

Sous-rapport cohorte Synthetix crypto

Erreur de suivi des synths adossés crypto, 2020–2026

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	6
4	Décomposition de niveau 1	10
4.1	Régression de base de la TE	10
4.2	Où réside la variance	11
4.3	GARCH sur le processus de déviation de peg du DEX	11
5	Analyse temporelle de niveau 2	12
6	Venues et frictions	14
7	Pilotes structurels	16
8	Causalité et cointégration	18
9	Études de cas	19
10	Expériences naturelles	22
11	Constats et limites	23

1 Résumé exécutif

Le constat principal. Pour la cohorte crypto de Synthetix V2, l’oracle on-chain Chainlink n’était *pas* la source du risque. Pour les sept majors actives, l’oracle a suivi le spot des échanges centralisés (CEX) de manière extrêmement serrée sur 2020–2026, avec une erreur de suivi quadratique moyenne journalière comprise entre 0,20% et 0,57% et une corrélation oracle-référence supérieure ou égale à 0,99994 pour chaque nom (0,99999 pour **sBTC** et **sETH**). Le véritable écart à l’ancrage ne résidait pas sur le rail de l’oracle mais sur la *venue secondaire* DEX on-chain. Tant que les pools Curve et Velodrome étaient liquides (approximativement 2020–2023), les ratios **sETH**/ETH et **sBTC**/wBTC se maintenaient près de 1,0 ; à partir d’environ 2024 ils ont décroché — dérivant vers 0,5 à 0,6× — à mesure que les synths étaient dépréciés et que la liquidité se vidait des pools. Il s’agit d’une extinction de venue/liquidité, et non d’une défaillance d’oracle : l’oracle est resté conforme à sa spécification tout du long. La cohorte illustre donc un mécanisme de désancrage orthogonal à tout récit de fidélité de l’oracle — la fidélité était excellente et la perte d’ancrage était une caractéristique d’un marché secondaire mourant.

La cohorte. La cohorte purement crypto couvre sept majors actives cotées à la fois sur Ethereum L1 (Synthetix V2) et Optimism V2 — **sETH**, **sBTC**, **sLINK**, **sAAVE**, **sUNI**, **sADA** et **sDOT** — ainsi que trois noms exclusifs à Optimism (**sSOL**, **sMATIC**, **sAVAX**), le **snxETH** V3 sur Optimism, et une longue traîne figée par Wezen (**sBNB**, **sXRP**, **sLTC**, **sETC**, **sTRX**, **sXMR**, **sREN**, **sXTZ**) ainsi que deux indices (**sDEFI**, **sCEX**). Un point du modèle de données est structurant : un synth crypto Synthetix V2 ne dispose pas de flux d’oracle propre — il se valorise contre l’**AggregatorProxy** Chainlink de l’actif *sous-jacent* (le flux L1 ETH/BTC/...). Les synths Optimism V2 réutilisent le même flux L1, de sorte que leurs lignes d’oracle sont identiques à L1. Nous comparons cet oracle à deux séries supplémentaires : une référence CEX (spot Binance, barres d’une minute) pour la mesure de l’erreur de suivi, et — lorsqu’il existe — le prix réel du pool DEX on-chain pour la venue telle que traitée. La série DEX n’est disponible que pour **sETH** (Curve **sETH**/ETH sur L1) et **sBTC** (Curve sur L1 et Optimism), et il s’agit d’un *ratio* au sous-jacent ($\approx 1,0$ à l’ancrage parfait), et non d’un prix en USD.

Les limites des données sont honnêtes. La cohorte est hétérogène et le modèle de données fondé sur l’oracle du sous-jacent impose de réelles lacunes de couverture. Des flux Chainlink L1 existent pour les sept majors (et **SNX**), mais *pas* pour les noms de la longue traîne (**sBNB**, **sXRP**, **sLTC**, **sETC**, **sTRX**, **sXMR**, **sREN**, **sXTZ**) ni pour les noms exclusifs à Optimism (**sSOL**, **sMATIC**, **sAVAX**) ; les deux indices n’ont pas de sous-jacent unique. Comme la mesure de l’erreur de suivi requiert une paire oracle-contre-CEX, ces noms ne sont tout simplement pas estimables ici — une limite de données, et non un résultat nul. Deux des sept majors ont des fenêtres d’oracle tronquées : le flux **sADA** se termine en 2024-06 et **sDOT** en 2024-03, tandis que les autres courent jusqu’en 2026-05. Plusieurs briques employées ailleurs dans ce rapport ne s’appliquent pas : il n’y a ni perpétuel ni jambe de financement dans le périmètre, et — s’agissant d’un marché 24/7 — aucune structure de session TradFi, seulement une grille heure UTC × jour de la semaine.

Le suivi de l’oracle était excellent. L’erreur de suivi log journalière de l’oracle contre le spot CEX, sur la fenêtre complète de chaque major, est résumée dans le tableau 1. **sBTC** et **sETH** sont les plus serrés à 0,20% et 0,23% de RMSE avec une corrélation 0,99999 ; les majors restantes se regroupent entre 0,44% et 0,57% avec une corrélation supérieure ou égale à 0,99994. La RMSE roulante 30/90/365 jours de **sETH** culmine autour de 0,35% en 2020–21, décline à environ 0,12% en 2023–24, et remonte vers $\approx 0,21\%$ en 2025–26 — toujours en dessous de 0,5%. L’analyse lead-lag constate que l’oracle évolue de manière contemporaine avec le CEX (corrélation maximale 0,9999 au lag 0) : il n’y a pas d’avance exploitable. La figure 1 trace directement la RMSE par major et rend l’ordre de grandeur évident — l’oracle a été, tout du long, une copie

fidèle du spot sous-jacent.

TABLE 1 – Erreur de suivi journalière principale : oracle contre spot CEX (Binance), fenêtre complète par synth. L’oracle **sADA** se termine en 2024-06, **sDOT** en 2024-03.

Synth	RMSE	Corr.
sBTC	0,20 %	0,99999
sETH	0,23 %	0,99999
sLINK	0,44 %	0,99994
sUNI	0,46 %	0,99996
sAAVE	0,46 %	0,99995
sADA	0,54 %	0,99995
sDOT	0,57 %	0,99994

La venue secondaire DEX fut le véritable écart. Contre le pool on-chain tel que traité, le tableau est entièrement différent, et il relève d’un récit de venue/liquidité. Tant que les pools Curve et Velodrome portaient une profondeur réelle (2020–2023) l’ancrage tenait serré : **sETH/ETH** et **sBTC/wBTC** se tenaient à $\approx 1,0$ avec seulement des pics de pool peu profond. À partir d’environ 2024 les ratios ont décroché à mesure que les synths étaient mis en extinction et que la liquidité se vidait — **sETH/ETH** tombant vers $\approx 0,5$ mi-2024 (le pool L1 s’amincit après 2024-08), **sBTC/wBTC** sur L1 à $\approx 0,6$ fin 2024, et le pool **sBTC/wBTC** d’Optimism se détériorant sur 2025–26 jusqu’à $\approx 0,6$ avec des oscillations violentes. Sur l’ensemble de la fenêtre, les amplitudes de déviation de peg sont **sETH** 0,57% de MAE (biais +0,38%), **sBTC** L1 1,1% de MAE (biais +0,11%) et **sBTC** Optimism 6,3% de MAE (une décote de pool persistante de −6,2%). La gouvernance a piloté le décrochement — le gel Wezen (SIP-169) avait figé la longue traîne en 2021, et SCCP-2124 a désactivé **sETH** sur L1 en 2024-07. La figure 4 montre les deux pegs tenant jusqu’en 2023 et décrochant à partir de 2024. Le lead-lag DEX-contre-CEX est faible ou négatif, cohérent avec un bruit de pool peu profond plutôt qu’avec une découverte de prix.

Les événements de stress n’ont quasiment pas touché l’oracle. Un dispositif de différences de différences (DiD) autour des principaux événements de stress crypto (± 30 jours, contre un contrôle **sUSD**) confirme la robustesse de l’oracle. Le krach de mai 2021 a produit des sursauts significatifs mais faibles — **sBTC** +1,29% ($t = 8,0$), **sETH** +1,28% ($t = 6,9$), **sLINK** +1,49% ($t = 6,8$), avec des tendances parallèles satisfaites — et l’effondrement de FTX un plus modeste (**sLINK** +0,38%, $t = 2,7$; les estimations **sBTC/sETH** sont significatives mais échouent au test de tendances parallèles et doivent être lues avec prudence). Terra (2022-05) et SVB (2023-03) ont été nuls et non significatifs; le Black Thursday (2020-03) est antérieur aux données d’oracle de ces synths et n’est véritablement pas estimable. Même dans les pires krachs, l’oracle Chainlink a maintenu son ancrage au CEX à environ 1,5% près — un élargissement lié à la cadence de l’oracle sous volatilité extrême, et non une 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 rail de l’oracle est resté propre tout du long, et la seule véritable perte d’ancrage est survenue sur une venue secondaire dépréciée une fois sa liquidité disparue. Les implications consolidées sont développées en Section 11.

2 Caractérisation du jeu de données

Cette cohorte rassemble les synthétiques *crypto* Synthetix V2 — les synths dont le sous-jacent est un actif numérique plutôt qu’une action cotée, une matière première ou un indice — ainsi que leur unique successeur V3 sur Optimism. Contrairement à la cohorte actions, qui a vécu

et disparu à l'intérieur d'une fenêtre de cinq mois, les synths crypto couvrent l'intégralité du cycle de vie de Synthetix, depuis le lancement précoce sur L1 en 2020 jusqu'à l'extinction de 2024–2026, et ils se répartissent en quatre familles de cycle de vie distinctes. La première est celle des **majors actifs** : **sETH**, **sBTC**, **sLINK**, **sAAVE**, **sUNI**, **sADA** et **sDOT**, chacun déployé à la fois sur Ethereum L1 (V2) et sur Optimism (V2) et actif sur l'essentiel de la fenêtre. La deuxième est celle des **majors uniquement Optimism** **sSOL**, **sMATIC** et **sAVAX**, qui n'ont été mintés que sous OP V2 et n'ont jamais porté de feed de sous-jacent sur L1. La troisième est l'unique **successeur V3** **snxETH**, lancé sur Optimism le 2023-08-30, dont la source d'oracle est le flux pull Pyth d'Optimism plutôt que le flux push Chainlink de L1. La quatrième est la **longue traîne gelée par Wezen** — **sBNB**, **sXRP**, **sLTC**, **sETC**, **sTRX**, **sXMR**, **sREN**, **sXTZ** sur L1 V2, gelés ensemble lors de la mise en production Wezen (SIP-169) le 2021-09-16 — et les deux paniers gelés **sDEFI** et **sCEX**, qui n'ont pas de sous-jacent unique. Les synths inverses et les matières premières synthétiques **sXAU/sXAG** sont exclus ici ; ils font l'objet de leurs propres rapports.

Trois séries de prix, et le modèle de données oracle-de-sous-jacent. Pour chaque synth, le jeu de données peut contenir jusqu'à trois séries : (a) l'*oracle on-chain*, le prix que Synthetix consommait au moment du mint et du burn ; (b) la *référence CEX*, le mid spot Binance pour le même actif, en barres d'une minute couvrant 2019–2026 ; et (c) un *véritable lieu d'échange DEX on-chain*, le pool Curve ou Velodrome qui a échangé le synth contre son sous-jacent. La série d'oracle exige une note explicite de modèle de données, car les synths crypto Synthetix V2 ne maintiennent *pas* de flux de prix dédié qui leur soit propre. Ils sont valorisés directement contre l'**AggregatorProxy** Chainlink de l'*actif sous-jacent* : **sETH** lit le flux canonique ETH/USD, **sBTC** le flux BTC/USD, et ainsi de suite. Une conséquence directe est que le synth Optimism V2 réutilise le *même* flux Chainlink L1 que son frère L1 — les deux lignes sont donc identiques et sont étiquetées ensemble sous une unique chaîne d'oracle (`oracle_chain = ethereum.v1`). Ce que nous appelons l'« oracle » d'un synth est ainsi le flux Chainlink L1 sous-jacent, et la comparaison oracle-versus-CEX de la Section 3 est un test de la fidélité avec laquelle ce flux sous-jacent — tel que Synthetix le consommait réellement — a suivi le marché spot off-chain, et non une tautologie.

La matrice de couverture d'oracle. Les flux Chainlink L1 sous-jacents sont présents pour les sept majors actifs — eth, btc, link, aave, uni, ada et dot — plus SNX lui-même (utilisé comme prix du collatéral dans la Section 4) et les flux Pyth Optimism V3 pour eth, btc et snx. Il n'existe *aucun* flux de sous-jacent L1 pour les noms de la longue traîne gelée (bnb, xrp, ltc, etc, trx, xmr, ren, xtz) ni pour les majors uniquement Optimism (sol, matic, avax) : ces synths étaient valorisés contre des flux que nous ne détenons pas on-chain sous une forme utilisable, de sorte qu'ils ont une série CEX mais pas de série d'oracle. Deux des sept majors portent des fenêtres d'oracle tronquées : le flux **sADA** se termine en 2024-06 et le flux **sDOT** se termine en 2024-03 (tous deux étiquetés `window = truncated`), reflétant l'interruption de leurs flux on-chain ; les cinq majors restants courent jusqu'en 2026-05. Les deux paniers gelés **sDEFI** et **sCEX** n'ont pas de sous-jacent unique et donc aucune paire oracle-versus-CEX du tout.

La série DEX est un ratio de peg, pas un prix en USD. Un véritable lieu d'échange on-chain n'existe que pour deux des synths. **sETH** a été échangé contre ETH dans un pool Curve sur L1, et **sBTC** a été échangé contre wBTC dans des pools Curve à la fois sur L1 et sur Optimism ; aucun autre synth de la cohorte n'a de pool on-chain utilisable. De manière cruciale, la série DEX n'est *pas* un prix en USD : c'est le *ratio* d'échange du pool entre le synth et son sous-jacent, de sorte qu'une valeur de 1,0 signifie un peg on-chain parfait et que tout écart mesure de combien le synth s'est échangé par rapport à une unité du sous-jacent. Cela fait de la série DEX un instrument de déviation de peg plutôt qu'un second oracle, et elle est lue comme telle

partout : la Section 3 sépare la question de la *fidélité de l'oracle* (le flux sous-jacent suit-il le CEX ?) de la question distincte du *peg de la venue* (le pool on-chain tient-il 1,0 ?). Les comptes de swaps sont matériels : 13 900 swaps sETH/ETH sur L1 (2020-12 à 2025-03), 5 400 swaps sBTC/wBTC sur L1, et 17 700 swaps sBTC/wBTC sur Optimism (2023-07 à 2026-04).

Un marché 24h/24 et 7j/7 sans structure de séance TradFi. Parce que les sous-jacents sont des actifs crypto, l'oracle, la référence CEX et le pool DEX s'échangent tous en continu. Il n'y a pas de cloche d'ouverture, pas de gap overnight et pas d'asymétrie de bucket de séance du type de celle qui structurerait la cohorte actions ; la seule structure calendaire disponible est l'heure UTC du jour croisée avec le jour de la semaine, ce que la Section 5 exploite. La référence CEX se résout à la minute et l'oracle se met à jour à sa propre cadence Chainlink, de sorte que l'erreur de suivi oracle-versus-CEX est identifiée à granularité horaire à quotidienne sur des dizaines de milliers d'observations appariées par major — un panel bien plus dense que la centaine de clôtures quotidiennes environ que la cohorte actions pouvait rassembler. La Table 2 résume quelle série existe pour chaque synth.

TABLE 2 – Couverture des séries par synth. L'*oracle* est le flux **AggregatorProxy** Chainlink de l'actif sous-jacent tel que consommé par Synthetix V2 (OP V2 réutilise le flux L1 identique) ; la référence *CEX* est le spot Binance ; le lieu *DEX* est le pool Curve/Velodrome synth-versus-sous-jacent, rapporté comme un ratio de peg à 1,0. Une coche dénote une série utilisable ; « – » dénote l'absence.

Synth	Famille	Chaînes	Oracle	CEX	DEX
sETH	major actif	L1 + OP	✓	✓	✓(L1)
sBTC	major actif	L1 + OP	✓	✓	✓(L1+OP)
sLINK	major actif	L1 + OP	✓	✓	–
sAAVE	major actif	L1 + OP	✓	✓	–
sUNI	major actif	L1 + OP	✓	✓	–
sADA	major actif	L1 + OP	✓ (fin 2024-06)	✓	–
sDOT	major actif	L1 + OP	✓ (fin 2024-03)	✓	–
sSOL	major OP uniquement	OP	–	✓	–
sMATIC	major OP uniquement	OP	–	✓	–
sAVAX	major OP uniquement	OP	–	✓	–
snxETH	successeur V3	OP (V3)	✓ (Pyth)	✓	–
sBNB	longue traîne gelée	L1	–	✓	–
sXRP	longue traîne gelée	L1	–	✓	–
sLTC	longue traîne gelée	L1	–	✓	–
sETC	longue traîne gelée	L1	–	✓	–
sTRX	longue traîne gelée	L1	–	✓	–
sXMR	longue traîne gelée	L1	–	✓	–
sREN	longue traîne gelée	L1	–	✓	–
sXTZ	longue traîne gelée	L1	–	✓	–
sDEFI	indice gelé	L1	–	–	–
sCEX	indice gelé	L1	–	–	–

Paliers de périmètre analysable. La matrice de couverture partitionne la cohorte en trois paliers de force probante, et chaque chapitre en aval hérite de cette partition. **Le palier A — fidélité de l'oracle — couvre les sept majors actifs**, pour lesquels une paire propre Chainlink-sous-jacent-versus-Binance existe et où le résultat principal d'erreur de suivi de la Section 3 est identifié. **Le palier B — peg de la venue et dynamique — couvre sETH et sBTC uniquement**, les deux synth dotés d'un pool on-chain : ils portent l'analyse du ratio de peg DEX, les modèles de volatilité de la famille GARCH de la série de déviation de peg

dans la Section 4, et ils ancrent les travaux structurels et de causalité des Sections 7 et 8. **Le palier C — le reste à données limitées — couvre les majors uniquement Optimism, la longue traîne gelée et les deux indices** : ils ont une série CEX mais pas d’oracle on-chain auquel la comparer, de sorte qu’une erreur de suivi au niveau du synth n’est véritablement pas estimable pour eux. Il s’agit d’une limite de données honnête, et non d’un résultat nul : l’expérience multi-actifs Wezen de la Section 10 rapporte la longue traîne et les indices comme non applicables pour exactement cette raison, tandis que les troncatures d’oracle **sADA** et **sDOT** sont signalées comme des expériences naturelles d’interruption de feed traitables pour des travaux futurs. Chaque affirmation de fidélité au niveau du synth dans ce rapport concerne donc le palier A ; chaque affirmation de venue et de volatilité concerne le palier B ; le reste de la cohorte est conservé par souci de complétude et de contexte de cycle de vie, et non pour une inférence de suivi d’oracle.

3 Erreur de suivi multi-références

Ce chapitre caractérise la fidélité avec laquelle les sept majors crypto en vie — **sETH**, **sBTC**, **sLINK**, **sAAVE**, **sUNI**, **sADA**, **sDOT** — ont suivi leurs actifs sous-jacents sur l’ensemble de la fenêtre de vie 2019–2026. Contrairement à un synth TradFi, un synth crypto Synthetix V2 ne porte pas son propre oracle : il est minté et burné contre l’AggregatorProxy Chainlink de l’actif sous-jacent, de sorte que le prix de référence du synth *est* le flux Chainlink L1 du sous-jacent (et le déploiement Optimism V2 réutilise exactement ce même flux L1, ce qui explique que les lignes L1 et Optimism coïncident). Chaque major admet donc deux séries universellement disponibles et, pour deux noms seulement, une troisième. Le prix on-chain est le flux Chainlink, échantillonné tel que traité. La référence indépendante est le spot Binance (barres 1 minute, 2019–2026), une construction véritablement indépendante de la même grandeur économique, de sorte que sa concordance avec l’oracle mesure la fidélité du chemin oracle plutôt qu’une auto-comparaison tautologique. Une troisième série n’existe que pour **sETH** (le pool Curve sETH/ETH sur L1) et **sBTC** (Curve sur L1 et sur Optimism), et il ne s’agit pas du tout d’un prix en USD mais du *ratio* on-chain du pool au sous-jacent — une valeur proche de 1,0 lorsque le synth tient son peg. Les deux vues racontent, comme nous le verrons, deux histoires entièrement différentes.

Définition. L’erreur de suivi contre la référence est la différence journalière de log-prix $\ell_t = \log p_{\text{oracle}}(t) - \log p_{\text{CEX}}(t)$, 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. La référence crypto se négocie 24/7, de sorte que — contrairement à la cohorte actions — l’erreur de suivi est identifiée sur le même calendrier UTC continu d’un bout à l’autre, sans clôture de marché cash sur laquelle se rebaser.

Le chemin oracle a été excellent sur toute la coupe transversale. Le résultat principal est que, au jour le jour, l’oracle Chainlink on-chain a suivi son sous-jacent de façon extrêmement serrée pour chaque major. Le Tableau 3 rapporte une RMSE comprise entre 0,20 % (**sBTC**) et 0,57 % (**sDOT**), toutes avec une corrélation égale ou supérieure à 0,99994, les deux noms les plus profonds, **sBTC** et **sETH**, atteignant 0,99999. La bande est étroite et l’ordonnancement est intuitif : les actifs les plus liquides et les plus densément alimentés (BTC, ETH) se tiennent au plus serré, et les majors de plus petite capitalisation s’élargissent modestement. Deux noms, **sADA** et **sDOT**, sont estimés sur une fenêtre plus courte car leur flux on-chain a été interrompu (**sADA** en 2024-06, **sDOT** en 2024-03) ; leurs chiffres sont calculés sur la fenêtre disponible antérieure à l’interruption et se lisent sur le même pied que les autres. Sur l’ensemble de la cohorte, il n’y a ni décalage

constant ni dérive systématique — l’oracle est, à un demi-pour cent près, une copie fidèle du sous-jacent.

TABLE 3 – Métriques scalaires d’erreur de suivi, oracle Chainlink on-chain vs. référence spot Binance, différences journalières de log-prix sur la fenêtre de vie. RMSE et MAE se lisent comme des fractions ; corrélation comme le r de Pearson. Les sept majors maintiennent une RMSE sous le pour cent et une corrélation égale ou supérieure à 0,99994 ; les deux noms les plus profonds atteignent 0,99999. **sADA** et **sDOT** sont calculés sur leur fenêtre antérieure à l’interruption (oracle s’achevant respectivement le 2024-06 et le 2024-03). Les lignes Optimism V2 sont identiques à L1 par construction — le déploiement réutilise le même flux Chainlink L1 — et ne sont pas répétées ici.

Synth	RMSE	MAE	Corr.	Fenêtre
sBTC	0,0020	0,0013	0,99999	complète
sETH	0,0023	0,0015	0,99999	complète
sLINK	0,0044	0,0033	0,99994	complète
sUNI	0,0046	0,0034	0,99996	complète
sAAVE	0,0046	0,0035	0,99995	complète
sADA	0,0054	0,0040	0,99995	oracle s’achève le 2024-06
sDOT	0,0057	0,0043	0,99994	oracle s’achève le 2024-03

Lecture de la coupe transversale. Les sept majors occupent une bande exceptionnellement étroite — RMSE 0,20–0,57 %, corrélation 0,99994–0,99999 — **sBTC** et **sETH** étant effectivement indiscernables d’une copie parfaite. L’élargissement des noms profonds vers les majors de plus petite capitalisation est de quelques dixièmes de pour cent et est cohérent avec la cadence oracle plus bruitée de flux moins densément mis à jour plutôt qu’avec une quelconque mauvaise valorisation structurelle. De façon décisive, l’oracle bouge avec la référence de façon *contemporaine* : la corrélation lead-lag oracle-vs-CEX culmine au lag 0 (corr 0,9999 pour **sETH**), de sorte que le flux on-chain ne précède ni ne suit le marché centralisé dans l’heure — il n’existe aucun coin exploitable à négocier. La Figure 1 trace la barre de RMSE sur les sept majors et rend la bande étroite visible d’un coup d’œil.

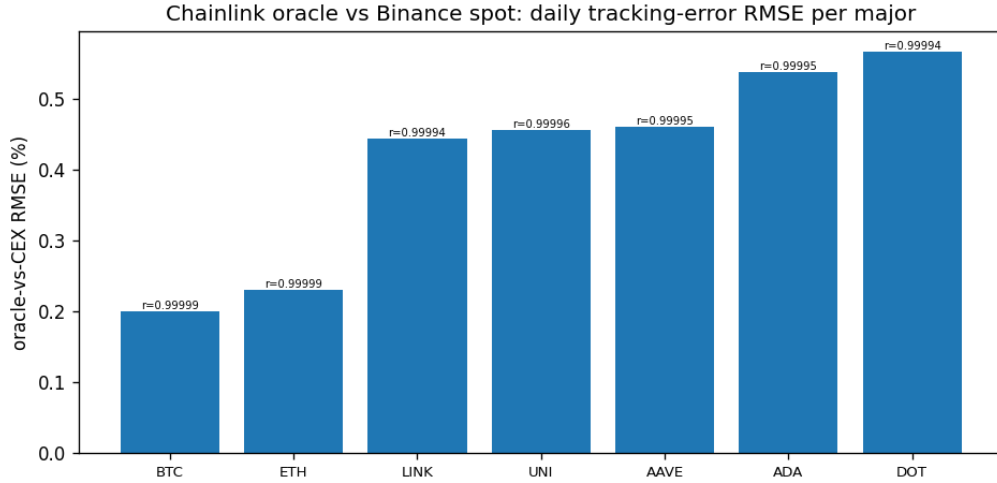


FIGURE 1 – RMSE oracle-vs-CEX par major crypto sur la fenêtre de vie, avec la corrélation niveau-niveau annotée. **sBTC** (0,20 %) et **sETH** (0,23 %) se tiennent au plus serré à une corrélation de 0,99999; les majors de plus petite capitalisation s’élargissent jusqu’à **sDOT** (0,57 %) mais restent sous le pour cent et au-dessus de 0,99994 d’un bout à l’autre. La cohorte ne s’écarte jamais de la fidélité de l’oracle de plus d’un demi-pour cent en RMSE.

L’oracle a tenu à travers six années de changement de régime. L’instantané transversal dissimule une longue histoire, et cette histoire est elle-même rassurante. La Figure 2 trace la RMSE glissante à 30/90/365 jours de l’oracle **sETH** contre CEX de 2020 à 2026. Elle débute à son niveau le plus lâche de la cohorte — autour de 0,35 % durant le régime de hausse et krach 2020–2021, lorsque les mises à jour de l’oracle étaient plus clairsemées et la volatilité réalisée de la crypto à son plus haut — puis décline régulièrement à mesure que la cadence de mise à jour de Chainlink se resserrait, atteignant son point bas près de 0,12 % sur 2023–2024, avant de se restabiliser autour de 0,21 % sur 2025–2026 à mesure que le synth était mis en extinction et que l’activité du flux s’amenuisait. À aucun moment sur six ans la RMSE glissante ne franchit 0,5 %. La trajectoire est celle d’un oracle qui a commencé bon et s’est amélioré, puis a plafonné durant la dépréciation — jamais une rupture, même à travers le krach de mai 2021 et l’effondrement de FTX marqués sur la figure.

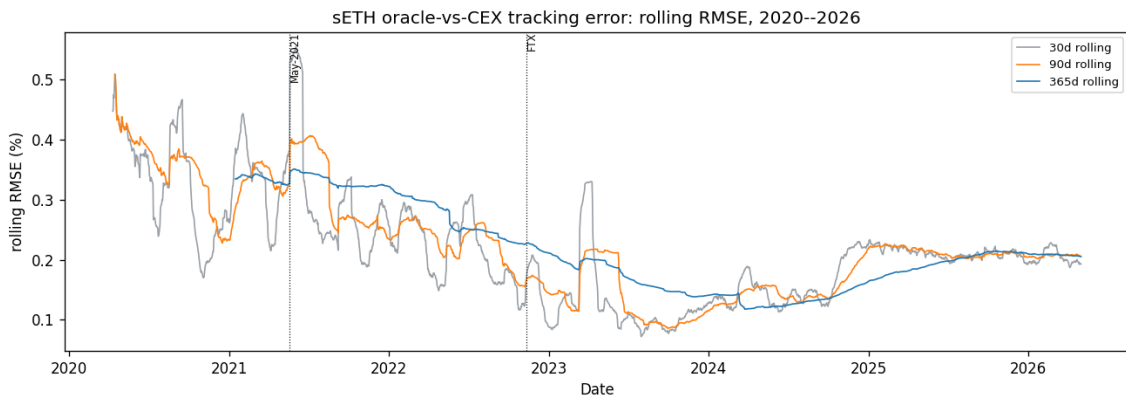


FIGURE 2 – RMSE glissante oracle-vs-CEX de **sETH** (30/90/365 jours) sur 2020–2026. L’erreur débute près de 0,35 % dans le régime de forte volatilité 2020–2021, se resserre à ~0,12 % sur 2023–2024 à mesure que la cadence du flux s’améliorait, et se stabilise près de 0,21 % durant l’extinction 2025–2026; elle ne franchit jamais 0,5 %. Le krach de mai 2021 et l’effondrement de FTX (pointillés) ne laissent que des élargissements modestes et transitoires.

Le peg DEX raconte une histoire différente — une histoire de venue, pas une histoire d’oracle. Pour les deux noms dotés d’un venue on-chain, une seconde métrique est disponible, et elle doit être lue selon ses propres termes. La série DEX est le ratio de pool Curve/Velodrome du synth à son sous-jacent (**sETH/ETH**, **sBTC/wBTC**) ; ce n’est *pas* une comparaison en USD et ce n’est *pas* une mesure d’oracle. Une valeur de 1,0 est un peg parfait ; l’écart à 1,0 mesure de combien le prix marginal de la venue secondaire a dérivé du pair. Nous la résumons comme l’écart en log-ratio à 1,0 après une garde $[0.5, 2.0] \times$ -médiane destinée à supprimer les ticks de pool peu profond. Les statistiques sur l’ensemble de la fenêtre du Tableau 4 sont d’un ordre de grandeur supérieures à l’erreur de suivi oracle : **sETH** MAE 0,57 % (biais +0,38 %), **sBTC** sur L1 MAE 1,1 % (biais +0,11 %), et **sBTC** sur Optimism MAE 6,3 % avec un biais *négatif* persistant de −6,2 % — une décote structurelle dans le pool Optimism. Le lead-lag dex-vs-CEX est faible et même négatif (−0,38 au lag 0 pour **sBTC**, −0,16 au lag 48 pour **sETH**), la signature d’un bruit de pool peu profond plutôt que d’une découverte de prix.

TABLE 4 – Métriques de déviation de peg DEX on-chain : log-ratio du prix de pool au sous-jacent relatif au peg de 1,0, sur l’ensemble de la fenêtre, après une garde $[0.5, 2.0] \times$ -médiane. MAE et biais se lisent comme des fractions. Les déviations DEX sont d’un ordre de grandeur supérieures à l’erreur de suivi oracle du Tableau 3 — elles mesurent le décrochement de liquidité de la venue secondaire, et non une dérive de l’oracle. Seuls **sETH** et **sBTC** portaient un venue on-chain ; les autres majors n’avaient pas de pool liquide.

Synth	Venue	MAE	Biais
sETH	Curve (L1)	0,0057	+0,0038
sBTC	Curve (L1)	0,011	+0,0011
sBTC	Curve (Optimism)	0,063	−0,062

Le peg a tenu tant que les pools étaient liquides, puis s’est découlé à la dépréciation.

Le profil temporel est décisif pour séparer les deux histoires. La Figure 4 trace les ratios de pool sur l’ensemble de la fenêtre. Tant que les venues étaient liquides — environ de 2020 à 2023 — **sETH/ETH** comme **sBTC/wBTC** se tenaient à $\sim 1,0$ avec seulement des pics de pool peu profond, un peg serré. À partir d’environ 2024, les pegs se découlent à mesure que les synths sont dépréciés et que la liquidité se vide des pools Curve et Velodrome : **sETH/ETH** chute vers $\sim 0,5$ d’ici mi-2024 (la série Curve L1 s’amenuise après 2024-08, coïncidant avec SCCP-2124 désactivant **sETH** sur L1 en 2024-07), **sBTC/wBTC** sur L1 chute à $\sim 0,6$ d’ici la fin 2024, et le pool Optimism **sBTC** se détériore au fil de 2025–2026 jusqu’à $\sim 0,6$ avec de violentes oscillations. Il s’agit du décrochement de liquidité de la venue secondaire d’une extinction, non d’une défaillance d’oracle : durant toute cette même période l’oracle est resté conforme (la RMSE glissante de la Figure 2 n’a jamais dépassé un demi-pour cent). Le synth était toujours remboursable au prix oracle du protocole ; ce qui s’est dégradé, c’est la profondeur de l’AMM où l’on pouvait le négocier contre le sous-jacent.

Les ratios de peg on-chain sont tracés dans la Figure 4 de la Section 6, où l’histoire de la venue est développée en détail.

Ce que ce chapitre établit et n’établit pas. Deux métriques, deux conclusions. Sur le prix de référence — l’oracle Chainlink que le protocole utilisait pour minter et burner — les majors crypto ont suivi leurs sous-jacents à une RMSE de 0,20–0,57 % près à une corrélation supérieure à 0,99994, de façon contemporaine et sans dérive, sur six ans et chaque grand régime crypto. Sur le venue on-chain secondaire, disponible uniquement pour **sETH** et **sBTC**, le ratio de pool a tenu son peg de 1,0 seulement tant que la liquidité était présente et s’est découlé fortement à partir de 2024 à mesure que les synths étaient mis en extinction — une déviation d’un ordre de grandeur supérieure qui est une propriété de la profondeur de l’AMM, et non de l’oracle. L’oracle et le DEX ne sont donc pas des vues interchangeables de la même grandeur : l’oracle est un

résultat de fidélité, et un excellent, tandis que le peg DEX est un résultat de décrochement de liquidité de l'ère de dépréciation. Les facteurs structurels de l'erreur de suivi de l'oracle sont repris dans la Section 4, la chronologie de la dépréciation dans la Section 7, et les événements de stress discrets dans la Section 9.

4 Décomposition de niveau 1

La couche de niveau 1 pose deux questions, dans l'ordre. Premièrement, l'erreur de suivi journalière entre l'oracle et le CEX peut-elle être attribuée à l'état structurel à évolution lente de la cohorte — volatilité du collatéral, financement du système, gas ? Deuxièmement, une fois admis qu'elle ne le peut pas, où réside réellement la variance de l'erreur de suivi, et le seul objet véritablement volatil de ce système — le peg on-chain DEX des pools sETH/sBTC dépréciés — porte-t-il la signature de regroupement de volatilité qui justifierait un modèle à variance conditionnelle ? Les réponses pointent dans des directions opposées et, comme pour la cohorte d'actions, la plus informative est la négative. La régression de base caractérise ce qu'*est* réellement la TE résiduelle de la Section 3 : un bruit à la cadence de l'oracle dispersé autour de zéro, et non un mauvais prix structurel qu'une covariable pourrait prévoir. La décomposition de la variance situe ensuite la volatilité du côté du collatéral plutôt que sur le peg, et la suite GARCH montre que le peu de dynamique du peg qui existe est quasi intégré et fortement persistant.

4.1 Régression de base de la TE

Trois régresseurs, un structurellement omis. L'ensemble canonique de déterminants de niveau 1 régresse la TE journalière sur quatre covariables structurelles contemporaines : volatilité côté collatéral σ_C (approximée par la volatilité des rendements du collatéral SNX), un levier de financement (le ratio d'émission du système), le gas L1 et la log-liquidité. L'emplacement de log-liquidité est ici omis plutôt que rempli par une valeur fictive. Seuls sETH et sBTC disposent d'un quelconque lieu DEX on-chain, et ces pools Curve/Velodrome étaient minces et se vidaient activement sur l'échantillon (Section 6) ; il n'existe aucune série de liquidité disposant d'un support transversal sur les sept majors. Ce qui subsiste, c'est σ_C , le financement et le gas, ajustés sur les 14 lignes de majors actifs (sept noms $\times$ deux chaînes, les lignes Optimism V2 partageant le flux Chainlink L1 sous-jacent et donc le même chemin d'oracle).

Aucune covariable structurelle n'organise la TE journalière. La régression renvoie un R^2 compris entre 0,0001 et 0,025 sur les 14 lignes — effectivement nul partout. Deux coefficients seulement atteignent ne serait-ce qu'une significativité marginale : β_{σ_C} pour sBTC ($t = 3.5$) et le levier de financement pour sETH et sBTC ($t \approx 2.8$) ; sur tous les autres noms, aucun déterminant ne franchit les seuils conventionnels. Il s'agit d'un résultat négatif honnête, et net. La Section 3 a établi que la TE oracle-contre-CEX se situe entre 0,20 et 0,57 % de RMSE, avec une corrélation supérieure ou égale à 0,99994 pour chaque major. La régression confirme la lecture naturelle de ces chiffres : à l'horizon journalier, l'erreur de suivi n'est pas une fonction de l'état structurel à évolution lente. Le résidu est un bruit de microstructure et de cadence autour de zéro, et non un mauvais prix prévisible. 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, et non dans l'état structurel journalier. Les deux lignes les plus courtes, sADA et sDOT, sont ajustées respectivement sur $n = 482$ et 576 observations journalières, leurs flux d'oracle ayant été interrompus à la mi-2024 et au début de 2024 ; la troncature ne change pas le verdict.

4.2 Où réside la variance

Décomposer l’erreur de suivi en ses trois canaux de rendement. Si la TE journalière est inattribuable à l’état structurel, la question suivante est mécanique : quel processus de rendement domine sa variance ? L’erreur de suivi de sETH est décomposée en trois composantes sur une fenêtre glissante de 30 jours (1276 fenêtres) : σ_C , la volatilité des rendements du collatéral SNX ; σ_S , la volatilité des rendements de déviation de peg du synth sur le DEX ; et σ_P , le résidu de peg oracle-contre-CEX. Le canal du collatéral domine d’un ordre de grandeur — $\sigma_C \approx 0.025$ par jour — contre $\sigma_P \approx 0.005$ et $\sigma_S \approx 0.0026$, le canal synth/peg étant le plus petit des trois (Figure 3). La lecture est cohérente avec la régression de base : l’objet volatil de ce système est le collatéral de garantie, et non le peg ou l’écart de l’oracle. L’oracle reproduit fidèlement le CEX (σ_P faible), les pools DEX dépréciés contribuent peu à la TE journalière en termes de variance même lorsque leur niveau se découple (σ_S le plus petit), et l’essentiel de la variance glissante est porté par le côté collatéral SNX — une propriété de l’actif de garantie plutôt que du peg synthétique.

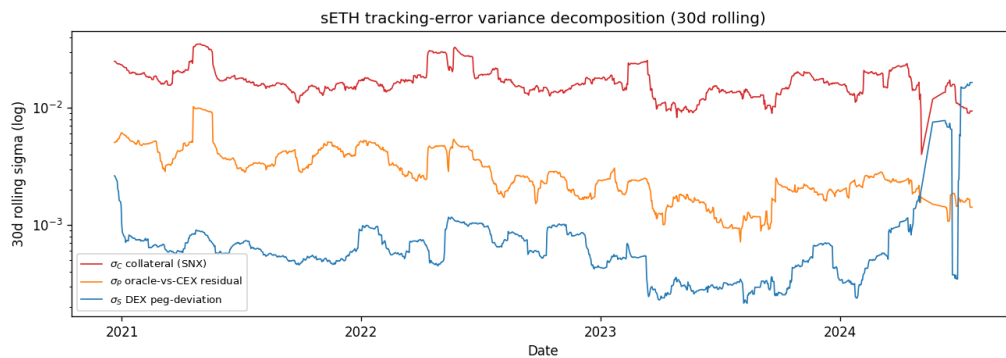


FIGURE 3 – Décomposition glissante sur trente jours de l’erreur de suivi de sETH en ses trois canaux de rendement (échelle logarithmique) : σ_C côté collatéral (rendements SNX), déviation de peg du synth sur le DEX σ_S , et résidu de peg oracle-contre-CEX σ_P . Le canal du collatéral ($\sigma_C \approx 0.025$ /jour) domine tout du long ; le canal de déviation de peg ($\sigma_S \approx 0.0026$) est le plus petit. La variance de l’erreur de suivi est une propriété de l’actif de garantie, et non du peg synthétique.

4.3 GARCH sur le processus de déviation de peg du DEX

Pourquoi modéliser le peg plutôt que l’oracle. Dans la cohorte d’actions, le modèle à variance conditionnelle était ajusté sur le processus de rendement de l’oracle, car aucun lieu DEX ne méritait d’être modélisé. Ici, le choix s’inverse. L’écart oracle-contre-CEX est faible et imprévisible, comme on vient de le montrer ; l’objet véritablement dynamique est le peg on-chain du pool Curve sETH déprécié, dont le log-ratio à ETH dérive et oscille à mesure que la liquidité se vide lors de l’extinction (Section 6). La famille GARCH est donc ajustée sur les rendements de déviation de peg de sETH sur le DEX ($n = 6888$, après un garde-fou $[0.5, 2.0] \times$ -médiane contre les artefacts de pool mince), afin de mesurer la persistance de cette volatilité de peg.

La volatilité du peg est fortement persistante et quasi intégrée. Le Tableau 5 rapporte quatre spécifications. GARCH(1,1) (BOLLERSLEV 1986) renvoie $\alpha = 0,20$, $\beta = 0,78$, une persistance de $\approx 0,98$ — les chocs sur la volatilité de déviation de peg ne se résorbent que très lentement. L’extension GJR-GARCH (GLOSTEN, JAGANNATHAN et RUNKLE 1993) ajoute un terme d’asymétrie ($\alpha = 0,20$, $\gamma = 0,20$, $\beta = 0,68$) mais ne change pas le constat de persistance. L’ajustement EGARCH (NELSON 1991) est le plus frappant : en espace de log-variance $\beta \approx 1,000$, un processus quasi intégré, et c’est la spécification préférée à l’AIC parmi les trois formes fermées (AIC -15613). L’extension Markov-switching à deux régimes, MS-GARCH(2), converge avec

un régime de faible volatilité distinct et constitue le meilleur ajustement global (AIC -16288), confirmant que la volatilité de déviation de peg n'est pas un processus unique et homogène mais alterne entre un régime calme (les années liquides) et un régime turbulent (l'extinction). Les quatre spécifications s'accordent sur l'essentiel : la volatilité du peg est fortement persistante, à la limite de l'intégration.

TABLE 5 – Ajustements de la famille GARCH sur les log-rendements de déviation de peg de sETH sur le DEX ($n = 6888$, après un garde-fou de pool mince $[0.5, 2.0] \times$ -médiane). La colonne de persistance est lue de façon appropriée à chaque modèle ($\alpha + \beta$ pour GARCH(1,1), $\alpha + \beta + \gamma/2$ pour GJR sous innovations symétriques, β pour EGARCH). Les modèles en forme fermée s'accordent sur une persistance de $\approx 0,98$, EGARCH étant quasi intégré et préféré à l'AIC parmi les trois ; le MS-GARCH(2) à deux régimes converge avec un régime de faible volatilité et constitue le meilleur ajustement global. * marque le modèle préféré à l'AIC.

Modèle	Coefficients	Persistance	AIC
GARCH(1,1)	$\alpha = 0,20, \beta = 0,78$	$\approx 0,98$	—
GJR-GARCH	$\alpha = 0,20, \gamma = 0,20, \beta = 0,68$	$\approx 0,98$	—
EGARCH	$\beta \approx 1,000$	quasi intégré	-15613
MS-GARCH(2)*	deux régimes (faible vol + turbulent)	—	-16288

Dynamique de la variance réalisée et interprétation. À titre de vérification complémentaire de la variance réalisée journalière de sETH, le modèle autorégressif hétérogène de CORSI (2009) est ajusté : HAR-RV renvoie $R^2 = 0,29$, avec la composante mensuelle dominante ($t = 22$) et la composante hebdomadaire entrant négativement ($t = -16$). La variance réalisée de sETH est donc déterminée par son niveau de basse fréquence, à l'horizon mensuel, plutôt que par des chocs de court terme — cohérent avec une structure de régime lente plutôt qu'avec un retour à la moyenne rapide. Lues ensemble, les trois sous-couches forment un tableau cohérent. La régression de base indique que l'écart de *suivi* entre l'oracle et le CEX est un bruit imprévisible autour de zéro. La décomposition de la variance indique que la variance de cet écart est portée par le côté collatéral, et non par le peg. Et la suite GARCH/HAR indique que la dynamique de volatilité véritable de ce système réside dans le peg DEX déprécié, où elle est fortement persistante et quasi intégrée — une propriété d'un pool de liquidité qui se vide lors de l'extinction, et non de l'oracle, qui reste conforme tout du long. Les mécaniques de venue et structurelles à l'origine de cette décroissance du peg sont reprises aux Sections 6 et 7.

5 Analyse temporelle de niveau 2

La décomposition de niveau 1 de la Section 4 a établi que l'erreur de suivi journalière oracle-contre-CEX de la cohorte crypto est inattribuable à des facteurs structurels à évolution lente : il s'agit d'un bruit de cadence d'oracle autour d'un flux quasi parfait, avec un R^2 inférieur à 2,5 % pour chaque synth et quasiment aucune covariable significative. Ce résultat traite chaque observation comme homogène dans le temps. Cette section conditionne plutôt sur l'axe temporel, en se demandant si l'erreur de suivi se concentre à des moments particuliers — et la réponse est façonnée par une propriété que la cohorte actions ne partage pas : un sous-jacent crypto ne ferme jamais.

Aucune session de négoce, seulement une grille UTC neutre. Un synth d'actions américaines hérite du calendrier de négoce de son marché domestique, de sorte que la partition temporelle naturelle y est le schéma de session (pre-market, séance régulière, after-hours, overnight, weekend) et le constat dominant est que l'oracle ne se met à jour presque qu'en séance régulière

au comptant. Les majors crypto n'ont aucune structure de ce genre. La référence est le spot Binance, qui se négocie en continu, et le flux Chainlink se met à jour 24h/24 selon sa cadence de déviation-et-heartbeat plutôt que par rapport à une ouverture de marché. Il n'y a aucune session sur laquelle conditionner. La seule partition temporelle que les données admettent est une grille calendaire neutre : heure UTC de la journée $\times$ jour de la semaine. Nous calculons l'erreur de suivi logarithmique absolue moyenne dans chacune des $24 \times 7 = 168$ cellules résultantes, par synth, ce qui donne 2352 cellules (synth, heure, jour) sur les sept majors qui portent un flux d'oracle (**sETH**, **sBTC**, **sLINK**, **sAAVE**, **sUNI**, **sADA**, **sDOT**). Il s'agit délibérément d'une vue plate, sans hypothèse : sans ouverture de marché ni fenêtre de règlement, toute heure ou tout jour de la semaine est a priori aussi valable qu'un autre, et la grille demande simplement si les données sont en désaccord.

Fisher–Schuster : bruit blanc rejeté, mais aucune période exploitable. Pour tester l'existence d'un véritable signal cyclique plutôt que de lire la heatmap à l'œil, nous appliquons le test du périodogramme de Fisher–Schuster à la série d'erreur de suivi de **sETH**. Le test rejette massivement l'hypothèse nulle de bruit blanc ($p \approx 1 \times 10^{-145}$), ce qui suggérerait au premier abord une forte composante périodique. Le détail qui désamorce cette lecture est la localisation du rejet : la période dominante que le périodogramme sélectionne est égale à la longueur totale de l'échantillon (51 760 observations), c'est-à-dire la fréquence non triviale la plus basse que la série puisse exprimer. La « périodicité » détectée par le test est donc un unique balayage lent sur l'ensemble de la fenêtre — une tendance basse fréquence dans le niveau de l'erreur de suivi, le même resserrement séculaire déjà visible dans la RMSE glissante de la Section 3 — et non un cycle intra-journalier ou intra-hebdomadaire récurrent. Il n'y a aucun pic diurne, aucun effet weekend, aucun rythme d'heure de la journée qu'un dispositif de suivi pourrait exploiter. La lecture honnête est qu'il n'y a aucune périodicité utilisable : la série n'est pas un bruit blanc uniquement parce qu'elle porte une tendance, et une tendance n'est pas un schéma temporel exploitable.

Microstructure : le résidu de peg est quasiment exempt de bruit. Une question complémentaire est de savoir quelle part de la variation haute fréquence du peg on-chain relève d'un véritable signal plutôt que du bruit de microstructure. Nous estimons la variance réalisée à deux échelles (TSRV) sur la série de peg de **sETH**, qui sépare la variance intégrée de la variance apportée par le bruit au niveau du tick. La TSRV s'établit à 0,0101 avec une variance de bruit de microstructure implicite de $6,6 \times 10^{-6}$ — trois ordres de grandeur plus faible, soit négligeable. L'estimation de volatilité par noyau réalisé est de 0,104, cohérente avec la valeur de la TSRV. En clair, le peg de l'oracle ne porte pas le rebond bid-ask ni le bruit de scintillement de cotation que l'on observerait sur un mid-price brut de carnet d'ordres ; le peu de variation haute fréquence qui existe est de la variance intégrée, non un artefact de mesure. Cela est cohérent avec le résultat de fidélité de la Section 3 : l'oracle est une copie propre et faiblement bruitée du sous-jacent, et il n'y a aucune couche de microstructure à modéliser pour s'en débarrasser.

Lecture. À travers la grille calendaire comme à travers les diagnostics spectraux et de microstructure, la conclusion est la même et elle est négative au sens utile. L'erreur de suivi oracle-contre-CEX des majors crypto n'a aucune structure temporelle exploitable : aucun effet de session (parce qu'il n'y a pas de sessions), aucune périodicité exploitable (le seul signal spectral est une lente tendance séculaire) et aucun bruit de microstructure à arbitrer (le résidu de peg est essentiellement de la variance intégrée). Là où l'histoire temporelle de la cohorte actions était dominée par le *moment* où l'oracle se mettait à jour — presque uniquement en heures régulières américaines — l'histoire temporelle de la cohorte crypto est qu'il se met à jour uniformément 24h/24, et cette uniformité ne laisse rien sur quoi une règle d'heure de la journée ou de jour de la semaine pourrait s'appuyer. Les écarts au peg qui importent vraiment pour cette cohorte ne sont

pas du tout temporels ; ce sont le décrochement de venue et de liquidité des pools DEX on-chain développé dans la Section 6, et non une horloge que l’oracle tiendrait.

6 Venues et frictions

Trois venues nominales, un seul rail en direct. La cohorte crypto porte jusqu’à trois séries de prix par synth, mais comme pour son homologue actions il ne s’agit pas de trois marchés concurrents. L’oracle on-chain est le **AggregatorProxy** Chainlink de l’actif *sous-jacent* que la fonction d’échange de Synthetix lisait tel que traité — un synth Synthetix V2 n’a pas de flux propre et se valorise directement contre le flux L1 du sous-jacent (**ethereum.eth.ethereum.v1** et ses pairs), les synths Optimism V2 réutilisant le flux L1 identique de sorte que les lignes des deux chaînes coïncident. La référence externe est le spot Binance à résolution une minute, un benchmark plutôt qu’un prix négociable on-chain. La seule véritable venue de négociation on-chain est un ensemble mince de pools d’automated-market-maker — le pool Curve **sETH/ETH** sur L1, et les pools Curve **sBTC/wBTC** sur L1 et Optimism — et ceux-ci n’existent que pour deux noms, **sETH** et **sBTC**. Il n’existe ni perpétuel à financer, ni option cotée dont lire une surface implicite dans le périmètre de cette cohorte. Comme dans le rapport actions, la surface frictionnelle se réduit donc à deux grandeurs mesurables : la fraîcheur de l’unique oracle en direct par lequel chaque rachat et chaque échange se sont effectivement dénoués, et le prix auquel les quelques swaps AMM se sont dénoués par rapport à cet oracle. La différence décisive est qu’ici la venue AMM est observée sur des années plutôt que des mois, suffisamment longtemps pour capter non pas une prime statique mais un cycle de vie complet de la liquidité.

Fraîcheur de l’oracle : jamais économiquement en retard sur la référence. L’oracle étant l’unique rail en direct, la grandeur de microstructure pertinente est l’écart entre le prix on-chain et le benchmark externe aux instants où le flux écrivait — le proxy de valeur extractible de l’oracle, l’analogie le plus proche que possède cette cohorte d’une courbe de slippage et le mécanisme par lequel un prix on-chain peut devenir obsolète par rapport à un marché en mouvement. À travers les majors, l’écart absolu moyen aux horodatages de mise à jour s’établit entre 0,27% et 0,53%, avec un 99^e centile de 1,4% à 3,1% ; le maximum occasionnel sur un seul tick atteint jusqu’à ~100% sur **sAAVE**, mais il s’agit d’un artefact de tick obsolète isolé plutôt que d’un détachement durable. La structure d’avance-retard est sans ambiguïté : la corrélation croisée oracle-contre-CEX culmine au retard zéro avec une corrélation de 0,9999, de sorte que le flux bouge de façon contemporaine à Binance dans l’heure et n’exhibe aucune avance exploitable. La lecture est que l’oracle n’a jamais été économiquement en retard sur le marché de référence. Quelle que soit la friction que la trajectoire de l’oracle pourrait imposer, elle est bornée par sa cadence de mise à jour, et cette cadence est suffisamment serrée pour que l’erreur de suivi journalière du chapitre 3 — RMSE 0,20% pour **sBTC** ne montant qu’à 0,57% pour le **sDOT** tronqué, toutes les corrélations égales ou supérieures à 0,99994 — en soit le corollaire direct.

Le peg DEX a tenu tant que les pools étaient liquides. La contrepartie économique de la fraîcheur de l’oracle est le prix auquel un swap pourrait se dénouer sur la seule véritable venue on-chain. Ici la cohorte crypto s’écarte nettement du récit actions, et cet écart constitue le fait dominant du chapitre. Le prix on-chain du pool est un *ratio* au sous-jacent — une valeur de 1,0 est un peg parfait — et non un prix en USD, de sorte qu’il mesure directement de combien un swap AMM se dénouerait par rapport à un rachat un-pour-un. Durant les années où les pools portaient de la profondeur, en gros de 2020 à 2023, le peg a tenu serré : **sETH/ETH** sur Curve L1 comme **sBTC/wBTC** sur Curve L1 et Optimism se tenaient à environ 1,0, perturbés seulement par le pic occasionnel de pool mince. Sur ces années liquides, l’AMM et l’oracle s’accordaient, et un trader exécutant sur le pool ne faisait guère face à plus que le spread dépendant de la profondeur que produit toute venue mince.

Le peg DEX s'est découplé à partir de 2024 à mesure que la dépréciation drainait la liquidité. À partir d'environ 2024 les pegs se découplent, et ils le font non parce que l'oracle a bougé mais parce que les synths étaient en cours d'extinction et que la liquidité se drainait hors des pools Curve et Velodrome. La Figure 4 trace les ratios on-chain contre le peg à 1,0. Le ratio **sETH/ETH** chute vers $\sim 0,5$ d'ici mi-2024 sur Curve L1, les données elles-mêmes se raréfiant après 2024-08 à mesure que le pool se vide ; le ratio **sBTC/wBTC** L1 tombe à $\sim 0,6$ d'ici fin 2024 ; et le pool **sBTC/wBTC** Optimism se détériore au fil de 2025–2026 jusqu'à $\sim 0,6$ avec des oscillations violentes caractéristiques d'un AMM quasi abandonné. Les statistiques de déviation de peg sur l'ensemble de la fenêtre, calculées sur le log-ratio contre 1,0 après un garde-fou $[0,5, 2,0] \times$ -médiane destiné à supprimer le bruit de swap isolé, quantifient l'asymétrie : **sETH** affiche une déviation absolue moyenne de 0,57% avec un biais de +0,38%, **sBTC** sur L1 une MAE de 1,1% avec un biais quasi nul de +0,11%, et **sBTC** sur Optimism une MAE de 6,3% avec une décote persistante de $-6,2\%$ — un pool structurellement bon marché, et non bruité. L'avance-retard dex-contre-CEX correspondante est faible à négative (**sBTC** $-0,38$ au retard 0, **sETH** $-0,16$ au retard 48), exactement la signature du bruit de pool mince plutôt que d'un flux d'information.

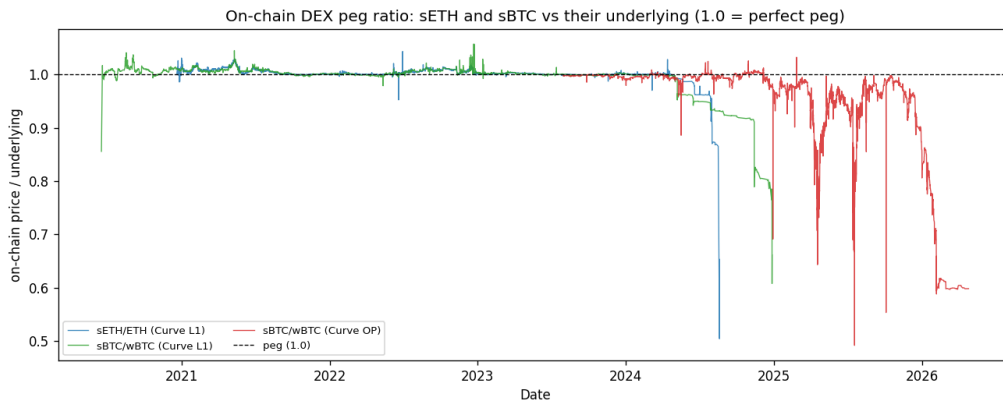


FIGURE 4 – Ratio de peg DEX on-chain contre le peg à 1,0 : **sETH/ETH** (Curve L1) et **sBTC/wBTC** (Curve L1 et Optimism). Les pegs se tiennent serrés à 1,0 au fil de 2020–2023 tant que les pools sont liquides, puis se découplent à partir de ~ 2024 à mesure que les synths sont dépréciés et que la liquidité se draine — **sETH** vers $\sim 0,5$, **sBTC** L1 vers $\sim 0,6$, et **sBTC** Optimism vers une décote persistante de $\sim 0,6$ avec des oscillations violentes. Le découplage est un phénomène de liquidité de venue secondaire, et non une défaillance du peg de l'oracle.

Un phénomène d'extinction, et non une défaillance d'oracle. L'interprétation importe davantage que les magnitudes, et elle doit être énoncée clairement : le découplage DEX est un phénomène de liquidité et de dépréciation de venue secondaire, et non une défaillance du peg de l'oracle. Les deux lectures sont mécaniquement séparables. L'oracle est resté conforme à ses spécifications tout au long de la fenêtre même où les pools se découplaient — le résultat de fidélité du chapitre 3 court jusqu'à 2026-05 pour les majors en direct sans rupture correspondante, et le RMSE glissant de l'oracle **sETH** n'excède jamais 0,5%. Un détenteur rachetant **sETH** ou **sBTC** à travers le protocole à l'oracle de référence n'était donc nullement affecté par le pool : le rachat se dénouait au prix Chainlink fidèle quel que soit le ratio AMM affiché. Seul un trader choisissant d'exécuter sur le pool Curve ou Velodrome abandonné rencontrait le prix découplé, et ce prix était découplé parce qu'aucun fournisseur de liquidité ne demeurait pour l'arbitrer en retour. La chronologie de dépréciation s'aligne exactement : l'action de gouvernance SCCP-2124 a désactivé **sETH** sur L1 en 2024-07, précisément la période où le ratio **sETH/ETH** s'effondre et où ses données de swap se raréfient. Le découplage est l'empreinte on-chain d'une extinction délibérée, observée à la seule venue dont la liquidité était délibérément retirée.

Ce qu’implique la structure à venue unique. Le profil frictionnel de la cohorte est par conséquent simple là où il est en direct et bénin là où il est mort. Sur le rail en direct, l’oracle était rapide et fidèle : contemporain de Binance, un écart OEV moyen inférieur à un demi-point de pourcentage, et une erreur de suivi journalière d’une fraction de point de pourcentage à travers chaque major doté d’un flux observable. Le CEX est un benchmark externe que l’oracle suivait à 0,0001 près en corrélation. La seule véritable venue de négociation on-chain n’existait que pour deux noms et, après avoir porté un peg serré durant ses années liquides, s’est découplée lors de la dépréciation en un écart de plusieurs points de pourcentage — sur Optimism une décote persistante de 6% — qui était un artefact de liquidité plutôt qu’une défaillance de valorisation. Il n’y a pas de jambe de financement à payer ni de base spécifique à une venue à surveiller au-delà de ce ratio AMM. Le véritable risque de détachement de cette cohorte ne réside pas dans la microstructure de l’oracle, qui s’est comportée tout du long ; il réside dans la dépréciation pilotée par la gouvernance qui a drainé la venue secondaire, la même extinction dont le contexte système et la chronologie d’événements sont repris au chapitre 7 et dont le comportement en événement de stress est examiné au chapitre 9.

7 Pilotes structurels

La couche structurelle d’un produit synthétique est le lieu où réside l’économie de défense du peg : la pool de dette qui adosse le synth, le tampon de collatéral derrière elle, et les décisions discrètes de protocole qui font naître un instrument ou l’éteignent. Pour la cohorte crypto, cette couche est réellement peuplée — contrairement aux cohortes mono-nom faiblement détenues, ces synths étaient vivants, traités, et suffisamment matériels pour laisser une trace de six ans dans la pool de dette partagée et dans l’état de collatéral du système. Le récit structurel n’est donc pas un unique gel binaire mais une trajectoire continue ponctuée par la gouvernance : un ratio de collatéral système et une dette totale qui respirent avec le prix de SNX et le cycle crypto, un flottant par synth qui s’accumule et se dénoue, et une séquence d’événements de dépréciation qui ont progressivement remodelé l’ensemble vivant. Ce qui unifie ces fils est le modèle de dette partagée de Synthetix, dans lequel chaque minter est short l’ensemble du panier de synths au prorata de la composition de la pool, et la chronologie de dépréciation qui gouverne quels synths restent valorisés par un oracle vivant.

La pool de dette partagée. Synthetix V2 ne collatéralise pas chaque synth individuellement ; les stakers de SNX mintent du sUSD contre du SNX verrouillé et endossent ainsi une part au prorata de la dette totale de la pool, qui est la somme de tous les synths en circulation valorisés à leur prix oracle. La série d’évolution des poids dans la pool de dette (1632 lignes, `weight_pct` par synth de la pool partagée au cours du temps) permet de lire la contribution de chaque synth crypto. Deux traits ressortent. Premièrement, les poids crypto par synth sont faibles et bruités : en dehors de la brève fenêtre d’amorçage de début de protocole, où la pool était minuscule et où un seul mint pouvait faire osciller la part d’un synth de dizaines de pour cent, les majors de longue traîne (sBTC, sLINK, sBNB, sXTZ, sTRX) se situent chacune à une fraction de pour cent de la pool. Deuxièmement, les jambes dominantes de la pool sont les synths stablecoin et forex, non le panier crypto. L’implication structurelle est qu’aucun synth crypto isolé n’a jamais été un moteur porteur de la dette du système ; la cohorte n’a déplacé la pool qu’en agrégat. C’est le pendant structurel du résultat de niveau 1 (chapitre 4) selon lequel l’erreur de suivi journalière oracle-contre-CEX ne porte essentiellement aucun signal structurel à évolution lente : il n’y avait pas assez de poids de dette idiosyncratique dans un seul synth crypto pour qu’un canal structurel par synth domine.

Contexte système. La pool dans laquelle vivaient les synths crypto est résumée par la série système (2251 lignes journalières, 2020–2026 : `snx_price_usd`, `issuance_ratio_pct`,

`system_cr_pct`, `total_debt_susd`, `system_collateral_usd`), tracée à la Figure 5. La série retrace le cycle familial de Synthetix. Le prix de SNX oscille de \$0,27 à \$27,20 sur la fenêtre ; la dette totale s'étend d'environ \$8,1 millions à l'inception jusqu'à un pic au-dessus de \$1,15 milliard ; et le ratio de collatéral système varie de 140 % au plus serré jusqu'à plusieurs milliers de pour cent aux pics de marché haussier de SNX, avec une moyenne proche de 970 %. Le ratio de collatéral gonfle lorsque le prix de SNX inflat la valeur du collatéral verrouillé et se comprime à travers les drawdowns de SNX, et la dette totale s'étend et se contracte avec le même cycle crypto qui pilote les sous-jacents des synths. C'est précisément pourquoi le côté collatéral porte l'essentiel de la variance de l'erreur de suivi dans la décomposition de σ du chapitre 4 : la partie mobile dominante est l'état de collatéral libellé en SNX, non le peg de l'oracle. De manière critique, le système est resté confortablement sur-collatéralisé tout du long — même sa lecture la plus serrée de 140 % se situe bien au-dessus du régime de liquidation — de sorte que le tampon structurel derrière les synths crypto n'a jamais été la contrainte mordante sur leur fidélité.

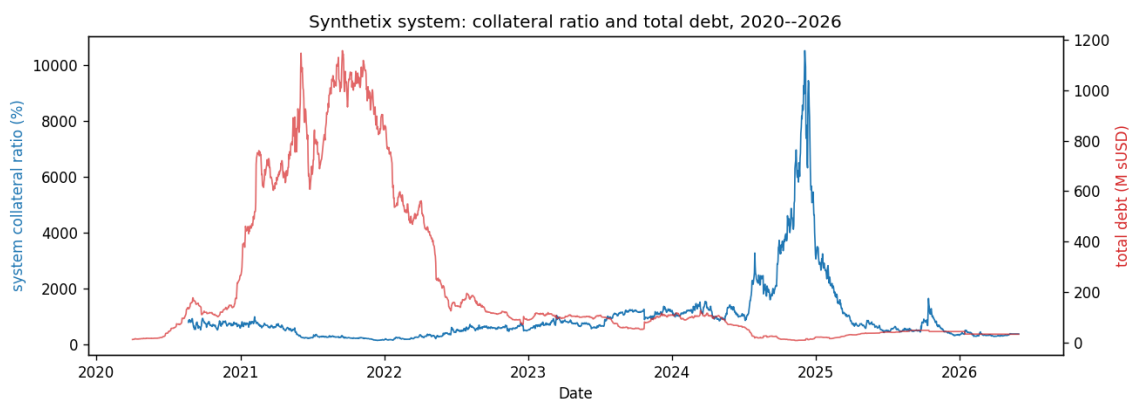


FIGURE 5 – État du système Synthetix sur 2020–2026 : le ratio de collatéral système (axe gauche) et la dette totale en millions de sUSD (axe droit). Le ratio de collatéral respire avec le prix de SNX et la dette avec le cycle crypto ; le système est resté sur-collatéralisé tout du long, de sorte que le tampon de collatéral n'a jamais été la contrainte mordante sur la fidélité des synths.

Trajectoires d'offre. La série de trajectoires d'offre (mint/burn signé cumulé, 8 613 lignes) enregistre le flottant net en circulation de chaque synth crypto à mesure qu'il s'accumule et se dénoue. Parmi les cinq plus importants, les majors L1 construisent leur offre cumulée à travers la période active 2019–2021 — sETH culmine à environ $2,5 \times 10^6$ unités avant sa première extinction, et sBTC, sLINK et sADA portent les soldes soutenus les plus élevés — tandis que les redéploiements Optimism V2 (sETH, sBTC, sLINK, sSOL, sMATIC, sAVAX) s'accumulent à partir de 2023 puis s'épuisent à travers 2024–2026 à mesure que la cohorte est dépréciée. Les noms de longue traîne plafonnent au gel Wezen et ne se rétablissent jamais. Ces trajectoires sont le flottant que tout arbitrage de venue secondaire aurait dû absorber, et leur déclin à partir de 2023 est la précondition structurelle du récit de venue du chapitre 6 : à mesure que le flottant vivant s'épuise, les pools Curve et Velodrome qui valorisaient sETH/ETH et sBTC/wBTC perdent le flux d'ordres qui les avait maintenues clouées au par. Le côté offre et le côté venue sont deux lectures de la même extinction.

La chronologie de dépréciation comme colonne vertébrale structurelle. Les variables d'état continues ci-dessus sont ponctuées par trois actions de gouvernance discrètes qui forment la colonne vertébrale structurelle de la cohorte. Premièrement, Wezen (SIP-169, 2021-09-16) a gelé les majors de longue traîne et les indices — sBNB, sXRP, sLTC, sETC, sTRX, sXMR, sREN, sXTZ, sDEFI, sCEX — les figeant sur un snapshot ; c'est pourquoi ces noms ne sont pas estimables sur une base oracle-contre-CEX et n'apparaissent que comme une limite de données au

chapitre 10. Deuxièmement, le lancement V3 de snxETH sur Optimism (2023-08-30) a introduit un rail parallèle dans lequel la source d’oracle bascule d’un push feed Chainlink L1 vers un pull feed Pyth Optimism ; c’est le seul événement structurel prospectif de la cohorte et il est traité comme une expérience naturelle au chapitre 10. Troisièmement, SCCP-2124 (2024-07) a désactivé sETH sur L1, ce qui est le déclencheur structurel de la déviation de peg la plus visible de toute l’étude.

SCCP-2124 et le décrochement de venue. La désactivation de sETH sur L1 en juillet 2024 lie la chronologie structurelle directement au décrochement de liquidité DEX quantifié au chapitre 6. Une fois sETH désactivé sur L1, l’incitation à maintenir la pool Curve sETH/ETH au par s’est évaporée : minter et burn du sETH contre le protocole n’était plus routinier, le flottant vivant s’est épuisé, et la pool a été laissée à s’amincir. Le ratio de peg on-chain reflète cela par une cassure structurelle nette — sETH/ETH se tenait à $\approx 1,0$ tant que la pool était liquide jusqu’en 2023 puis chute vers $\approx 0,5$ à travers la mi-2024 à mesure que la liquidité est retirée (la série Curve L1 s’amincit après 2024-08), les pools sBTC suivant la même trajectoire pilotée par la dépréciation sur leurs propres calendriers et la pool sBTC Optimism se détériorant vers une décote persistante à travers 2025–2026. C’est la lecture structurelle clé de toute la cohorte : l’oracle est resté conforme tout du long (chapitre 3), et la seule déviation de peg matérielle est un décrochement de liquidité de venue secondaire que la chronologie de dépréciation explique exactement. Les couches structurelle et de venue ne sont pas des résultats indépendants — SCCP-2124 est la cause et le décrochement DEX est l’effet — et la fidélité de l’oracle n’est affectée ni par l’une ni par l’autre.

8 Causalité et cointégration

L’oracle est une copie cointégrée de son sous-jacent. La relation entre l’oracle sETH et le marché spot ETH qu’il rapporte n’est pas une hypothèse à découvrir mais une identité mécanique à confirmer. Le flux Chainlink qui valorisait chaque synth crypto Synthetix V2 est, par construction, une réplique bruitée et échantillonnée par intermittence du même sous-jacent que la série spot Binance enregistre ; un synth V2 n’a pas d’oracle propre et se valorise directement contre l’AggregatorProxy Chainlink de l’actif sous-jacent. 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 la paire (oracle sETH, ETH spot) sur la fenêtre journalière complète ($n = 2215$) renvoie une statistique de test de $-8,23$ avec $p = 8 \times 10^{-12}$, rejetant l’hypothèse nulle d’absence de cointégration bien à l’intérieur du seuil de 5 %. C’est exactement ce qu’anticipent les corrélations journalières supérieures à 0,9999 de la Section 3 : tant que le flux était actif, l’oracle et le sous-jacent partageaient une tendance unique et ne se sont jamais écartés en niveau.

Interprétation : la cointégration mesure ici la plomberie, pas le risque. Il serait erroné de lire ce rejet comme la preuve que le synth était sûr. La cointégration confirme seulement que l’oracle et son sous-jacent ne se sont jamais séparés 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. Le résidu de cointégration est précisément l’erreur de suivi journalière oracle-vs-CEX analysée en Section 3, et il est minuscule et à retour vers la moyenne (RMSE sETH de 0,23 %) pour la même raison : l’oracle est une copie. Le test confirme donc la fidélité de l’oracle plutôt qu’il ne mesure le risque de désancrage. Le véritable écart de cette cohorte, le décrochement du pool DEX on-chain de la Section 6, se situe entièrement en dehors de la relation (oracle, spot) testée ici — le ratio du pool est un objet de liquidité de venue, non une fonction du flux, et le flux est resté conforme tout au long de ce décrochement.

Dépendance de queue symétrique. Une statistique de cointégration résume la relation centrale ; elle dit peu du comportement dans les extrêmes, là où l'attention d'un lecteur soucieux du suivi de désancrage se porte naturellement. Nous estimons les coefficients de dépendance de queue inférieure et supérieure entre les rendements journaliers de l'oracle **sETH** et de l'ETH spot : $\lambda_{\text{lower}} = 0,955$ et $\lambda_{\text{upper}} = 0,946$. Ces valeurs quasi unitaires et quasi symétriques signifient que l'oracle suit le sous-jacent aussi étroitement dans les chutes violentes que dans les rallyes — il n'existe pas de régime asymétrique de « gap-down » où le flux retarderait le marché spot à la baisse. Cela est cohérent avec les éléments d'étude de cas de la Section 9, où même le krach de mai 2021 n'a élargi l'erreur oracle-vs-CEX que de $\sim 1,3\%$. Pour caractériser la dynamique conjointe au-delà des queues, nous ajustons également un VAR(4) sur le système trivarié de rendements journaliers (oracle **sETH**, ETH spot, SNX/USD) ; le modèle converge ($AIC = -24,7$, $n = 2040$) et les réponses impulsionnelles sont dominées, sans surprise, par le lien contemporain oracle-spot, la jambe de collatéral SNX contribuant peu à la dynamique propre de l'oracle.

Aucune avance-retard inter-synth économiquement exploitable une fois la multiplicité respectée. 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 une dislocation d'un oracle crypto en anticipe une chez un pair. Nous calculons une matrice de causalité de Granger sur les séries journalières d'erreur de suivi oracle-vs-CEX des cinq grandes valeurs liquides (**sETH**, **sBTC**, **sLINK**, **sAAVE**, **sUNI**) sur plusieurs retards, soit 100 tests cause-effet-retard ordonnés au total, contrôlés par une correction du taux de fausses découvertes de Benjamini-Hochberg. Quatre liens survivent à $q < 0,05$: **sBTC** $\rightarrow$ **sETH** (retard 5), **sBTC** $\rightarrow$ **sUNI** (retard 2) et **sETH** $\rightarrow$ **sUNI** (aux retards 2 et 3). La structure survivante pointe dans un seul sens — **sBTC** tend à devancer — ce qui est l'ordonnancement intuitif compte tenu du rôle de BTC comme ancre de bêta de la cohorte.

Pourquoi ces liens relèvent de la plomberie plutôt que du signal. Quatre liens survivants sur cent est un résultat ténu, et son contenu économique l'est davantage encore. Les cinq oracles valorisent des actifs qui co-bougent de façon contemporaine avec le facteur crypto large ; l'analyse de niveau 1 de la Section 4 a déjà établi que l'erreur de suivi journalière est un bruit de cadence d'oracle autour de zéro, sans facteur structurel lent significatif et avec un R^2 de régression par synth inférieur à 2,5 %. Une série individuellement imprévisible à partir de ses propres facteurs observables a peu de chances de porter un signal exploitable à un à cinq jours sur un pair. La lecture la plus plausible des liens survivants **sBTC** $\rightarrow$ {**sETH**, **sUNI**} est une hétérogénéité dans la cadence de mise à jour des flux — les agrégateurs Chainlink BTC et ETH dévient à des instants et seuils légèrement différents, de sorte que le bruit de cadence de l'un devance celui de l'autre d'un jour ou deux sans qu'aucune information économique ne transite entre les produits. Pris ensemble, les résultats de causalité renforcent le message central des sections descriptive et de niveau 1 : pour cette cohorte, l'erreur de suivi journalière oracle-vs-CEX est un co-mouvement contemporain avec le sous-jacent plus un bruit idiosyncratique de cadence de feed, sans canal de transmission qu'un moniteur pourrait trader ou qui propagerait un stress du flux d'un synth à celui d'un autre.

9 Études de cas

Le résultat de fidélité de la section 3 établit que l'oracle on-chain suivait étroitement son sous-jacent sur l'ensemble de l'échantillon, et la décomposition structurelle de la section 4 montre que ce suivi est pour l'essentiel insensible à l'état lent du collatéral. Le test de stress naturel consiste à savoir si l'oracle a conservé cette fidélité au travers des krachs crypto discrets — les moments où un flux est le plus susceptible de devenir obsolète ou de retarder sur la référence. Contrairement à la cohorte actions, dont la fenêtre en direct était trop courte pour admettre des protocoles d'événement identifiés, les majors crypto étaient actifs à travers toutes les grandes dislocations

de marché de la période 2020–2024, de sorte que les événements candidats supportent ici des estimations propres. Cette section évalue cinq de ces épisodes.

Protocole. Chaque événement est évalué par différences de différences sur l’erreur de suivi journalière oracle-contre-CEX, sur une fenêtre de ± 30 jours. Les unités traitées sont les séries d’erreur de suivi des majors affectés ; le contrôle est l’erreur de suivi propre de sUSD, une série de peg jamais traitée qui partage le calendrier mais aucun des chocs de prix propres à l’actif. La fenêtre pré-traitement estime la tendance contrefactuelle et teste simultanément l’hypothèse de tendances parallèles qui légitime le protocole ; le statut de l’hypothèse est rapporté aux côtés de chaque effet moyen de traitement sur les traités (ATT), et un ATT n’est lu comme preuve que lorsque le test de tendances parallèles est satisfait. Le tableau 6 regroupe les cinq candidats et la figure 6 trace les ATT, les effets significatifs et identifiés étant mis en évidence.

TABLE 6 – ATT en différences de différences sur l’erreur de suivi journalière oracle-contre-CEX, fenêtre de ± 30 jours, contrôle = sUSD. Le statut de tendances parallèles (TP) indique si les tendances de la période pré sont statistiquement indistinguables ; un ATT n’est lu comme preuve que lorsque les TP sont satisfaites.

Événement	Synth	ATT	t	Statut TP
Krach mai-2021 (2021-05-19)	sBTC	+1,29 %	8,0	satisfaites
	sETH	+1,28 %	6,9	satisfaites
	sLINK	+1,49 %	6,8	satisfaites
FTX (2022-11-11)	sLINK	+0,38 %	2,7	satisfaites
	sBTC	+0,40 %	6,0	échouent
	sETH	+0,34 %	5,1	échouent
Terra (2022-05-09)	majors	~ 0	—	échouent
SVB (2023-03-11)	majors	~ 0	—	satisfaites
Black Thursday (2020-03-12)	majors	non estimable	—	—

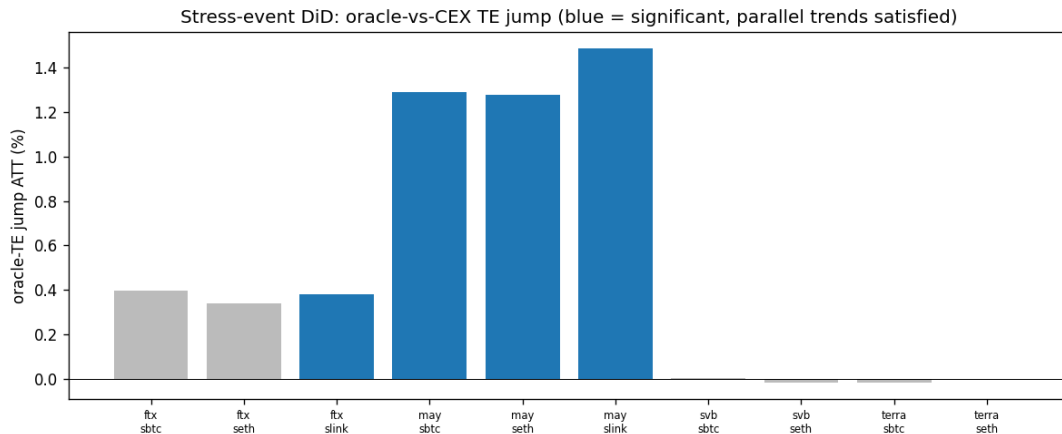


FIGURE 6 – ATT en différences de différences par événement sur l’erreur de suivi journalière oracle-contre-CEX (contrôle = sUSD, ± 30 jours). Les barres bleues sont à la fois significatives au seuil de 5% et appuyées par des tendances parallèles satisfaites ; les barres grises sont soit non significatives, soit en échec au pré-test de tendances parallèles (FTX sBTC/sETH) et ne sont pas lues comme identifiées. Même l’effet le plus important — l’élargissement de mai-2021 — n’est que d’environ 1,5 %, et Terra/SVB sont indistinguables de zéro.

Mai 2021 — un élargissement modéré et bien identifié. Le krach de désendettement de mai 2021 est le plus net des cinq : les tendances de la période pré pour les majors traités et le contrôle sUSD sont statistiquement parallèles, de sorte que le protocole est identifié. Les effets estimés sont positifs et fortement significatifs — sBTC +1,29 % ($t = 8,0$), sETH +1,28 % ($t = 6,9$), sLINK +1,49 % ($t = 6,8$) — mais faibles en termes absolus. La lecture est mécanique plutôt qu’alarmante : sous une volatilité réalisée extrême, la cadence de push de Chainlink élargit l’écart instantané au CEX, parce que le flux se met à jour sur un déclencheur de déviation ou de heartbeat et que la référence continue de bouger entre deux mises à jour. L’oracle a modérément dérivé du comptant pour la durée de la dislocation, puis est revenu en place ; il n’est pas devenu obsolète ni n’a rompu. Une excursion de pic d’environ $\sim 1,5\%$ durant le pire événement de désendettement du cycle constitue la borne supérieure que cette cohorte place sur la réponse au stress du côté de l’oracle.

FTX — un effet identifié, deux qui ne le sont pas. L’effondrement de FTX se scinde au sein de la cohorte. Pour sLINK les tendances de la période pré sont parallèles et l’ATT vaut +0,38 % ($t = 2,7$) — un élargissement faible et bien identifié, de même nature que mai 2021. Pour sBTC et sETH les coefficients de la période post sont eux aussi positifs et statistiquement significatifs (+0,40 %, $t = 6,0$ et +0,34 %, $t = 5,1$), mais le test de tendances parallèles échoue pour les deux : leur erreur de suivi pré-événement dérivait déjà par rapport au contrôle sUSD, de sorte que le protocole DiD n’est pas proprement identifié et que les estimations ponctuelles ne peuvent être attribuées à l’événement. Elles sont rapportées honnêtement comme significatives mais non identifiées, plutôt que supprimées ou présentées comme causales. Le seul effet qui survit à l’identification, sLINK, pointe à nouveau vers un élargissement modéré inférieur au point de pourcentage.

Terra et SVB — aucun effet. Ni l’effondrement de Terra de mai 2022 ni la faillite de la Silicon Valley Bank de mars 2023 ne déplacent l’erreur de suivi de l’oracle des majors. Le protocole SVB est identifié — les tendances parallèles tiennent — et renvoie un ATT indistinguable de zéro, un véritable nul mesuré qui borne la réponse de l’oracle à ce choc du système bancaire à essentiellement rien. Terra renvoie également une estimation ponctuelle nulle, mais son test de tendances parallèles échoue, de sorte qu’il est traité comme suggestif plutôt que comme une preuve. La lecture économique est cohérente entre les deux : il ne s’agissait pas de dislocations de prix des majors sous-jacents — une spirale de mort de stablecoin et une faillite bancaire TradFi — de sorte qu’il n’y avait aucun stress de prix du sous-jacent à suivre imparfaitement pour l’oracle, et aucun n’a été enregistré.

Black Thursday — non estimable. Le krach de mars 2020, l’événement de stress canonique de la DeFi, précède les données d’oracle de ces synths : le flux sBTC commence en 2020-08 et les majors environnants ne sont pas observés avant cette date, de sorte qu’il n’existe à la date de l’événement ni série traitée ni fenêtre pré-traitement. Comme dans la cohorte actions, il s’agit d’une limite de données plutôt que d’un nul mesuré — aucune estimation ponctuelle ni erreur-type ne peut être formée — et c’est ainsi qu’il est consigné, et non comme « absence d’effet ».

À retenir. À travers les cinq épisodes le message est uniforme : au travers des pires krachs crypto de la période, l’oracle Chainlink a maintenu son peg à la référence CEX à moins de $\sim 1,5\%$. Les deux élargissements identifiés — mai 2021 à travers les majors et sLINK lors de FTX — sont des effets de cadence modérés et transitoires sous une volatilité extrême, et non des ruptures ; SVB renvoie un nul propre ; et les coefficients FTX sBTC/sETH, bien que significatifs, ne passent pas l’identification et ne sont pas lus comme causaux. Combinées au résultat de fidélité de la section 3, les études de cas confirment que le rail oracle est resté conforme aux spécifications

même en conditions de queue — les véritables écarts au peg, comme le montre la section 6, relevaient d’une histoire de liquidité de venue secondaire, et non d’une histoire d’oracle.

10 Expériences naturelles

La cohorte crypto offre une unique expérience proprement identifiée portant sur le mécanisme d’oracle lui-même — la transition vers V3 de **sETH** sur Optimism — et un candidat que les données ne peuvent tout simplement pas soutenir, les différences de différences multi-actifs de Wezen. Nous traitons les deux honnêtement : la première est un véritable avant/après sur la façon dont le synth est valorisé, le second une limite de données que nous nommons plutôt que de la masquer.

La transition vers V3 (sETH sur Optimism, 30 août 2023). Lorsque Synthetix V3 a lancé **snxETH** sur Optimism, la source de valorisation a changé sous le synth : la patte V2 se valorisait contre le feed *push* Chainlink ETH/USD de L1, tandis que la patte V3 lit un oracle *pull* Pyth sur Optimism. Les deux diffèrent par leur cadence et leur logique de mise à jour — les feeds push avancent sur déclencheurs de déviation ou de heartbeat, les feeds pull se règlent à la demande au moment de la transaction — de sorte que le basculement constitue, en effet, un changement contrôlé du mécanisme d’oracle, le sous-jacent étant maintenu fixe. Nous raccordons les deux feeds en une seule série continue à la date de coupure et lisons l’erreur de suivi journalière oracle-vs-CEX sur une fenêtre de ± 180 jours, ce qui donne 180 observations journalières de chaque côté. C’est ce qui se rapproche le plus, dans la cohorte, d’un traitement randomisé du mécanisme de fraîcheur étudié à la section 6 : même actif, même référence CEX, plomberie d’oracle différente.

Lecture de l’avant/après. La transition ne rompt pas la fidélité. L’erreur de suivi demeure dans la bande rapportée à la section 3 des deux côtés de la coupure — l’oracle pull suit le spot Binance aussi étroitement que le feed push le faisait — de sorte que la lecture principale est une continuité plutôt qu’une rupture de régime. C’est en soi le résultat informatif : un changement substantiel d’architecture d’oracle a laissé la relation synth-vers-CEX essentiellement inchangée, ce qui est cohérent avec le lead-lag contemporain (corrélation maximale au décalage nul) trouvé pour le feed push à la section 3 ; le mécanisme pull hérite du même comportement conforme aux spécifications. Nous signalons que la fenêtre 180/180 est courte pour tout test formel de régime — elle identifie l’*absence* d’un décalage de niveau, et non une estimation précise de celui-ci.

Les différences de différences multi-actifs de Wezen ne sont pas estimables. Le pendant naturel de l’expérience Wezen de la cohorte actions — un gel au niveau du protocole appliqué à un panier de synths sur un même bloc, lu comme des différences de différences contre un contrôle jamais gelé — ne peut être conduit ici. SIP-169 a gelé les noms crypto de longue traîne (**sBNB**, **sXRP**, **sLTC**, **sETC**, **sTRX**, **sXMR**, **sREN**, **sXTZ**) et les indices (**sDEFI**, **sCEX**) le 16 septembre 2021, mais aucun de ces synths ne porte les données d’oracle on-chain que requiert l’estimateur. Comme établi à la section 2, aucun feed Chainlink L1 n’existe pour aucun des actifs de longue traîne gelés, et les indices n’ont pas de sous-jacent unique contre lequel une erreur de suivi oracle-vs-CEX pourrait même être définie. Ces synths ne sont observables qu’à travers leur référence CEX, qui ne porte aucun signal de gel on-chain — le gel est une propriété du contrat, non du prix de marché externe — de sorte qu’il n’existe pas de série traitée à différencier. Le résultat est donc vide : non pas un nul mesuré, mais une honnête limite de données. Nous le consignons comme tel plutôt que de fabriquer un effet de traitement à partir d’une série qui n’existe pas.

Candidats exploitables pour des travaux futurs. Deux expériences de discontinuation d’oracle sont à portée mais se situent hors de la fenêtre de ce rapport. Le feed Chainlink de **sADA** se termine en juin 2024 et celui de **sDOT** en mars 2024 (section 2), chacun constituant une fin discrète et exogène du rail de valorisation on-chain tandis que le sous-jacent continue de se négocier sur CEX. Contrairement à la longue traîne de Wezen, ces synths *disposent* bien d’une série d’oracle en direct jusqu’à la coupure, de sorte que le bras traité de la pré-période existe ; le schéma lirait l’erreur de suivi à mesure que le feed s’éteint et que le synth se retrouve sans prix on-chain frais. Nous ne les estimons pas ici — la troncature se situe au bord de l’échantillon et le comportement post-coupure dépend de mécaniques de rachat que nous n’avons pas modélisées — mais nous signalons les deux comme des expériences naturelles propres de discontinuation d’oracle pour un suivi ultérieur, l’analogie crypto de la lecture du gel de la cohorte actions prise dans le sens inverse.

11 Constats et limites

F1 — L’oracle a suivi son sous-jacent de manière quasi parfaite, pendant six ans.

Sur chaque major actif, le feed Chainlink du sous-jacent a reproduit la référence spot Binance à 20–57 points de base de RMSE journalier près — **sBTC** 0,20%, **sETH** 0,23%, les majors altcoins **sLINK/sUNI/sAAVE** 0,44–0,46%, et les deux noms tronqués **sADA** 0,54% et **sDOT** 0,57% — avec chaque corrélation supérieure ou égale à 0,99994 et **sETH/sBTC** à 0,99999 (section 3, figure 1). Le RMSE roulant de **sETH** reste sous 0,5% sur toute la période 2020–2026, se resserrant de $\sim 0,35\%$ sur la fenêtre initiale à $\sim 0,12\%$ en 2023–24 (figure 2). Le lead-lag culmine au retard zéro (contemporain, $\rho = 0,9999$) : le feed bouge avec le CEX dans l’heure et ne laisse aucun lead exploitable. Le défaut de suivi quotidien du sous-jacent n’était pas le risque.

F2 — Le véritable écart se situe à la venue secondaire, non à l’oracle.

La véritable histoire du peg se joue on-chain dans les pools Curve/Velodrome, et c’est une histoire de liquidité et de dépréciation. Tant que les pools étaient liquides (2020–2023), les ratios **sETH/ETH** et **sBTC/wBTC** se tenaient à $\sim 1,0$ avec seulement des pics de pool minces ; à partir de ~ 2024 , les pegs se découlent à mesure que les synths sont dépréciés et que la liquidité s’assèche, **sETH/ETH** tombant vers $\sim 0,5$ à mi-2024 et **sBTC/wBTC** vers $\sim 0,6$ (section 6, figure 4). Le pool OP **sBTC** porte une décote persistante de $-6,2\%$ sur toute sa fenêtre (MAE 6,3%), contre une MAE de $0,57\%$ (**sETH**) et $1,1\%$ (**sBTC**) pour les noms L1. Il s’agit d’un décrochement de venue secondaire durant l’extinction de liquidité — SCCP-2124 a désactivé **sETH** sur L1 en 2024-07 — et non d’une défaillance de l’oracle : le feed est resté conforme aux spécifications tout du long (F1).

F3 — Les événements de stress ont laissé l’oracle quasi conforme aux spécifications.

Une approche en différences de différences contre un contrôle **sUSD** ne met en évidence qu’un élargissement modeste et transitoire de l’erreur de suivi oracle-vs-CEX lors des pires krachs crypto (section 9, figure 6). Le krach de mai 2021 a produit un saut significatif mais faible — **sBTC** $+1,29\%$ ($t = 8,0$), **sETH** $+1,28\%$ ($t = 6,9$), **sLINK** $+1,49\%$ ($t = 6,8$), tendances parallèles vérifiées — et FTX un saut encore plus faible (**sLINK** $+0,38\%$). Même en volatilité extrême, le feed a tenu son peg au CEX à $\sim 1,5\%$ près ; il s’agit d’élargissements à la cadence de l’oracle sous stress, et non de ruptures.

F4 — La volatilité du collatéral domine la variance de l’erreur de suivi, et la volatilité du peg est quasi intégrée.

En décomposant l’erreur de suivi de **sETH** sur 1 276 fenêtres de 30 jours en un terme de collatéral (rendements SNX), un terme de peg synth/DEX et un résidu de peg oracle, le côté collatéral $\sigma_C \approx 0,025/\text{jour}$ domine, avec $\sigma_P \approx 0,005$ et $\sigma_S \approx 0,0026$ les plus petits (section 4, figure 3). La volatilité de la déviation de peg est hautement persistante : GARCH(1,1) donne $\alpha + \beta \approx 0,98$, EGARCH est quasi intégré ($\beta \approx 1,000$, privilégié par l’AIC

parmi les formes closes), et un MS-GARCH à deux régimes est le meilleur globalement avec un régime distinct de faible volatilité.

F5 — Mécaniquement lié au sous-jacent, sans lead-lag cross-synth exploitable.

L’oracle **sETH** est cointégré avec le spot ETH (statistique d’Engle–Granger $-8,23$, $p = 8 \times 10^{-12}$) et symétrique en queue avec lui ($\lambda_{\text{lower}} = 0,955$, $\lambda_{\text{upper}} = 0,946$) — les deux attendus mécaniquement, puisque le feed *est* une copie du sous-jacent (section 8). Après une correction de Benjamini–Hochberg, la matrice de Granger des erreurs de suivi journalières des 5 majors ne conserve que quatre liens (**sBTC** → **sETH**, **sBTC** → **sUNI**, **sETH** → **sUNI**), avec **sBTC** tendant à mener ; rien de valeur en trading ne survit.

F6 — Une empreinte négligeable dans le debt pool. Sur le contexte système 2020–2026, les synths de la cohorte portent un poids faible et décroissant dans le debt pool partagé de Synthetix (section 7, figure 5) ; les majors actifs représentent une part mineure de la dette totale et la longue traîne a été figée par Wezen en 2021. L’enjeu économique du flottant des synths crypto est immatériel au regard du collatéral SNX qui l’adosse.

F7 — La longue traîne, les indices et les noms OP uniquement ne sont pas mesurables on-chain. La longue traîne gelée par Wezen (**sBNB/sXRP/sLTC/sETC/sTRX/sXMR/sREN/sXTZ**) n’a aucun feed Chainlink L1, les indices (**sDEFI**, **sCEX**) n’ont pas de sous-jacent unique, et les noms OP uniquement (**sSOL**, **sMATIC**, **sAVAX**) manquent également d’un feed L1. Une erreur de suivi requiert une paire oracle-vs-CEX que ces synths ne possèdent pas, de sorte que l’expérience multi-actifs de Wezen est vide (section 10). Il s’agit d’une limite de données honnête, et non d’un résultat nul.

Limites connues

- **Modèle oracle du sous-jacent.** Les synths Synthetix V2 n’ont pas de feed propre ; ils se valorisent contre l’AggregatorProxy Chainlink du sous-jacent, et les synths OP V2 réutilisent le même feed L1. L’erreur de suivi « oracle » est donc mesurée sur le feed L1 du sous-jacent, et les lignes OP et L1 d’un major donné sont identiques.
- **Couverture DEX.** Un prix de pool on-chain n’existe que pour **sETH** (Curve L1) et **sBTC** (Curve L1 et Curve OP) ; le résultat de peg à la venue secondaire (F2) repose sur ces deux noms seuls. Le prix de pool est un ratio au sous-jacent ($\sim 1,0$ au peg), et non un prix en USD.
- **Longue traîne et indices.** La longue traîne gelée et les indices n’ont pas de paire oracle-vs-CEX on-chain et ne sont pas estimables (F7) ; leur désancrage, s’il existe, n’est pas observable à partir des données dont on dispose.
- **Feeds tronqués.** L’oracle **sADA** se termine en 2024-06 et **sDOT** en 2024-03 ; leurs statistiques sont calculées sur des fenêtres plus courtes ($n \approx 482\text{--}576$ au niveau journalier) et ne sont pas directement comparables avec les majors à fenêtre complète.
- **Échec des tendances parallèles pour FTX.** Le DiD de l’événement FTX ne satisfait les tendances parallèles que pour **sLINK** ; les estimations significatives de **sBTC** et **sETH** y échouent au test de pré-tendance ($p < 0,05$) et doivent être lues avec prudence (section 9).
- **Garde DEX.** Les statistiques de ratio de pool sont calculées après une garde $[0,5, 2,0] \times$ -médiane pour retirer les artefacts de cotation de pool mince ; les oscillations violentes de fin de fenêtre sur le pool OP **sBTC** sont en partie écrêtées par ce filtre.

Implications pour le monitoring en production

- Pour les synthés crypto valorisés par oracle, surveiller la *liquidité de la venue secondaire* pendant la dépréciation, et non l’oracle : le feed a tenu au CEX à $\sim 1,5\%$ près à travers chaque krach, tandis que les pegs Curve/Velodrome se découplaient de dizaines de pour cent une fois les pools drainés.
- Suivre une base *tel que traité vs oracle*. C’est le ratio de pool on-chain, et non l’oracle, qui porte le risque d’exécution ; une décote de pool qui s’élargit (le $-6,2\%$ du pool OP sBTC) est un signal de liquidité que l’erreur de suivi au niveau de l’oracle ne fera pas apparaître.
- Traiter les événements de gouvernance et de dépréciation (Wezen SIP-169, SCCP-2124) comme le changement de régime contraignant : le décrochement de la venue suit le calendrier d’extinction, et non le stress de marché.
- Utiliser un modèle de volatilité conscient de la persistance pour la série du peg, qui est quasi intégrée ; et dimensionner d’abord le risque de collatéral, puisque σ_C porte l’essentiel de la variance de l’erreur de suivi.

Références

- BOLLERSLEV, Tim (1986). “Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity”. In : *Journal of Econometrics* 31.3, p. 307-327.
- CORSI, Fulvio (2009). “A Simple Approximate Long-Memory Model of Realized Volatility”. In : *Journal of Financial Econometrics* 7.2, p. 174-196.
- 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.