et la comparaison inter-actifs est laissée au rapport inter-cohortes, où elle peut être confrontée aux sensibilités macro des autres cohortes. Au sein de cette cohorte, la conclusion structurelle est étroite et défendable : les synths étaient des instruments faiblement détenus, mono-place, valorisés par oracle, dont l’unique risque structurel était le gel discret qui les a figés sur un snapshot périmé. Tout le reste — le biais quasi nul, le suivi intra-journalier serré, l’absence d’un canal de liquidité ou de financement — découle de cette faiblesse.

8 Causalité et cointégration

L’oracle est une copie cointégrée de son sous-jacent. La relation entre chaque oracle on-chain et sa référence TradFi indépendante n’est pas un accident statistique à découvrir mais une identité mécanique à confirmer. Le flux Chainlink qui valorise chaque synth est, par construction, une réplique bruitée et décalée dans le temps du même sous-jacent physique que la série de clôture journalière de Stooq enregistre. Le test approprié est donc la cointégration plutôt que la corrélation : les deux séries doivent partager une tendance stochastique commune même si leurs innovations de court terme diffèrent par leur cadence et leur bruit de microstructure. Une procédure d’Engle–Granger en deux étapes (ENGLE et GRANGER 1987) appliquée à chaque paire oracle–référence sur la fenêtre de vie du synth le confirme sans exception. Les quatre paires rejettent l’hypothèse nulle d’absence de cointégration au seuil de 5 %, et ce de manière décisive : les statistiques de test valent $-5,39$ pour sXAU, $-16,78$ pour sXAG, $-18,81$ pour sFTSE et $-8,93$ pour sNIKKEI, toutes avec $p \ll 0,05$. Les deux oracles d’indices affichent les statistiques les plus négatives, cohérentes avec le suivi journalier plus serré documenté en 3 (corrélations supérieures à 0,9998) ; les métaux, échantillonnés contre une référence spot qui diverge légèrement plus autour de la cadence de mise à jour de l’oracle, se situent plus bas mais restent confortablement à l’intérieur de la région de rejet.

Interprétation : la cointégration mesure ici la plomberie, pas le risque. Il serait erroné de lire ces résultats comme la preuve que les synths étaient sûrs. La cointégration confirme seulement que, tant qu’ils étaient actifs, l’oracle et son sous-jacent ne se sont jamais écartés en niveau — une propriété garantie par la conception même de l’oracle, puisque le flux n’a aucun mécanisme économique pour dévier du prix qu’il rapporte. Les résidus sont l’erreur de suivi journalière analysée en 3, et ils sont minuscules et à retour vers la moyenne précisément parce que l’oracle est une copie. Ce que la cointégration ne peut capturer, c’est l’événement de dépréciation, où le synth est coupé de son flux et figé à un taux instantané ; cette rupture fait l’objet de 10 et se situe entièrement en dehors de la relation en fenêtre de vie testée ici. Le résultat de cointégration doit donc être lu comme une confirmation de l’intégrité des données et de la fidélité de l’oracle, et non comme un énoncé sur le risque de décrochage du produit.

Aucune avance-retard exploitable entre les métaux. Au-delà de la relation intra-paire, une question naturelle est de savoir si l’erreur de suivi d’un synth porte de l’information sur un autre — si, par exemple, une dislocation de l’oracle de l’argent anticipe celle de l’or. Les tests de causalité de Granger sur les séries journalières d’erreur de suivi des deux métaux ne trouvent essentiellement rien. La direction or-vers-argent n’est pas significative. La direction inverse, argent-vers-or, est tout au plus marginale : au retard 1 le test renvoie $F = 3,88$ avec $p = 0,050$, situé exactement sur le seuil conventionnel et donc pas assez robuste pour étayer une quelconque affirmation de structure prédictive. Étant donné que les deux flux valorisent le même complexe de métaux précieux et bougent ensemble de façon contemporaine, même une véritable avance d’une période refléterait plus vraisemblablement des différences mineures dans le calendrier de mise à jour des oracles qu’un flux d’information économiquement exploitable. La

lecture honnête est que l’erreur de suivi inter-métaux est un co-mouvement contemporain sans avance-retard fiable.

Aucune causalité inter-région entre les indices actions. Le même test appliqué aux deux synthés d’indices actions, sFTSE et sNIKKEI, ne renvoie aucune causalité de Granger significative dans l’une ou l’autre direction. Cela est cohérent avec l’analyse d’avance-retard inter-région de 6, où la corrélation croisée des rendements journaliers entre le Nikkei et le FTSE culmine à 0,38 au retard 0 — co-mouvement intra-journée induit par la clôture du TSE environ deux heures avant l’ouverture du LSE — et décroît vers le bruit en s’éloignant du terme contemporain. Les deux oracles d’indices héritent du facteur de risque global qui meut les marchés au comptant sous-jacents un jour donné, mais aucune des deux séries d’erreur de suivi ne précède l’autre. Pris ensemble, les résultats de Granger inter-actifs renforcent le message central de l’analyse de niveau 1 de 4 : l’erreur de suivi journalière de cette cohorte est un bruit de cadence d’oracle autour de zéro, individuellement imprévisible et mutuellement non informatif, sans canal de transmission reliant l’erreur de suivi d’un synth à celle d’un autre.

9 Études de cas

Les métriques au niveau du synth de la section 3 et la décomposition par session de la section 5 établissent que l’oracle on-chain suivait étroitement son sous-jacent en conditions normales. La question naturelle est de savoir si ce suivi se dégrade autour d’événements de stress discrets. Cette section isole un épisode bien défini — le *silver squeeze* de février 2021 — au moyen d’un protocole de différences de différences (DiD), puis explique pourquoi les autres événements candidats ne peuvent supporter aucune estimation causale. La distinction importe : un nul estimé avec précision et un effet non identifié se ressemblent superficiellement (ni l’un ni l’autre ne rejette l’hypothèse d’absence d’effet), mais seul le premier constitue une preuve.

Protocole. Chaque événement candidat est évalué par différences de différences (DiD) sur l’erreur de suivi logarithmique journalière, sur une fenêtre de ± 20 jours. L’unité traitée est l’erreur de suivi oracle-contre-référence du synth affecté ; le contrôle est une erreur de suivi oracle-BTC-contre-Binance jamais gelée, une série qui subit le même calendrier mais aucun des chocs propres au synth. La fenêtre pré-traitement sert à la fois à estimer la trajectoire contrefactuelle et à tester l’hypothèse de tendances parallèles qui légitime le protocole. Un événement sans fenêtre pré-traitement exploitable ne fournit donc aucun effet de traitement identifié, quel que soit le comportement de la période post.

Le *silver squeeze* est un nul propre, estimé avec précision. Le 2021-02-01, une campagne d’achat coordonnée des particuliers a fait nettement monter le prix au comptant de l’argent en quelques sessions — exactement le type de mouvement rapide et unilatéral qui exposerait un oracle accusant un retard ou lissant son flux. Appliqué à sXAG, l’estimateur de différences de différences renvoie un effet moyen du traitement sur les traités de $-0,0015$ (erreur-type 0,0014, $t = -1,05$, $p = 0,29$), et le pré-test de tendances parallèles ne rejette pas ($p = 0,57$). L’estimation ponctuelle est économiquement négligeable — de l’ordre de l’amplitude normale d’erreur de suivi du synth, le RMSE de 0,33 % rapporté pour sXAG à la section 3 — et le passage du test de tendances parallèles confirme que traités et contrôle évoluaient de concert avant l’épisode. L’interprétation est donc positive plutôt que simplement non concluante : le flux Chainlink XAG/USD a absorbé le *squeeze*, propageant le mouvement du sous-jacent dans le synth sans erreur de suivi additionnelle mesurable. La trajectoire de l’oracle n’a pas été le maillon faible durant l’épisode qui, le plus plausiblement, aurait dû le rompre.

Pourquoi il s’agit d’un nul et non d’un non-résultat. L’estimation satisfait les deux conditions qui séparent un nul d’un effet non identifié. Premièrement, le protocole est identifié : une véritable fenêtre pré-traitement existe, et le test de tendances parallèles passe, de sorte que le contrefactuel est crédible. Deuxièmement, l’estimation est raisonnablement précise : l’erreur-type est petite relativement aux tailles d’effet de traitement retrouvées ailleurs dans cette étude — le gel de Wezen, analysé à la section 10, déplace l’erreur de suivi de sXAG de +0,0539, plus d’un ordre de grandeur au-dessus de l’estimation ponctuelle du *squeeze* et de son incertitude. Un effet de l’amplitude que le gel a produite par la suite aurait été détecté ici s’il avait été présent. Le nul du *squeeze* est donc informatif : il borne la réponse de l’oracle au stress à l’intérieur du bruit de suivi ordinaire.

Les candidats restants sont limités par les données, non nuls. Deux autres événements ont été considérés et sont rapportés comme non identifiés plutôt que comme preuve d’absence d’effet, car le protocole ne peut leur être appliqué. Les dates de listing des synths sont des candidats de stress naturels — un flux nouvellement listé pourrait en principe mal suivre avant de se stabiliser — mais un listing n’a, par construction, aucune fenêtre pré-traitement : il n’y a pas d’erreur de suivi avant que le synth n’existe, de sorte que ni la trajectoire contrefactuelle ni le test de tendances parallèles ne peuvent être formés. Le sommet de l’or de l’ère COVID du 2020-08-06 est l’autre candidat ; il tombe avant le listing de sXAU du 2020-09-08, si bien que le synth or n’existait tout simplement pas à la date de l’événement et qu’aucune série traitée ne peut être construite. Dans les deux cas, l’obstacle est l’absence de données d’un côté de l’événement, et non un coefficient faible ou nul. Rapporter ces cas comme des effets nuls reviendrait à faire passer le silence pour une preuve ; ils sont consignés comme limités par les données, sans qu’aucun effet de traitement ne soit revendiqué dans l’une ou l’autre direction.

À retenir. Le seul événement qui admet un protocole causal propre — le *silver squeeze* — renvoie un nul précis : l’oracle a suivi tout au long de l’épisode sans dégradation mesurable. Les autres candidats échouent au stade de l’identification et n’apportent aucune preuve causale. Lu conjointement avec la section 10, le tableau est net : le stress de marché ordinaire, même un violent *squeeze* sur matière première, n’a pas déplacé l’erreur de suivi de cette cohorte, alors que le gel de gouvernance discret l’a fait. Le risque de queue de la cohorte résidait dans le mécanisme de dépréciation, et non dans le comportement de l’oracle en cotation réelle.

10 Expériences naturelles

La cohorte offre une expérience naturelle nette qui domine tous les autres résultats de ce rapport : la dépréciation de Wezen. Contrairement aux événements de marché candidats de la section 9, Wezen constitue un choc discret, exogène, au niveau du protocole, appliqué aux quatre synths sur un même bloc, avec un contrôle jamais gelé immédiatement disponible. C’est le cas rare où un schéma de différences de différences (DiD) est véritablement identifié, et il isole le mécanisme qui a effectivement coupé ces synths de leurs sous-jacents.

Schéma. Pour chaque synth, nous formons l’erreur de suivi logarithmique journalière sur une fenêtre de ± 30 jours autour du gel. Après le gel, le synth ne suit plus : sous SIP-169, il est fixé à son taux de snapshot de rachat, de sorte que nous maintenons le prix du synth constant à sa dernière valeur d’avant-gel tandis que la référence continue de bouger. Le contrôle est un actif jamais gelé mesuré de la même manière – l’oracle Chainlink BTC/USD contre le spot Binance – qui absorbe tout co-mouvement à l’échelle du marché sur la fenêtre. Le coefficient d’interaction de l’indicatrice traité-par-post est l’ATT ; les écarts-types sont HAC, et la pente des tendances parallèles est testée sur la pré-fenêtre. Les échantillons traités comptent $n \approx 42\text{--}44$ observations journalières contre $n = 61$ pour le contrôle.

TABLE 8 – Différences de différences du gel Wezen. L’ATT est le saut d’après-gel de l’erreur de suivi logarithmique journalière par rapport au contrôle jamais gelé ; les tendances parallèles sont satisfaites ($p > 0,05$) dans tous les cas.

Synth	ATT	t	p	Tendances parallèles p	Verdict
sXAU	+0,0186	6,90	5×10^{-12}	0,50	significatif
sXAG	+0,0539	10,63	2×10^{-26}	0,24	significatif
sNIKKEI	+0,0500	3,76	2×10^{-4}	0,53	significatif
sFTSE	−0,0050	−1,43	0,15	0,60	non significatif

Le gel est le depeg. Trois des quatre synths montrent une augmentation importante et hautement significative de l’erreur de suivi au moment du gel : l’or (+1,9 point de pourcentage), l’argent (+5,4) et le Nikkei (+5,0). Le mécanisme est transparent à la figure 4 : une fois le synth fixé à un taux de rachat constant, sa divergence par rapport au sous-jacent est entièrement gouvernée par l’ampleur du déplacement de ce sous-jacent au cours du mois suivant. Il s’agit d’un depeg au sens littéral – le synth cesse de représenter sa référence – mais il est produit par la propre dépréciation du protocole plutôt que par un stress de marché ou une défaillance d’oracle. C’est l’opposé des depegs pilotés par la microstructure étudiés ailleurs dans ce rapport : le suivi était excellent (section 3) jusqu’à ce que la gouvernance rompe le lien.

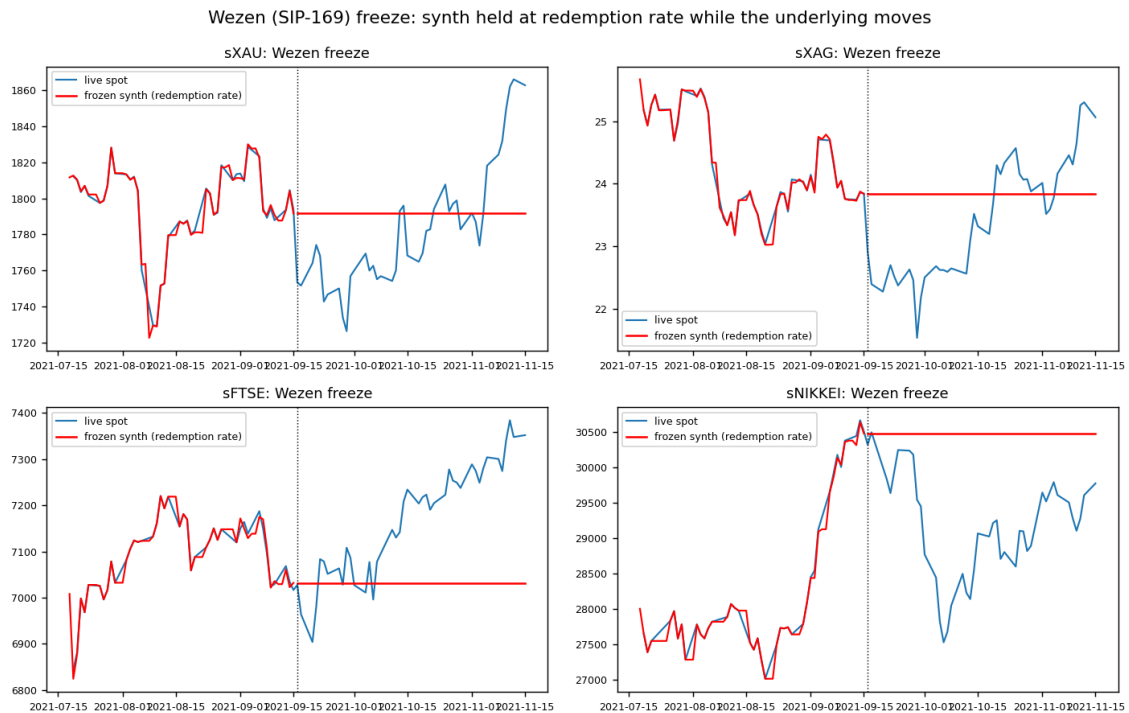


FIGURE 4 – Gel Wezen (SIP-169), les quatre synths. Le synth (rouge) est maintenu à son snapshot de rachat à partir de la date de gel tandis que le sous-jacent en direct (bleu) continue de bouger ; l’écart d’après-gel est l’effet de traitement des différences de différences. L’écart s’ouvre largement pour l’or, l’argent et le Nikkei et reste étroit pour le FTSE, qui n’a que peu dérivé sur la fenêtre d’après-gel — la même asymétrie que les ATT du tableau 8.

Le résultat nul du FTSE relève de la dérive d’après-gel, non d’un mécanisme différent. sFTSE ne montre aucun effet significatif, et le signe est même légèrement négatif. Ce n’est pas la preuve que le synth FTSE se soit comporté différemment par nature ; cela reflète le fait que

le FTSE 100 n'a que très peu dérivé au cours des 30 jours suivant le gel, de sorte que le synth fixé et l'indice sont restés proches par coïncidence de calendrier. Le même schéma appliqué à une fenêtre durant laquelle l'indice aurait davantage bougé aurait retrouvé une rupture positive. Le résultat constitue donc un énoncé sur la trajectoire d'après-gel du sous-jacent, et non sur le mécanisme de dépréciation, lequel était identique pour les quatre synth.

Contrastes entre métaux et entre régions. Les deux métaux forment une coupe transversale naturelle partageant un calendrier de séance et une dépréciation identiques : tous deux rompent au gel, l'effet de l'argent valant environ trois fois celui de l'or, à l'image du plus grand déplacement d'après-gel de l'argent et de son suivi intrajournalier plus lâche (section 3). Les deux indices forment une coupe transversale entre régions aux heures de cotation non chevauchantes : seul le Nikkei présente la rupture sur cette fenêtre particulière, là encore une conséquence de l'ampleur du déplacement d'après-gel de chaque indice plutôt que de leur structure de séance différente. Dans les deux contrastes, la leçon est la même – le gel est un mécanisme uniforme dont l'impact réalisé sur l'erreur de suivi est fonction du déplacement ultérieur du sous-jacent.

11 Constats et limites

F1 — L'oracle a suivi son sous-jacent de manière quasi parfaite. Sur la fenêtre de cotation active de chaque synth, l'oracle Chainlink a reproduit la référence TradFi indépendante à 10–33 points de base de RMSE journalier près, avec une corrélation supérieure à 0,998 et un biais économiquement nul (section 3, figure 1). Quel que soit le risque porté par ces produits, ce n'était pas un défaut de suivi quotidien du sous-jacent.

F2 — Le risque contraignant était le gel discret de Wezen. L'unique événement ayant rompu le lien entre les synth et leurs sous-jacents fut la dépréciation SIP-169, et non un stress de marché. Une approche en différences de différences (DiD), à tendances parallèles vérifiées, met en évidence un saut important et hautement significatif de l'erreur de suivi au gel pour s_{XAU} (+1,9 pp), s_{XAG} (+5,4 pp) et s_{NIKKEI} (+5,0 pp), et aucun effet significatif pour s_{FTSE} uniquement parce que le FTSE 100 s'est trouvé peu dériver sur le mois suivant le gel (section 10, figure 4). Le depeg est ici un acte de gouvernance à conséquence déterministe.

F3 — L'erreur de suivi résiduelle est pilotée par la session, non par un oracle obsolète. L'erreur de suivi journalière est imprévisible à partir des covariables structurelles contemporaines ($R^2 < 1\%$, aucun facteur significatif), c'est-à-dire un bruit de cadence d'oracle autour de zéro. Mesurée par rapport au dernier cours de clôture de fin de journée, $|TE|$ est maximale durant la session de cotation propre au sous-jacent et minimale les week-ends et heures de fermeture (section 5, figure 2) — l'oracle actif s'écartant d'une référence journalière obsolète, l'inverse d'une défaillance par oracle obsolète.

F4 — Le flottant était négligeable. Il n'existait aucune place de marché DEX de taille significative ; la seule place est le chemin de l'oracle. Au cliché Wezen, l'intégralité du flottant s_{FTSE} se rachetait pour environ 517 388 dollars et s_{NIKKEI} pour environ 703 dollars, les métaux se situant de l'ordre de la dizaine de milliers (section 7). L'enjeu économique était immatériel — lui-même un constat sur l'adéquation du produit au marché.

F5 — La persistance de la volatilité de l'oracle est spécifique à l'actif. La volatilité conditionnelle de l'oracle de l'or est quasi intégrée sous chaque ajustement de la famille GARCH (GARCH(1,1) $\alpha + \beta = 0,99$, GJR $\alpha + \beta + \gamma/2 \approx 1,00$, EGARCH $\beta = 0,96$), la signature à mémoire longue de type matière première, tandis que celle de l'oracle du FTSE est nettement moins persistante sous les trois spécifications (GARCH(1,1) 0,73, GJR 0,74, EGARCH $\beta = 0,58$)

(section 4). Les paires oracle-référence sont cointégrées pour les quatre synths, et il n'existe aucune relation avance-retard robuste inter-métaux ou inter-régions dans l'erreur de suivi (section 8) ; l'épisode du squeeze sur l'argent n'a laissé aucune trace mesurable sur **sXAG** (section 9).

Limites connues

- **Granularité journalière.** La référence indépendante est un cours de clôture de fin de journée, de sorte que l'erreur de suivi n'est identifiée qu'au niveau journalier ; l'erreur de suivi intrajournalière n'est pas récupérable à partir du jeu de données.
- **Fenêtre active.** L'analyse est restreinte à la fenêtre [cotation, Wezen] de chaque synth. Après le gel, le synth ne suit plus ; la période post-gel n'est traitée que comme l'expérience de dépréciation de la section 10.
- **Actifs de couverture seulement.** **sNIKKEI** était mort-né (un flottant inférieur à 1 000 dollars) et n'est conservé que par souci de complétude méthodologique plutôt que pour sa pertinence économique.
- **Détail structurel.** Les clichés de rachat par synth sont détaillés pour les indices ; les clichés des matières premières ne sont pas ventilés, bien que le mécanisme de rachat soit identique.

Implications pour le monitoring en production

- Pour les synths suivis par oracle, surveiller les *actions de dépréciation et de gouvernance*, et non l'ancrage intrajournalier : l'ancrage a tenu jusqu'à ce que le protocole le rompe.
- Dimensionner l'exposition post-gel par le déplacement attendu du sous-jacent, qui est ce qui convertit un pin en perte réalisée.
- Suivre la cadence de mise à jour de l'oracle comme la friction opérationnelle ; pour cette cohorte, l'écart inter-mises à jour moyen s'étalait de 23 minutes (argent) à environ une heure (or), s'élargissant à une journée entière le week-end.
- Utiliser un modèle de volatilité par flux conscient de la persistance : une spécification unique ne convient pas à la fois à un flux métal quasi intégré et à un flux indiciel moins persistant.

Références

- BOLLERSLEV, Tim (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity". In : *Journal of Econometrics* 31.3, p. 307-327.
- ENGLE, Robert F. et C. W. J. GRANGER (1987). "Co-integration and Error Correction : Representation, Estimation, and Testing". In : *Econometrica* 55.2, p. 251-276.
- GLOSTEN, Lawrence R., Ravi JAGANNATHAN et David E. RUNKLE (1993). "On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks". In : *Journal of Finance* 48.5, p. 1779-1801.
- NELSON, Daniel B. (1991). "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns : A New Approach". In : *Econometrica* 59.2, p. 347-370.