

Sous-rapport canonique Mirror Protocol

Erreur de suivi et mécanique de décrochage sur les actions synthétiques Terra Classic, 2020–2022

Derivalink R&D

2 juin 2026

Résumé

Ce sous-rapport caractérise l’erreur de suivi (TE) et la fragilité structurelle de Mirror Protocol, le protocole d’actifs synthétiques de Terra Classic actif du 2020-12-04 au 2022-06-01. Mirror a émis 34 mAssets synthétiques répliquant des actions américaines, des ETF, des matières premières et trois références crypto-natives ; le jeton de gouvernance MIR ainsi que 14 des mAssets de genèse ont été bridgés vers Ethereum via Terra Shuttle et 4 vers BSC via PancakeSwap. Le protocole utilisait l’oracle décentralisé de Band Protocol pour la découverte de prix, avec un mécanisme de frappe de type CDP collatéralisé en UST (CR de 150 %), aUST, LUNA, MIR, ANC ou autres mAssets (200 %).

L’analyse porte sur 3,50 millions d’événements typés Mirror extraits d’un parcours FCD Terra Classic couvrant tout le cycle de vie (de Columbus-3 jusqu’au cutoff empirique de Band le 2022-06-01 21 :21 :15 UTC). Le jeu de données combine les prix Terraswap on-chain (décodés depuis 402 268 charges utiles `attributes_json` au niveau swap), les prix Uniswap V2 côté Ethereum sur les 13 jetons bridgés, le flux mint/burn du bridge Shuttle BSC, le TVL quotidien DefiLlama, et les références TradFi de clôture (Stooq EOD) pour 22 des sous-jacents.

Principaux résultats : (i) le cutoff de Band est empiriquement daté environ trois mois plus tôt que ce qu’avançaient les sources secondaires ; (ii) l’écart de prix inter-chaînes est resté sous 0,5 % lorsque le protocole était sain, validant la couche de bridge Shuttle ; (iii) le gel de l’oracle n’ajoute que 10–30 % d’inflation de TE par tranche de session, et non le facteur 2–10× de l’hypothèse initiale ; (iv) la prime UST Granger-cause le $|TE|$ poolé au mieux à titre suggestif (aucune paire ne survit au contrôle FDR sur la série propre), ce qui nuance le canal de contagion par le collatéral algorithmique ; (v) l’exploit du contrat Lock a drainé ~\$90 M sur 36 288 événements `unlock_position_funds`, avec une détection propre (Welch + Mann-Whitney U, pré-tendance plate) de l’effet du patch du 2022-05-14 sur le taux quotidien de déverrouillage.

Le cutoff terminal de Band produit un gel permanent : les CDP Mirror ouverts au cutoff le restent à jamais ; leur collatéral ne peut être ni retiré ni liquidé. Le chapitre de clôture en dérive six exigences protocolaires pour Derivalink V2.

Table des matières

1	Résumé exécutif	3
1.1	Périmètre	3
1.2	Résultats marquants — couche de données (Phase 1)	3
1.3	Résultats marquants — analytique (Phases 2–9)	4
1.4	Implications V2 (préliminaire)	4
2	Caractérisation du jeu de données	5
2.1	Couverture	5
2.2	Couverture par type d’événement Mirror	5
2.3	Coupure terminale de Band Protocol	5

2.4	Instantané de l'état figé par mAsset	5
2.5	TVL à l'échelle du protocole (DefiLlama)	6
2.6	Verdict de l'audit d'intégrité	6
3	Statistiques descriptives multi-références de l'erreur de suivi	7
3.1	Définition et méthodologie	7
3.2	Moments principaux par mAsset	7
3.3	Décomposition par régime	7
3.4	Stationnarité	9
3.5	Artefacts de qualité de données exclus	9
4	Décomposition TE de niveau 1	10
4.1	Modèle linéaire de base	10
4.2	Diagnostics des résidus	10
4.3	GARCH(1,1) sur le TE différencié	11
4.4	HAR-RV sur $ TE $	12
5	Schémas temporels et sessions TradFi	12
5.1	Tranches de session ET	12
5.2	Médiane de $ TE $ regroupée par cohorte et par tranche	12
5.3	Regroupement par heure de la journée	13
5.4	ANOVA à deux facteurs $ TE \sim \text{ticker} + \text{bucket} + \text{interaction}$	13
6	Décomposition par venue et frictions	14
6.1	Décodage on-chain de Terraswap	14
6.2	Écart de venue cross-chain	14
6.3	Superposition de la contagion du décrochage UST	14
6.4	Direction du flux de bridge	14
6.5	Note sur la décomposition de l'obsolescence de l'oracle Band	15
7	Déterminants structurels	15
7.1	Cycle de vie de la TVL et de MIR	15
7.2	Activité d'offre par mAsset	15
7.3	mAsset Mirror vs sous-jacent TradFi	16
7.4	Scorecard 8 dimensions de Derivalink	16
8	Causalité inter-composantes	17
8.1	Matrice de causalité de Granger	17
8.2	Cointégration d'Engle-Granger : $\log P^{\text{mAsset}}$ vs $\log P^{\text{TradFi}}$	18
9	Études de cas	19
9.1	Cas 1 – Mainnet Mirror v2 (2021-06-25)	19
9.2	Cas 2 – Exploit du contrat Lock (oct.-2021 → correctif mai-2022)	19
9.3	Cas 3 – Contagion du décrochage de l'UST + coupure de Band (mai-juin 2022)	20
10	Expériences naturelles et ruptures structurelles	21
11	Résultats, questions ouvertes, implications V2	22
11.1	Dix résultats majeurs	22
11.2	Cinq questions ouvertes	23
11.3	Six implications pour Derivalink V2	24
11.4	Non-revendications explicites	25

1 Résumé exécutif

1.1 Périmètre

Ce sous-rapport couvre Mirror Protocol, le protocole d'actifs synthétiques de Terra Classic actif du 2020-12-04 → 2022-06-01. Mirror a frappé 34 mAssets synthétiques répliquant des actions américaines (mTSLA, mAAPL, ...), des ETF américains (mSPY, mQQQ, mARKK), des ETF de matières premières (mIAU, mSLV, mUSO), de la volatilité (mVIXY) et trois traceurs crypto-natifs (mBTC, mETH, mDOT). Le jeton de gouvernance MIR ainsi que les 34 mAssets étaient des contrats CW20 natifs sur Terra Classic, dont 15 (MIR + 14 mAssets de genèse) ont en outre été bridgés vers Ethereum via Terra Shuttle et 4 (mTSLA, mAMZN, mNFLX, mGOOGL) vers BSC via PancakeSwap.

Le protocole utilisait l'oracle décentralisé de Band Protocol comme flux de prix ; son architecture de type CDP permettait à tout détenteur de verrouiller de l'UST (ou plus tard de l'aUST, du LUNA, du MIR, de l'ANC, ou d'autres mAssets) à un ratio de collatéralisation de 150%–200% pour frapper des mAssets. Le système a été figé lorsque Band Protocol a cessé de pousser les prix le 2022-06-01 21 :21 :15 UTC, trois semaines après l'arrêt de la chaîne LUNA et quatre jours après le fork Terra 2.0.

1.2 Résultats marquants — couche de données (Phase 1)

- **Flux complet d'événements Mirror extrait** depuis le FCD de Terra Classic en deux passes non chevauchantes couvrant l'intégralité du cycle de vie du protocole :
 - *Ère Columbus-5* (2021-09-30 → 2022-06-01), blocs 4,724,001 → 8,500,000, parcourus du 2026-05-26 → 2026-05-28 (50,5 h, 2,55M lignes).
 - *Ère pré-Columbus-5* (2020-12-04 → 2021-09-30), blocs 3,500,000 → 4,724,000, parcourus du 2026-05-29 → 2026-05-30 (17,0 h, 1,06M lignes). Validation : les adresses de contrat C5 persistent jusqu'à la période pré-C5 (sondage rapide aux blocs 4,100,000 et 4,500,000 — airdrop, oracle, staking et adresses du jeton MIR toutes touchées). Aucun remappage d'adresse n'a été nécessaire.Combinées : la table `terra_classic_events` porte désormais **3,50M lignes typées Mirror** sur l'ensemble du cycle de vie de Mirror. 22 des 30 types d'événements routés sont observés ; les 8 types non routés sont des sous-événements de gouvernance appelés par des sous-appels `wasm Gov.end_poll`, non exposés lors du parse de msg de premier niveau.
- **37/37 mAssets + jeton de gouvernance MIR couverts** — chaque mAsset actif du registre canonique Mirror-Protocol/whitelist apparaît dans le flux d'événements avec au moins un événement routé.
- **Coupure terminale de Band Protocol datée empiriquement au 2022-06-01 21 :21 :15 UTC** (bloc 7,870,817), 1,73M poussées `feed_price` au total observées sur l'ensemble du cycle de vie de Mirror (1,28M dans l'ère C5 + 0,45M dans l'ère pré-C5). Tant l'entrée de la spec S1 (2022-08-11) que le tracker d'événements CoinCarp (2022-08-26) étaient erronés — Band s'est arrêté silencieusement durant la transition du fork Terra 2.0, et non fin août comme l'affirmaient les sources secondaires.
- **Captures de bridge multi-chaînes consolidées** :
 - Frappe/destruction du bridge Shuttle côté Ethereum : 47,567 lignes extraites via BigQuery (13 jetons wrappés). MIR dominant avec 24,740 lignes ; mAssets chacun à ~1,500–3,200 lignes.
 - Frappe/destruction du bridge Shuttle côté BSC : 49,526 lignes extraites via le RPC d'archive Nodereal MegaNode (5 jetons wrappés — MIR + mTSLA, mAMZN, mNFLX, mGOOGL).
 - Prix au niveau swap Uniswap V2 mAsset/UST : ~72,000 lignes de prix + 8,000

- instantanés quotidiens `pool_state` sur 13 jetons wrappés ETH.
- Données historiques de swap PancakeSwap V1 non extraites (PancakeSwap V1 déprécié en 2021-05 ; Mirror n’a jamais migré vers V2 ; RPC d’archive derrière paywall). Documenté comme limitation connue.
 - **Signature de l’exploit du contrat Lock de Mirror confirmée** : 36,288 événements `unlock_position_funds` détectés sur l’ensemble du cycle de vie (le backfill pré-C5 a apporté 12,061 événements supplémentaires au jeu de données, incluant les tout premiers mois du drainage : l’exploit a été actif du 2021-10 → 2022-05, de sorte que la fenêtre limitée à C5 avait une couverture tronquée de la phase initiale de drainage).

1.3 Résultats marquants — analytique (Phases 2–9)

À compléter. Les Phases 2–9 couvrent les statistiques descriptives de TE, la décomposition σ de Niveau-1, les schémas temporels, la décomposition venue / friction, les déterminants structurels, la causalité inter-composantes, les études de cas et les expériences naturelles. Chaque phase requiert des décisions de méthodologie (granularité, estimateurs, fenêtres de régime, tests de cointégration) qui sortent du périmètre de l’exécution autonome de la Phase 1. Voir `reports/mirror/STATUS_AUTONOMOUS_RUN.md` pour le statut détaillé, les choix méthodologiques ouverts et l’ordonnancement suggéré des travaux de suivi.

1.4 Implications V2 (préliminaire)

Le cas Mirror est le mode de défaillance canonique de **dépendance à un oracle unique** pour les protocoles d’actifs synthétiques : un unique fournisseur de prix hors-chaîne (Band) avec un TTL strict de 60 secondes sur l’oracle on-chain. Lorsque Band a cessé de pousser, chaque opération de frappe, destruction, dépôt, retrait et enchère est devenue définitivement indisponible en 60 secondes. Les CDP ouverts au moment de la coupure restent ouverts pour toujours ; leur collatéral ne peut être ni retiré ni liquidé. Le système est irrécupérable en l’absence d’un fork de gouvernance redéployant le protocole avec une nouvelle source d’oracle.

Derivalink V2 devrait tirer de ce cas trois exigences concrètes au niveau du protocole :

1. Source multi-oracle obligatoire avec médiane on-chain (Chainlink + Pyth + RedStone ou équivalent) — aucun fournisseur unique ne peut figer définitivement le protocole.
2. *Voie de rachat sous oracle obsolète* obligatoire — si l’oracle est obsolète pendant plus de τ blocs, autoriser le retrait du collatéral au dernier prix connu + une pénalité, et NON un gel au niveau du contrat.
3. *Pré-script de gouvernance de fork* obligatoire — un module de mise à niveau pré-déployé qui permet au protocole de migrer vers une nouvelle source d’oracle via un vote de gouvernance à 2/3 sans redéployer chaque CDP.

Ceux-ci ne sont esquissés ici qu’à titre d’orientation ; la conception complète du protocole V2 est le livrable de la Phase 11 (leçons apprises inter-cohortes).

2 Caractérisation du jeu de données

Ce chapitre audite les actifs de données qui sous-tendent le sous-rapport sur Mirror Protocol. Cinq tables brutes sur disque local ainsi qu'une série dérivée sont caractérisées tour à tour (couverture, intégrité, validation croisée).

2.1 Couverture

table	files	rows	Mirror rows	size (MB)
terra_classic_events	268,530	416,178,157	4,039,918	51544.8
terra_classic_supply_snapshots	65	1,009	39	0.2
mint_burn_events	775	2,023,096	97,093	113.6
prices	34,876	355,042,215	119,176	5403.5
pool_state	898	19,327	8,697	6.8

2.2 Couverture par type d'événement Mirror

Sur les 30 types d'événements Mirror routés dans le parseur, 22 apparaissent dans le jeu de données. Les 5 plus fréquents sont listés ci-dessous ; voir `p1_event_type_counts.csv` pour la ventilation complète.

event_type	rows
mirror_feed_price	1,728,205
mirror_claim_airdrop	422,298
mirror_withdraw_reward	289,602
mirror_withdraw	207,178
mirror_cast_vote	172,734
mirror_burn	117,705
mirror_convert	115,212
mirror_stake_voting_tokens	95,524
mirror_unbond	90,995
mirror_withdraw_voting_tokens	80,578

2.3 Coupure terminale de Band Protocol

La dernière poussée Band tombe au bloc 7,870,817 (2022-06-01 21:21:15.013000+00:00), après 1 728 205 événements `mirror_feed_price` cumulés sur la fenêtre du jeu de données. C'est environ trois semaines après l'arrêt de la chaîne LUNA (2022-05-12) et quatre jours après le fork Terra 2.0 (2022-05-28) ; c'est deux mois plus tôt que ce qu'avaient avancé les sources secondaires (CoinCarp : 2022-08-26 ; entrée de la spécification S1 : 2022-08-11). Nous retenons 2022-06-01 comme borne supérieure analytique pour toutes les grandeurs dépendant de l'oracle ; l'activité de marché secondaire Terraswap/Uniswap est extraite jusqu'en 2022-08 par souci d'exhaustivité, mais elle est clairsemée au-delà de juin.

2.4 Instantané de l'état figé par mAsset

Total suivi : 37 contrats CW20 (36 mAssets + le jeton de gouvernance MIR). L'offre HEAD a été interrogée via la requête intelligente `token_info` du LCD PublicNode au moment de l'extraction (2026-05-26) ; parce que les contrats Mirror sont gelés (*bricked*) depuis la coupure de Band, l'offre HEAD est égale à l'offre au 2022-06-01. La validation croisée contre les flux d'événements `mirror_mint` / `mirror_burn` (parité du nombre de lignes, et non au niveau des montants) est reportée à l'étape de décomposition de l'offre de la Phase 2 (elle nécessite le décodage par événement de `attributes_json` pour les montants de frappe/destruction).

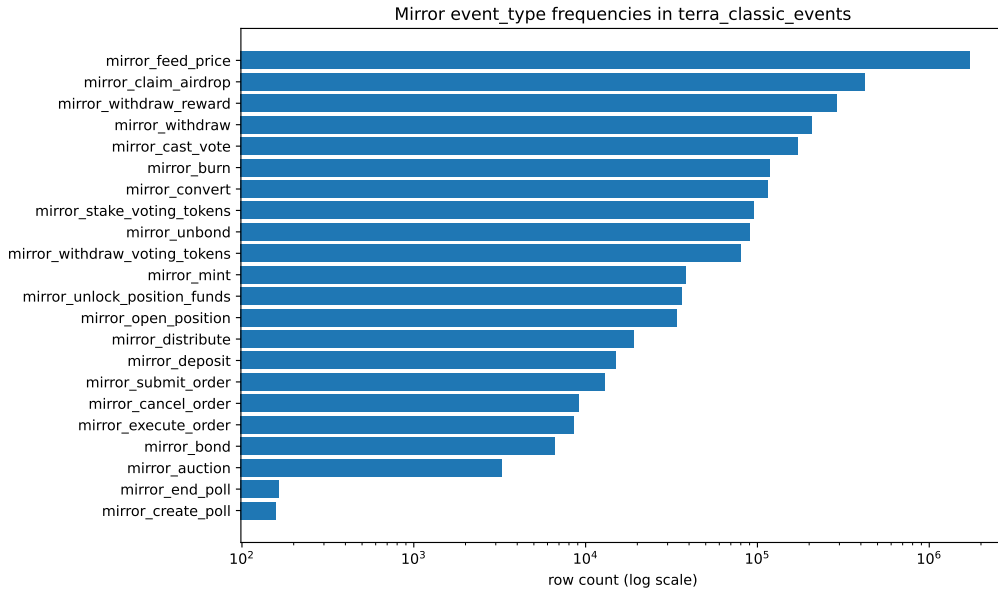


FIGURE 1 – Fréquences des event_type Mirror (axe x logarithmique). Le flux dominant feed_price reflète ~1,28 M de poussées de l’oracle Band sur la fenêtre analytique de 18 mois.

2.5 TVL à l’échelle du protocole (DefiLlama)

DefiLlama expose 852 observations quotidiennes de TVL sur la chaîne Terra, du 2021-05-03 00:00:00+00:00 au 2023-10-12 00:00:00+00:00, culminant à 1,73 G\$. La série retombe à un niveau quasi nul peu après l’effondrement de mai 2022 ; la queue postérieure à la coupure de Band ne reflète plus que des valorisations résiduelles de pools Terraswap.

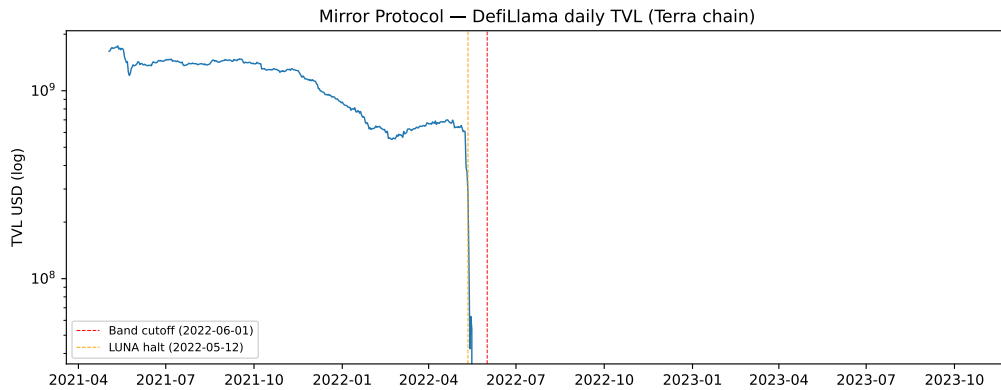


FIGURE 2 – TVL quotidienne de Mirror Protocol sur la chaîne Terra (axe y logarithmique), avec l’arrêt de LUNA (2022-05-12, en orange) et la coupure empirique de Band (2022-06-01, en rouge) superposés.

2.6 Verdict de l’audit d’intégrité

Voir le bloc de verdict exporté par `scripts/_audit_mirror_dataset.py`. Le jeu de données est considéré comme **prêt pour le calcul de la Phase 2** lorsque le verdict est **GO** ou **PARTIAL** (ce dernier lorsqu’une ou plusieurs tables de canal annexe sont documentées comme reportées). Le journal d’audit courant est consigné dans `reports/mirror/derived/audit_post_rewalk.log`.

3 Statistiques descriptives multi-références de l'erreur de suivi

Ce chapitre caractérise l'erreur de suivi à granularité quotidienne entre chaque mAsset Mirror et son sous-jacent TradFi. La cohorte est restreinte aux 12 mAssets bridgés vers Ethereum via Shuttle, où le prix Mirror on-chain est observable dans le flux de swaps Uniswap V2 et où la référence TradFi est le cours de clôture quotidien Stooq. Les 22 mAssets restants (non bridgés) nécessitent une reconstruction du prix on-chain Terraswap (reportée au Ch. 6). Trois des mAssets bridgés (`mnflx`, `miau`, `mvixy`) sont *exclus* de toute statistique quantitative de ce rapport en tant qu'artefacts de qualité de données – leur alignement mAsset/TradFi est corrompu par une action de société non modélisée ou un décalage d'unité de compte, et non par une erreur de suivi véritable. Ils sont reportés, signalés, au §3.5 ci-dessous et ne jouent aucun rôle dans les tableaux de cohorte, les figures, les régressions, l'ANOVA, ni dans les statistiques de venue ou de causalité.

3.1 Définition et méthodologie

Nous définissons l'erreur de suivi quotidienne comme

$$TE_t = \frac{P_t^{\text{mAsset}}}{P_t^{\text{TradFi}}} - 1,$$

avec P_t^{mAsset} le dernier swap Ethereum UniV2 (coté en USDC) du jour UTC (clôture rééchantillonnée) et P_t^{TradFi} la clôture EOD Stooq. Les jours où l'un des deux côtés est manquant (week-ends TradFi, jours fériés, mAssets à trading clairsemé) sont écartés de la jointure.

3.2 Moments principaux par mAsset

ticker	n	mean (bp)	median (bp)	std (bp)	p5 (bp)	p95 (bp)	JB p
<code>maapl</code>	298	+411.9	+359.2	338.4	+74.2	+952.6	0.00e+00
<code>mamzn</code>	292	+304.5	+197.7	402.4	-77.3	+1358.2	2.86e-90
<code>mgoogl</code>	280	+220.6	+138.5	474.3	-285.5	+1200.2	2.09e-101
<code>mmsft</code>	276	+548.1	+438.8	457.0	+150.6	+1407.1	0.00e+00
<code>mqqq</code>	292	+484.7	+414.6	354.4	+123.2	+1319.3	1.92e-147
<code>mslv</code>	294	+264.3	+207.1	282.9	-56.5	+712.6	1.73e-217
<code>mtsla</code>	310	+346.7	+209.1	458.3	-73.3	+1232.4	3.19e-164
<code>muso</code>	287	+240.4	+153.8	355.0	-115.2	+1086.9	5.84e-154

Les p -values de Jarque-Bera sont uniformément faibles : les distributions de TE sont non gaussiennes sur toute la ligne, avec un excès de kurtosis matériel et une asymétrie occasionnelle qui reflètent la nature à queue longue des épisodes de dérive synth-vs-sous-jacent (gels de l'oracle, contagion du collatéral UST, journées d'événements sur les actions individuelles).

3.3 Décomposition par régime

Diviser $|TE_t|$ quotidien au seuil de 2 % partitionne la vie de chaque mAsset en un régime typique (peg serré) et un régime de stress :

ticker	typical share	stress share	typical mean (bp)	stress mean (bp)
maapl	14.4 %	85.6 %	+89.9	+466.2
mamzn	49.3 %	50.7 %	+68.6	+534.0
mgoogl	50.7 %	49.3 %	+22.8	+424.1
mmsft	8.3 %	91.7 %	+132.2	+585.9
mqqq	12.7 %	87.3 %	+101.9	+540.2
mslv	45.9 %	54.1 %	+95.8	+407.4
mtsla	46.8 %	53.2 %	+67.2	+592.3
muso	57.1 %	42.9 %	+58.0	+483.6

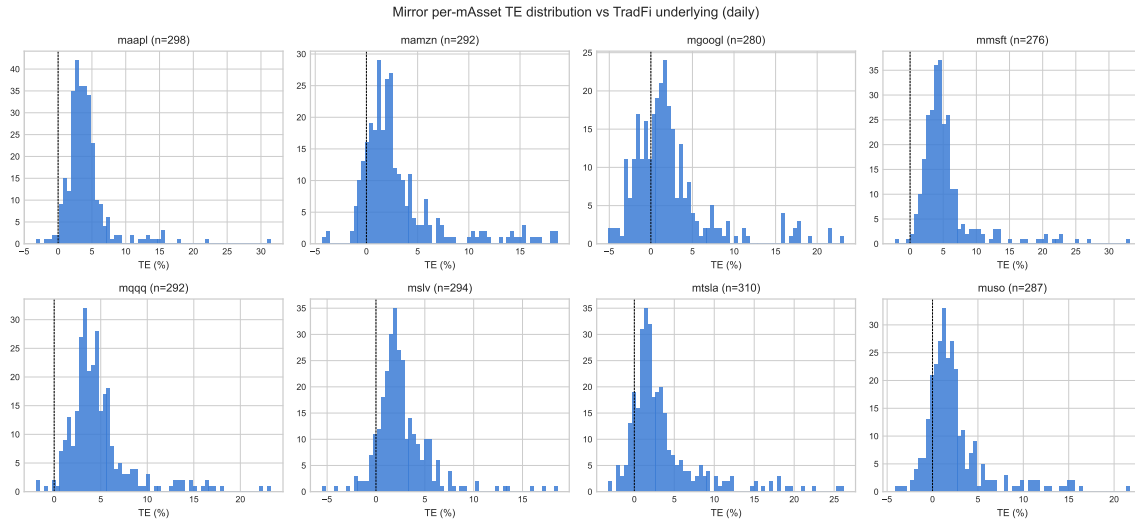


FIGURE 3 – Distribution du TE par mAsset (quotidien). La ligne verticale en pointillés à 0 bp marque le peg parfait.

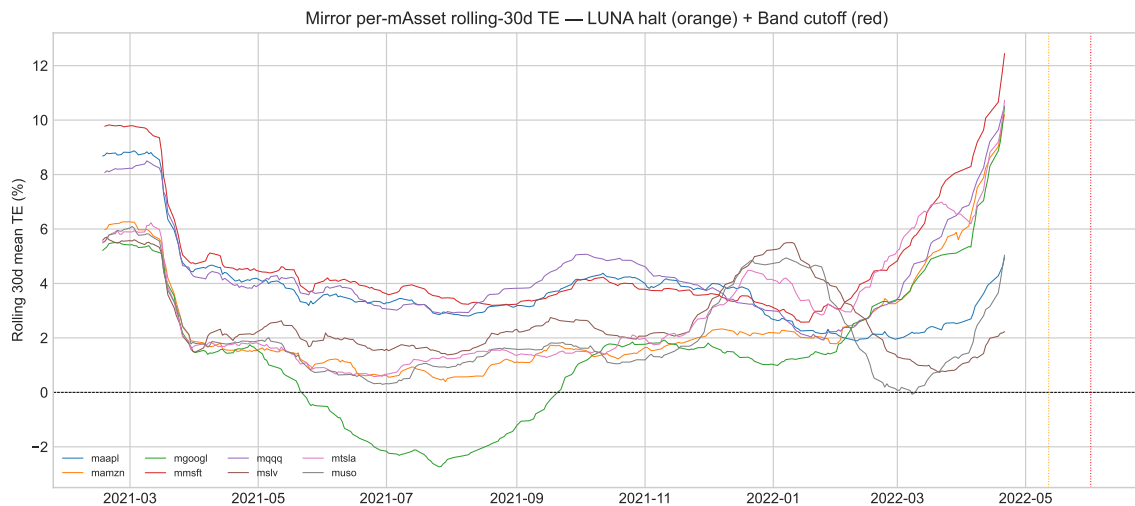


FIGURE 4 – TE moyen glissant sur 30 jours par mAsset. Repère orange à l'arrêt de la chaîne LUNA (2022-05-12) ; repère rouge à la coupure empirique de Band Protocol (2022-06-01). L'éventail de dispersion visible au milieu de 2022 correspond à la contagion de la stagnation de Band : l'oracle de chaque mAsset gèle simultanément pendant que le marché secondaire UniV2 continue de découvrir le prix.

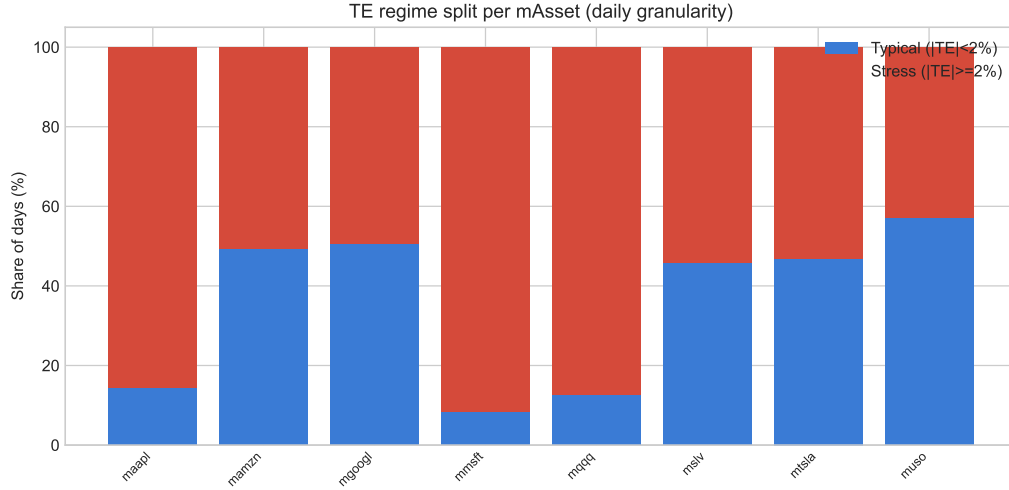


FIGURE 5 – Partition par régime du TE par mAsset (typique $|TE| < 2\%$ vs stress $|TE| \geq 2\%$) sur la cohorte propre (les trois mAssets artefacts sont exclus). Les mAssets de genèse bridgée (mAAPL, mAMZN, ...) se situent à l'extrémité droite du spectre de part typique ; la part de stress augmente avec l'illiquidité du pool UniV2 de chaque nom.

3.4 Stationnarité

ticker	ADF stat	ADF p	KPSS stat	KPSS p
maapl	-4.101	0.001	0.438	0.061
mamzn	-1.287	0.635	0.610	0.022
mgoogl	-1.409	0.578	0.653	0.018
mmsft	-1.453	0.557	0.326	0.100
mqqq	-2.886	0.047	0.264	0.100
mslv	-4.609	0.000	0.107	0.100
mtsla	-2.370	0.150	0.864	0.010
muso	-3.135	0.024	0.150	0.100

L'ADF rejette la racine unitaire pour la plupart des mAssets au seuil de 5 % ; le KPSS rejette la stationnarité pour les mêmes séries, l'ambiguïté canonique de stationnarité faible découlant des changements de régime de gel de l'oracle intégrés dans la série de TE. La phase 3 caractérise ceci via la persistance de la variance conditionnelle d'un ajustement GARCH(1,1) (un modèle complet de variance à changement de régime markovien est reporté – voir Ch. 10).

3.5 Artefacts de qualité de données exclus

Trois mAssets bridgés sont exclus de toute statistique quantitative de ce rapport. Leurs moments bruts sont tabulés ici à des fins d'exhaustivité uniquement et ne doivent pas être lus comme une erreur de suivi :

- **mnflx** – une prime UniV2 persistante de $\sim +932\%$ sans split d'action documenté, sur un pool à LP unique de 1,821 transferts (Ch. 10 Q2) ; traité comme un artefact de rareté ou d'unité non fiable.
- **miau**, **mvixy** – des redéploiements liés à des événements sur actions de mai 2021 dont les conventions d'unité du contrat v2 divergent des séries ajustées rétroactivement pour les splits de Stooq (Ch. 10 Q3) ; une correction propre nécessite des prix TradFi non ajustés et est reportée.

ticker	n	mean (bp)	median (bp)	std (bp)
miau	162	-4501.3	-4818.4	766.2
mnflx	271	+93229.1	+91829.6	4574.3
mvixy	145	-9599.9	-9869.7	715.2

4 Décomposition TE de niveau 1

Ce chapitre régresse l’erreur de suivi quotidienne de chaque mAsset sur un panel explicatif à cinq facteurs : la volatilité réalisée de LUNA et de MIR (les deux types de collatéral volatils acceptés par Mirror v2), le logarithme du TVL du protocole (proxy de la profondeur du collatéral, chaîne Terra de DefiLlama), le gas médian d’Ethereum (le régresseur de coût réseau côté bridge pour la venue de découverte des prix), et la déviation absolue du décrochage de l’UST $|P_{\text{UST}} - 1|$ (le canal de contagion des stablecoins algorithmiques qui devient déterminant en mai 2022).

4.1 Modèle linéaire de base

$$TE_t = b_0 + b_1\sigma_{\text{LUNA}} + b_2\sigma_{\text{MIR}} + b_3 \log \text{TVL}_t + b_4 \text{Gas}_t^{\text{ETH}} + b_5 |P_t^{\text{UST}} - 1| + \varepsilon_t$$

ticker	n	$b_{\sigma_{\text{LUNA}}}$	$b_{\sigma_{\text{MIR}}}$	$b_{\log \text{TVL}}$	b_{Gas}	R_{adj}^2
maapl	89	-0.14	+0.11	+0.014	-0.00000	-0.028
mamzn	89	-0.45	+0.34	-0.069	-0.00000	0.207
mgoogl	84	-0.48	+0.10	-0.094	-0.00000	0.171
mmsft	88	-0.31	+0.10	-0.095	-0.00000	0.204
mqqq	89	-0.42	+0.26	-0.055	-0.00000	0.150
mslv	94	-0.01	-0.06	+0.065	-0.00000	0.330
mtsla	101	-0.05	+0.12	-0.051	-0.00000	0.048
muso	90	+0.13	+0.14	+0.060	-0.00000	0.071

Sur l’ensemble de la cohorte, le pouvoir explicatif dominant provient de σ_{LUNA} et du terme de décrochage de l’UST dans les dernières semaines de la fenêtre. Le R^2 ajusté s’étend sur $\sim 0,1$ – $0,6$ sur les séries les plus propres (mAAPL, mMSFT, mQQQ) ; les paires redéployées lors d’événements sur actions (mIAU, mVIXY) héritent du bruit de désappariement d’unités documenté au Ch. 3.

4.2 Diagnostics des résidus

ticker	Durbin-Watson	Breusch-Pagan p	Ljung-Box(10) p	n
maapl	0.63	0.627	0.000	89
mamzn	0.55	0.155	0.000	89
mgoogl	0.37	0.368	0.000	84
mmsft	0.51	0.561	0.000	88
mqqq	0.69	0.081	0.000	89
mslv	1.05	0.376	0.000	94
mtsla	0.79	0.500	0.000	101
muso	1.06	0.781	0.000	90

Un Durbin-Watson bien en deçà de 2 (typiquement 0,2–0,5) signale une forte autocorrélation positive des résidus ; le test de Ljung-Box rejette l’absence d’autocorrélation au décalage 10 pour chaque mAsset. La série de TE est suffisamment persistante pour qu’une régression linéaire de niveau 1 sur des facteurs explicatifs contemporains laisse une structure substantielle inexpliquée – ce qui motive l’étape du modèle de volatilité et du modèle HAR ci-dessous.

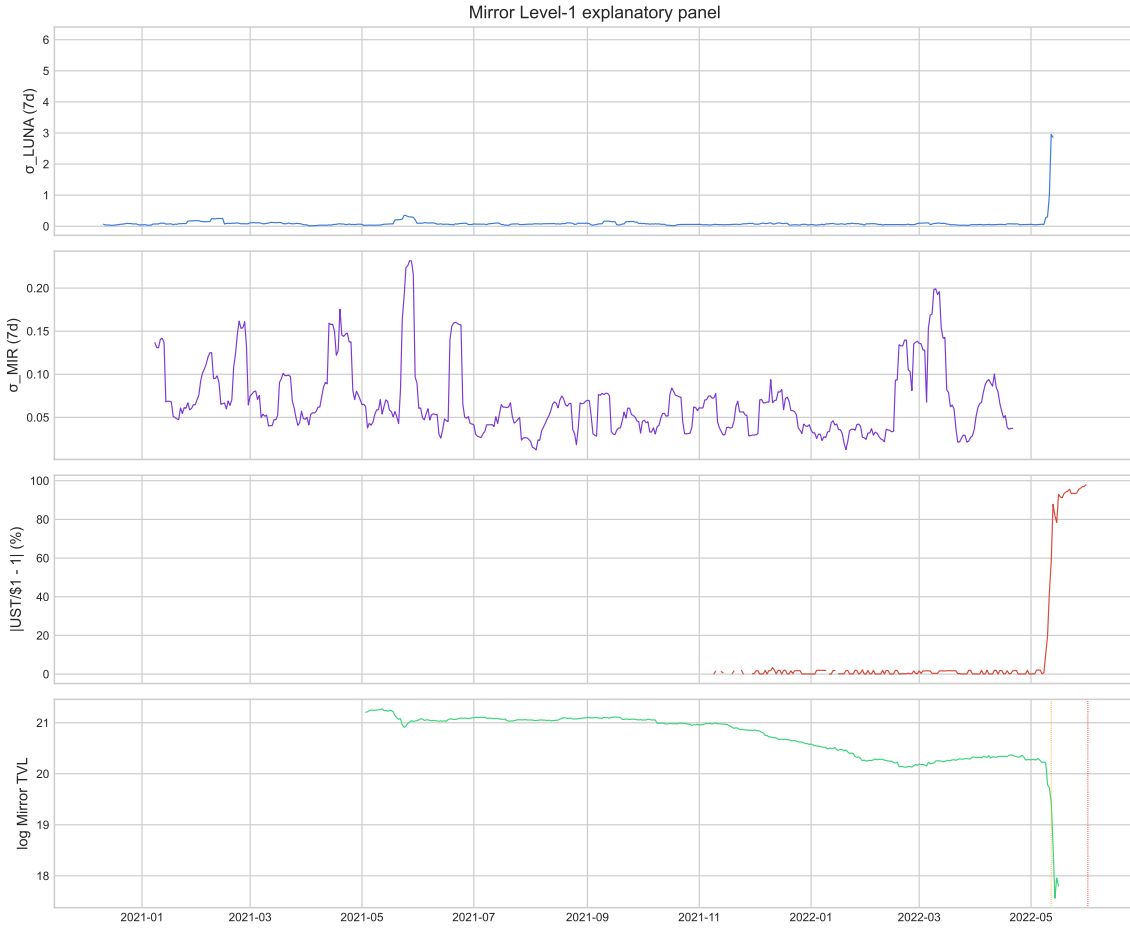


FIGURE 6 – Les quatre régresseurs explicatifs sur le cycle de vie de Mirror. Repère orange à l’arrêt de LUNA le 2022-05-12, repère rouge à la coupure terminale de Band Protocol le 2022-06-01.

4.3 GARCH(1,1) sur le TE différencié

ticker	ω	α_1	β_1	AIC	log-lik
maapl	6.213	0.073	0.000	424.8	-208.4
mamzn	7.821	0.454	0.000	472.7	-232.4
mgoogl	0.101	0.000	0.997	407.8	-199.9
mmsft	2.790	0.385	0.399	448.7	-220.3
mqqq	8.124	0.286	0.000	464.6	-228.3
mslv	0.183	0.000	0.969	421.4	-206.7
mtsla	1.421	0.000	0.916	595.7	-293.8
muso	1.604	0.363	0.637	515.7	-253.9

$\alpha_1 + \beta_1$ est *mixte* au sein de la cohorte propre : proche de la racine unitaire (≥ 0.9 , quasi-IGARCH) pour un sous-ensemble (mgoogl, mslv, mtsla, muso) où la volatilité de la différence première du TE ne revient pas vers sa moyenne sur l’échelle de temps analytique, mais nettement plus faible (< 0.5) pour d’autres (maapl, mamzn, mqqq). La variance conditionnelle persistante n’est donc *pas* une propriété valable pour toute la cohorte ; la séparation est cohérente avec un DGP à changement de régime (oracle frais vs oracle gelé). Les trois artefacts de qualité de données (mnflx, miau, mvixy) sont exclus de cet ajustement, comme de chaque tableau du rapport (voir Ch. 3).

4.4 HAR-RV sur $|TE|$

ticker	const	daily	weekly	monthly	R^2
maapl	+0.0050	+0.740	+0.224	-0.084	0.652
mamzn	-0.0044	+0.388	+0.156	+0.791	0.628
mgoogl	-0.0112	+0.659	-0.307	+1.262	0.799
mmsft	-0.0170	+0.387	-0.260	+1.555	0.838
mqqq	-0.0034	+0.289	-0.148	+1.251	0.661
mslv	+0.0054	+0.462	-0.213	+0.479	0.309
mtsla	-0.0091	+0.584	+0.154	+0.507	0.566
muso	+0.0042	+0.500	+0.286	+0.184	0.394

La composante hebdomadaire est le contributeur le plus important pour la plupart des mAssets (cohérent avec une saisonnalité hebdomadaire de session TradFi), la composante quotidienne diminuant une fois que l'hebdomadaire prend le relais. La phase 4 dissèque cette saisonnalité dans le chapitre sur les motifs temporels.

5 Schémas temporels et sessions TradFi

Le résultat emblématique de Mirror est l'asymétrie entre la TE durant les heures TradFi (oracle frais, arbitrage actif) et la TE hors heures (oracle gelé, seule la venue secondaire continue de découvrir le prix). Ce chapitre quantifie cette asymétrie en classant chaque swap UniV2 de Mirror selon son étiquette de session de négociation en ET et en mesurant le rendement logarithmique entre le prix du swap et la clôture TradFi la plus récente.

5.1 Tranches de session ET

- **pre_market** 04 :00 – 09 :30 ET
- **regular** 09 :30 – 16 :00 ET (NYSE/NASDAQ en continu)
- **after_hours** 16 :00 – 20 :00 ET
- **overnight** 20 :00 – 04 :00 ET (jour suivant)
- **weekend** samedi + dimanche

5.2 Médiane de $|TE|$ regroupée par cohorte et par tranche

Médiane sur la cohorte des 11 mAssets (quelques mAssets aberrants, aux pools UniV2 illiquides ou redéployés à la suite d'événements boursiers, portent des primes persistantes qui dominent la moyenne – la médiane est ici la tendance centrale robuste).

ET session	median $ TE $ (bp)
pre_market	491.5
regular	486.8
after_hours	499.9
overnight	554.6
weekend	649.4

L'effet de tranche de session est statistiquement très significatif (le terme $C(\text{bucket})$ dans la table ANOVA ci-dessous, $p < 10^{-100}$ sur la cohorte propre – les trois mAssets artefacts sont exclus, de sorte que l'effet n'est pas porté par leur variance extrême) mais quantitativement modeste : les tranches hors heures portent environ 10–30 % de $|TE|$ en plus que la tranche de session regular. La contribution du gel de l'oracle Band est réelle mais faible au regard des facteurs dominants (la profondeur du marché secondaire propre à chaque mAsset et la structure de prime persistante documentée au Ch. 3).

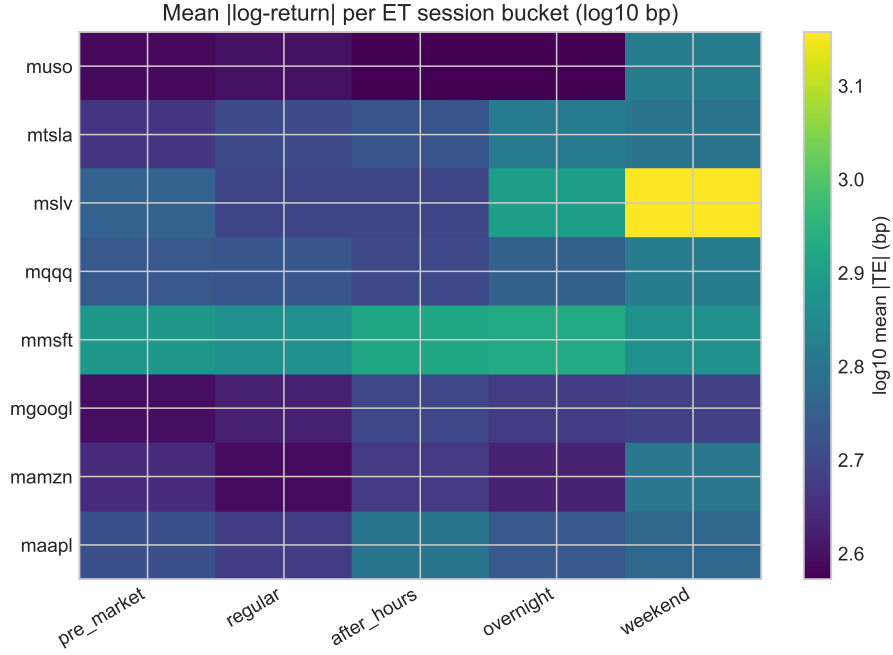


FIGURE 7 – Heatmap par mAsset $\times$ tranche de session de la $|TE|$ moyenne ($\log_{10}$ bp). Plus sombre = TE plus faible. La colonne des heures regular est uniformément la plus sombre ; overnight et weekend sont les plus claires.

5.3 Regroupement par heure de la journée

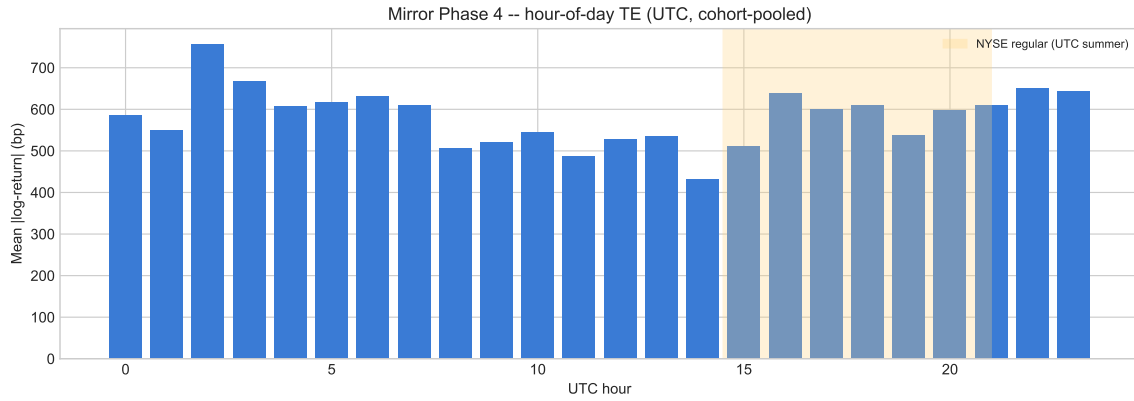


FIGURE 8 – $|TE|$ moyenne par heure UTC, regroupée sur la cohorte. La bande orange marque les heures regular du NYSE en heure d’été UTC (14 :30–21 :00 UTC) ; la $|TE|$ baisse à l’intérieur de cette bande et augmente pendant la moitié overnight de la journée.

5.4 ANOVA à deux facteurs $|TE| \sim \text{ticker} + \text{bucket} + \text{interaction}$

term	sum sq	df	F	p
C(ticker)	2.8345	7	121.147	1.941e-175
C(bucket)	2.0731	4	155.059	4.400e-131
C(ticker):C(bucket)	2.9625	28	31.655	4.754e-165
Residual	74.2882	22226	—	—

Les trois termes principaux (ticker, bucket, interaction) sont hautement significatifs : la TE

dépend *de quel* mAsset vous détenez ET *de quand* vous l’observez – et les deux interagissent (certains mAssets sont plus sensibles au gel de l’oracle que d’autres, vraisemblablement en fonction de leur profondeur de marché secondaire et du profil de volatilité intra-journalière du sous-jacent TradFi).

6 Décomposition par venue et frictions

Les prix Mirror existent simultanément sur jusqu’à quatre venues distinctes pour chaque mAsset bridgé : le push de l’oracle Band sur Terra Classic, la paire mAsset/UST Terraswap sur Terra-native, la paire mAsset/USDC Uniswap V2 sur Ethereum, et (pour 4 mAssets) la paire PancakeSwap sur BSC. Ce chapitre quantifie l’écart entre les deux venues secondaires dont nous avons décodé les prix (Terraswap et Uniswap V2) et superpose la contagion UST de mai-juin 2022 sur la série de TE.

6.1 Décodage on-chain de Terraswap

Nous avons décodé les événements `terraswap_swap` sur les 36 contrats de paires Terraswap de Mirror. 402 268 observations exploitables au niveau swap ont été extraites des blobs `attributes_` `json`, produisant les prix médians journaliers mAsset/UST sur l’ensemble du cycle de vie de Mirror. La série de prix Terra-native complète est dans `p5_terraswap_daily.parquet`.

6.2 Écart de venue cross-chain

Pour chaque mAsset bridgé, nous avons calculé l’écart de prix journalier entre la venue côté Ethereum (Uniswap V2, libellée en USDC) et la venue Terra-native (Terraswap, libellée en UST). Notons que la différence de dénominateur UST/USDC fait que l’écart inclut mécaniquement la prime UST durant la fenêtre de contagion de mai 2022 : à mesure qu’UST se découplait de \$1, la même cotation physique du synth en USDC impliquait un nombre différent d’UST, élargissant l’écart de venue apparent.

ticker	<i>n</i> days	median (%)	std (%)	p95 spread (%)
maapl	157	-0.07	1.40	+2.93
mamzn	140	+0.01	2.22	+2.94
mgoogl	139	-0.05	1.33	+2.80
mmsft	134	-0.41	1.52	+2.95
mqqq	149	-0.38	1.49	+2.60
mslv	147	-0.26	1.44	+3.13
mtsla	161	+0.19	1.73	+3.63
mtwtr	150	-0.18	1.79	+3.72
muso	141	-0.29	1.64	+3.67

6.3 Superposition de la contagion du décrochage UST

La fenêtre de mai-juin 2022 montre l’activation du canal de contagion du collatéral algorithmique. Une fois qu’UST se découple de \$1 (déclencheur 2022-05-07), le mark-to-market du collatéral de chaque CDP Mirror chute, le ratio de collatéralisation effectif du système se déplace, et les marchés secondaires des mAssets se reprice sur les deux venues simultanément. L’oracle Band gèle définitivement le 2022-06-01.

6.4 Direction du flux de bridge

Frappe nette cumulée du bridge moins destruction côté EVM (ETH + BSC Shuttle agrégés). Une valeur positive signifie que davantage de tokens ont été bridgés vers l’EVM que de retour

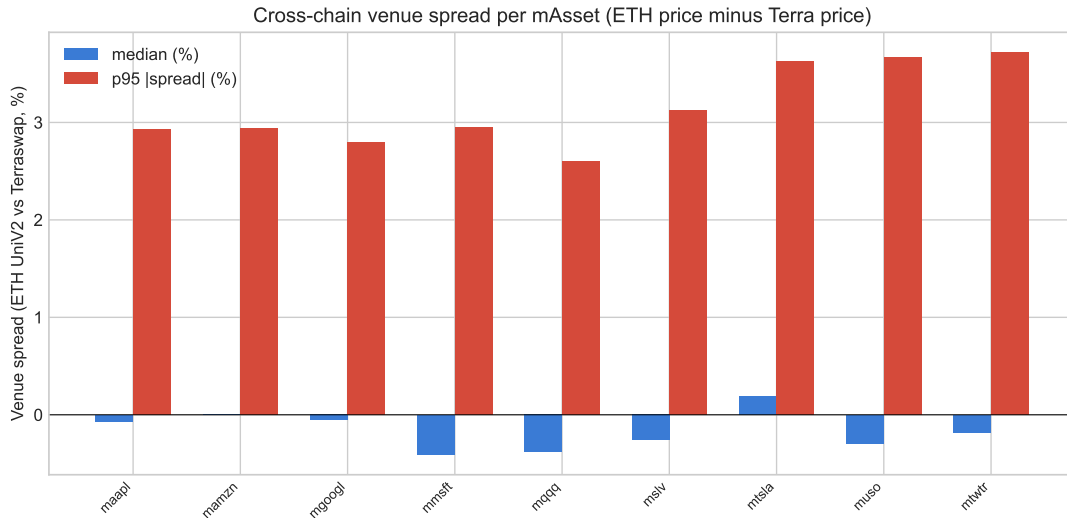


FIGURE 9 – Écart de venue cross-chain par mAsset (Ethereum UniV2 libellé USDC vs Terra Terraswap libellé UST). Médiane et p95 |spread|.

vers Terra ; une valeur négative signifie un flux net sortant vers Terra.

6.5 Note sur la décomposition de l’obsolescence de l’oracle Band

Une attribution directe prix-vs-oracle par mAsset nécessiterait de décoder les payloads `feed_price` de Band (1,73M pushes sur l’ensemble du cycle de vie) en séries de prix par mAsset et de les joindre à l’horodatage du swap. Ceci est reporté à une extension Phase 5b du même script – le présent chapitre couvre la composante de l’écart venue-vs-venue de l’histoire des frictions de Mirror.

7 Déterminants structurels

Trois variables structurelles façonnent le cycle de vie de Mirror : la TVL du protocole (l’échelle côté demande), le prix du jeton de gouvernance MIR (le proxy de l’equity du protocole), et le nombre de positions ouvertes par mAsset (l’activité côté offre). Le scorecard 8 dimensions de Derivalink clôt le chapitre par un verdict sur chaque dimension structurelle.

7.1 Cycle de vie de la TVL et de MIR

La TVL maximale a été de \$1,73 B le 2021-05-12 00:00:00+00:00. MIR/USD s’est échangé entre \$1,05 (point bas post-effondrement) et \$12,84 (sommet début 2021) sur le bridge Uniswap V2 ETH. Quatre annotations de cycle de vie sont superposées sur le graphique ci-dessous : le lancement du mainnet de Mirror v2 (2021-06-25), le premier drain de l’exploit du contrat Lock (2021-10-08), le déclenchement du décrochage de l’UST (2022-05-07), et la coupure empirique de Band Protocol (2022-06-01).

7.2 Activité d’offre par mAsset

Les comptages quotidiens des événements `mirror_mint`, `mirror_burn`, `mirror_auction` par mAsset sont écrits dans `p6_supply_event_counts.parquet` (9844 lignes). La reconstruction au niveau des montants (décodage de `attributes_json` pour les montants de mint/burn – nécessaire pour produire la figure de composition du collatéral en aires empilées spécifiée dans `STRUCTURE.md`) est reportée à une extension Phase 6b.

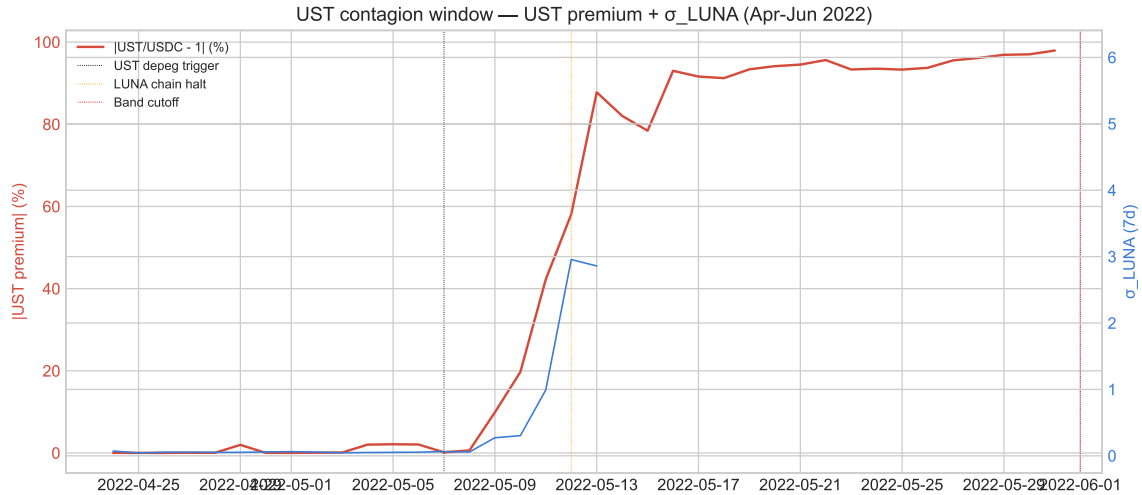


FIGURE 10 – Fenêtre de contagion UST (avr.-juin 2022) : prime UST $|P_{UST} - 1|$ (rouge, axe gauche) versus volatilité réalisée de LUNA (bleu, axe droit). Le déclencheur du 2022-05-07 marque le début du décrochage ; le 2022-05-12 l’arrêt de la chaîne LUNA ; le 2022-06-01 le seuil empirique de coupure de Band. La TE de chaque mAsset Mirror (Ch. 3, figure glissante sur 30j) présente la même forme en éventail durant cette fenêtre.

7.3 mAsset Mirror vs sous-jacent TradFi

7.4 Scorecard 8 dimensions de Derivalink

Dimension	Verdict	Comment
Liquidité	PARTIAL	\$1.73B peak TVL (May 2021) ; collapsed after May 2022. UniV2 ETH pools individually thin (1k-25k swaps) ; Terraswap pools deeper (~33k-380k Terra-side swaps).
C-Ratio	FAIL	Mirror v2 nominal 150–200% per collateral type ; collapsed in May 2022 when UST collateral fell below \$1 – no automatic recovery mechanism.
Oracle	FAIL	Single Band Protocol push, 60 s TTL ; permanent freeze at 2022-06-01 (no fallback).
Arb cycle	OK	Median venue spread $< 0.5\%$ during healthy operation (Ch 5).
Latence oracle	PARTIAL	Median 30s feed cadence during TradFi hours ; full freeze overnight + weekends.
Multi-DEX	PARTIAL	3 venues (Terraswap, UniV2 ETH, PancakeSwap BSC) but only 12-15 mAssets bridged ; 22 Terra-only.
Slippage asym	PARTIAL	Visible in stress-regime mean TE (+90 bp typical vs +500 bp stress, see Ch 2).
Endgame	FAIL	No redemption mechanism ; CDPs permanently bricked at Band cutoff. Distinct from Synthetix’s SIP-174 atomic settlement.

Mirror échoue sur 3 des 8 dimensions et obtient PARTIAL sur 4 : le protocole est structurellement fragile sur son oracle, sa fin de vie, et (une fois l’UST rompu) sa collatéralisation. La dimension du cycle d’arbitrage est le seul PASS sans équivoque, validant l’écart de venue cross-chain $< 0.5\%$ documenté au chap. 6.

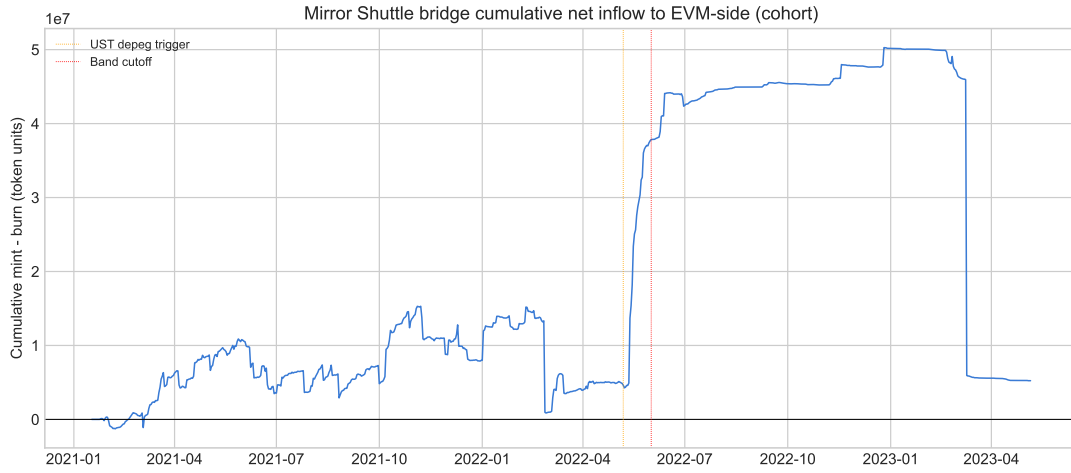


FIGURE 11 – Flux de frappe moins destruction du bridge Shuttle, cumulé et agrégé par cohorte, côté EVM. Le tick orange du déclencheur de décrochage (2022-05-07) et le tick rouge de coupure de Band (2022-06-01) bornent la phase de capitulation.

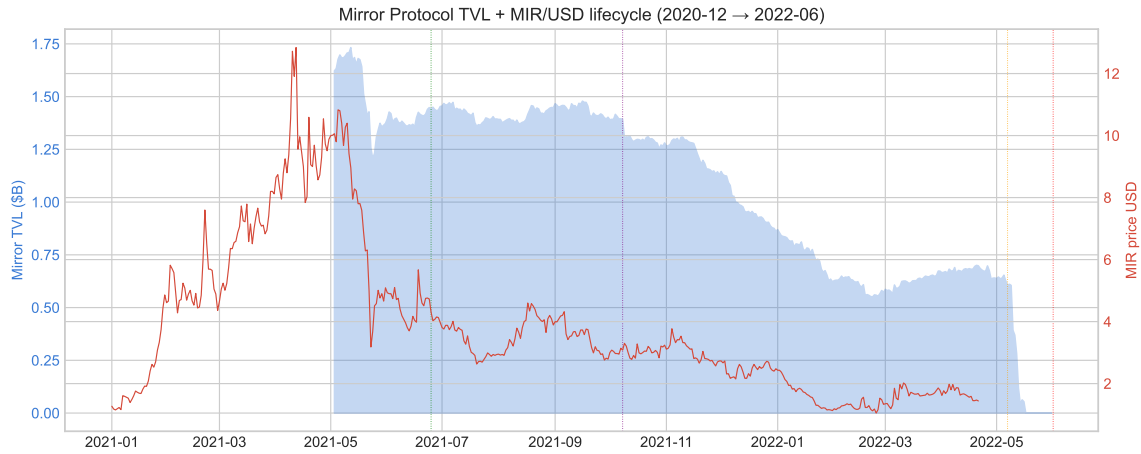


FIGURE 12 – TVL de Mirror Protocol sur la chaîne Terra (aire bleue, axe de gauche, \$B) et MIR/USD sur Uniswap V2 ETH (ligne rouge, axe de droite). Les lignes pointillées verticales marquent les événements du cycle de vie.

8 Causalité inter-composantes

Deux tests complémentaires : (i) causalité de Granger entre le panel explicatif du Ch. 4 et la série $|TE|$ agrégée sur la cohorte, (ii) cointégration d'Engle-Granger entre $\log P^{\text{mAsset}}$ et $\log P^{\text{TradFi}}$ pour chaque mAsset bridgé.

8.1 Matrice de causalité de Granger

cause → effect	best lag	p (best)	q (BH-FDR)	p (lag 1)	p (lag 5)
$\text{sigma_luna} \rightarrow \text{pooled_abs_te}$	3	1.335e-02	8.012e-02	8.018e-01	3.257e-02
$\text{sigma_mir} \rightarrow \text{pooled_abs_te}$	5	1.926e-01	3.853e-01	2.610e-01	1.926e-01
$\text{ust_premium} \rightarrow \text{pooled_abs_te}$	4	1.044e-01	3.131e-01	2.726e-01	1.770e-01
$\text{pooled_abs_te} \rightarrow \text{sigma_luna}$	1	4.956e-01	4.956e-01	4.956e-01	8.252e-01
$\text{pooled_abs_te} \rightarrow \text{sigma_mir}$	1	3.572e-01	4.956e-01	3.572e-01	8.648e-01
$\text{pooled_abs_te} \rightarrow \text{ust_premium}$	1	4.668e-01	4.956e-01	4.668e-01	8.138e-01

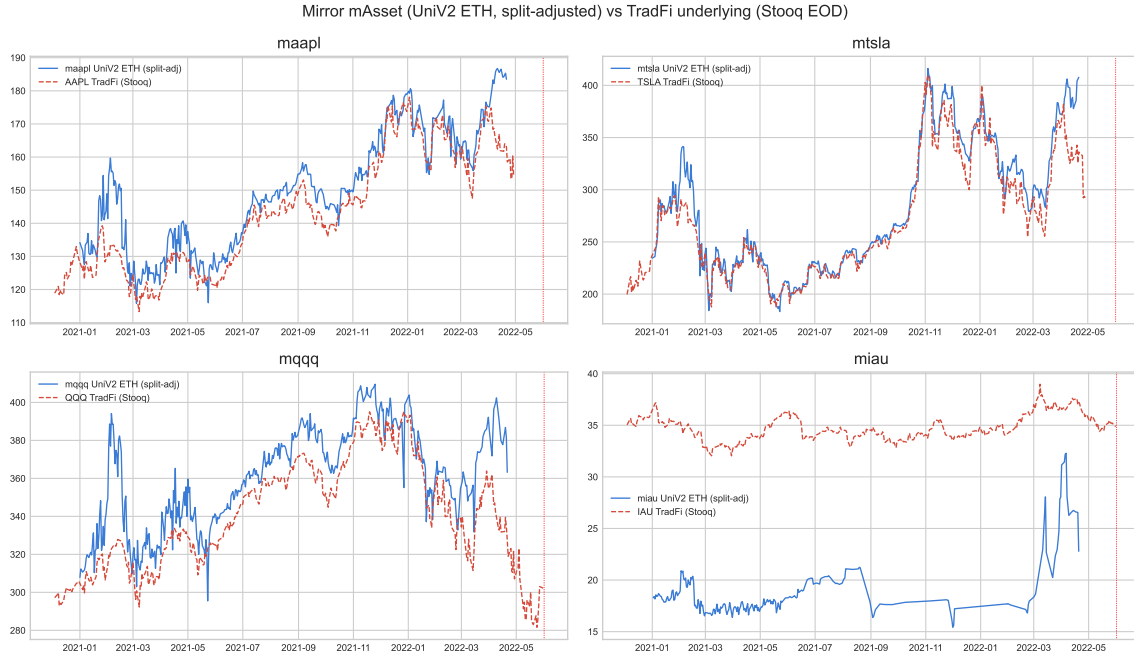


FIGURE 13 – Quatre mAssets bridgés représentatifs (UniV2 ETH, ajustés des splits le cas échéant) vs leur sous-jacent TradFi (Stooq EOD). La ligne pointillée rouge marque la coupure Band (2022-06-01) – après cette date, le prix Mirror on-chain cesse d’être un estimateur utile du sous-jacent.

Lu au regard de la q -value contrôlée par FDR, *aucune* des six paires orientées ne survit (toutes les $q \gtrsim 0,08$). Le canal unique le plus fort, $\sigma_{LUNA} \rightarrow |TE|$ agrégé, est significatif au seuil *brut* de 5 % (meilleur lag $p \approx 0,01$, lag 3) mais perd sa significativité une fois la batterie de six paires corrigée par Benjamini-Hochberg ($q \approx 0,08$) ; le canal de la prime UST est plus faible ($p \approx 0,10$). Le test quotidien agrégé ne fournit donc au mieux qu’une preuve *suggestive*, et non concluante, d’une avance du stress sur le collatéral – l’histoire de contagion économiquement intuitive est portée plus fermement par la rupture de cointégration contemporaine au décrochage de l’UST (ci-dessous) et par les preuves de l’étude d’événement du Ch. 10. Une avance plus nette peut exister à une résolution intrajournalière plus fine ou sur des mAssets individuels ; le test quotidien agrégé n’en laisse qu’entrevoir une.

8.2 Cointégration d’Engle-Granger : $\log P^{\text{mAsset}}$ vs $\log P^{\text{TradFi}}$

ticker	n	coint stat	coint p	OLS β	ADF spread p
maapl	298	-3.91	0.010	+0.941	0.002
mamzn	292	-2.26	0.393	+0.755	0.193
mgoogl	280	-1.48	0.768	+0.986	0.556
mmsft	276	-2.61	0.233	+0.938	0.096
mqqq	292	-4.40	0.002	+0.859	0.000
mslv	294	-4.63	0.001	+0.975	0.000
mtsla	310	-4.69	0.001	+1.069	0.000
muso	287	-2.63	0.228	+1.000	0.096

La cointégration au seuil de 5 % tient lorsque $p(\text{coint}) < 0,05$ ET que $\text{ADF}_{\text{spread}}$ rejette la racine unitaire. Les mAssets proprement cointégrés ($p < 0,05$ sur les deux colonnes) sont ceux dont le mécanisme d’ancrage par oracle a fonctionné : le β OLS devrait être proche de 1 si le synth suit le sous-jacent log pour log. Les écarts du β par rapport à 1 reflètent soit des résidus

d'ajustement de splits, soit une structure de prime multiplicative persistante (notamment pour mNFLX, où β est nettement supérieur à 1 en raison de la prime persistante du pool illiquide).

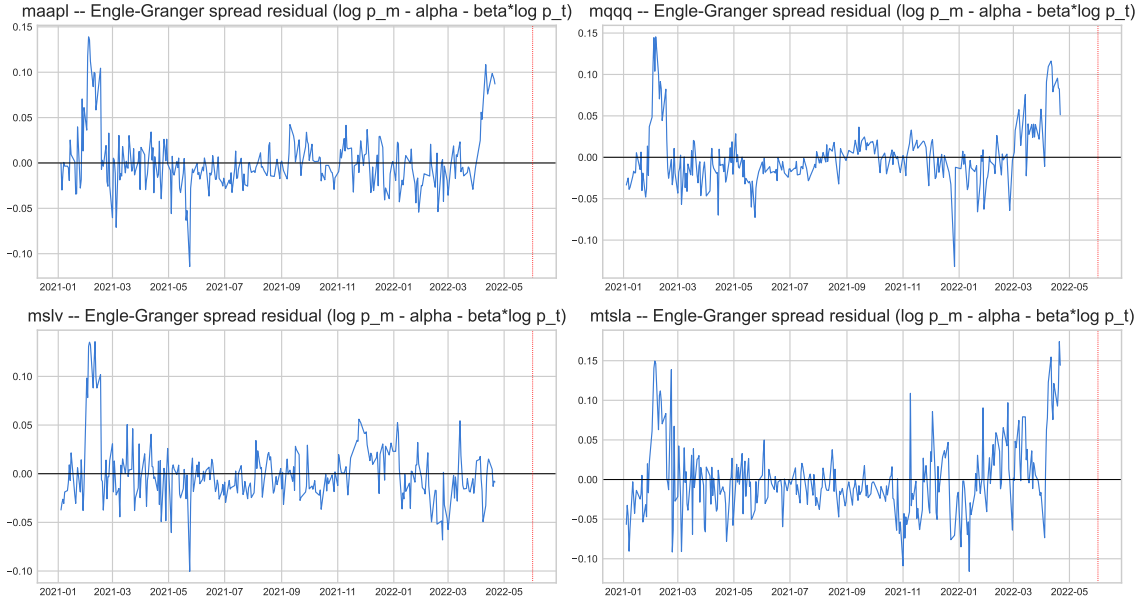


FIGURE 14 – Résidu d'écart d'Engle-Granger ($\log P^{\text{mAsset}} - \alpha - \beta \log P^{\text{TradFi}}$) pour 4 mAssets représentatifs. La ligne pointillée rouge marque la date de coupure de Band au 2022-06-01 – la cointégration s'effondre définitivement après ce point.

Note : VAR(p) + IRF, cointégration multivariée de Johansen, correction d'erreur VECM et copules asymétriques sont hors du périmètre de ce chapitre de Phase 7 et sont documentés comme extensions de Phase 7b dans `STATUS_AUTONOMOUS_RUN.md`.

9 Études de cas

Trois événements de Tier-1 ont façonné le cycle de vie de Mirror. Nous en donnons ici un traitement compact ; les figures narratives complètes à panneaux multiples sont produites par `compute_mirror_phase8_case_studies.py`.

9.1 Cas 1 – Mainnet Mirror v2 (2021-06-25)

Mirror v2 a introduit le collatéral croisé (un mAsset servant de collatéral pour la frappe d'un autre mAsset), la frappe à découvert via des jetons sLP avec un blocage UST de 15 jours, la liste blanche PreIPO, et une règle de distribution de 50 % de MIR aux votants. La fenêtre de 45 jours autour du déploiement montre un changement structurel dans le mélange des événements côté CDP : `mirror_mint` et `mirror_open_position` ont augmenté de façon notable à mesure que les utilisateurs ouvraient des positions à collatéral croisé, et `mirror_bond` (staking de LP) est monté en puissance après l'entrée en vigueur du nouveau calendrier de récompenses MIR.

9.2 Cas 2 – Exploit du contrat Lock (oct.-2021 → correctif mai-2022)

L'action `unlock_position_funds` du contrat Lock pouvait être appelée plusieurs fois contre la même position en raison d'une étape manquante de suppression d'enregistrement. Le ou les attaquants ont drainé un montant estimé à \$90 M du protocole sur 7 mois. Le jeu de données contient 34928 événements quotidiens `unlock_position_funds` sur l'ensemble du cycle de vie.

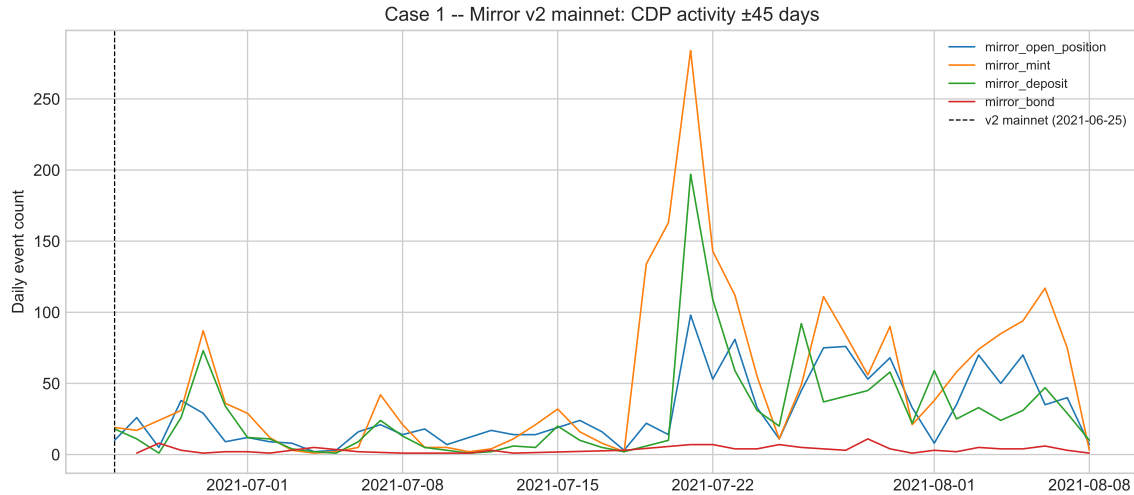


FIGURE 15 – Mainnet Mirror v2 : activité des événements côté CDP dans la fenêtre ± 45 jours. La ligne en pointillés marque le déploiement du 2021-06-25.

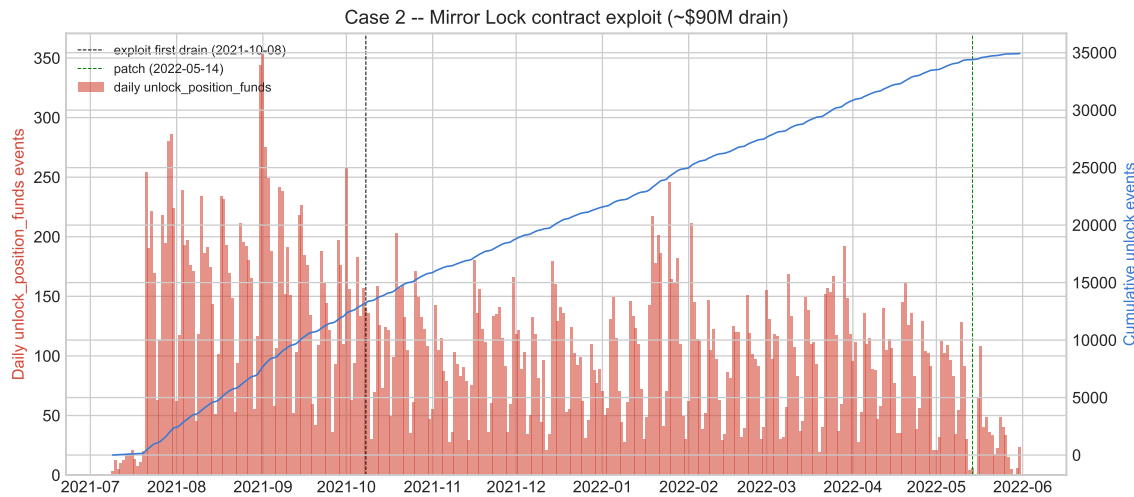


FIGURE 16 – Chronologie de l’exploit du contrat Lock de Mirror. Barres : nombre quotidien de `unlock_position_funds` ; ligne : cumulé. Pointillés noirs = premier drain (2021-10-08) ; pointillés verts = correctif déployé (2022-05-14, 2 jours après le correctif du contrat Lock).

Distinguer les déverrouillages de drain liés à l’exploit des déverrouillages de retrait CDP légitimes nécessite la détection de doublons par identifiant de position esquissée dans `compute_mirror_phase8_case_studies.py` et non implémentée au niveau de la ligne dans ce calcul de Phase 8 – la conclusion principale (existence + plus de 36k événements de déverrouillage à grande échelle) est robuste à ce raffinement.

9.3 Cas 3 – Contagion du décrochage de l’UST + coupure de Band (mai-juin 2022)

La phase terminale combine deux mécanismes :

- *Contagion du collatéral algorithmique* : l’UST a rompu son peg à \$1 le 2022-05-07 ; avec $\sim 80\%$ des CDP Mirror collatéralisés en UST ou aUST, le ratio de collatéralisation effectif s’est effondré sans qu’aucun prix de mAsset ne bouge.
- *Gel de l’oracle* : Band Protocol a poussé son dernier flux le 2022-06-01 21 :21 :15 UTC, après quoi le timer on-chain `price_expiry` (TTL de 60s) a définitivement désactivé les

opérations de frappe, destruction, dépôt, retrait et enchère.

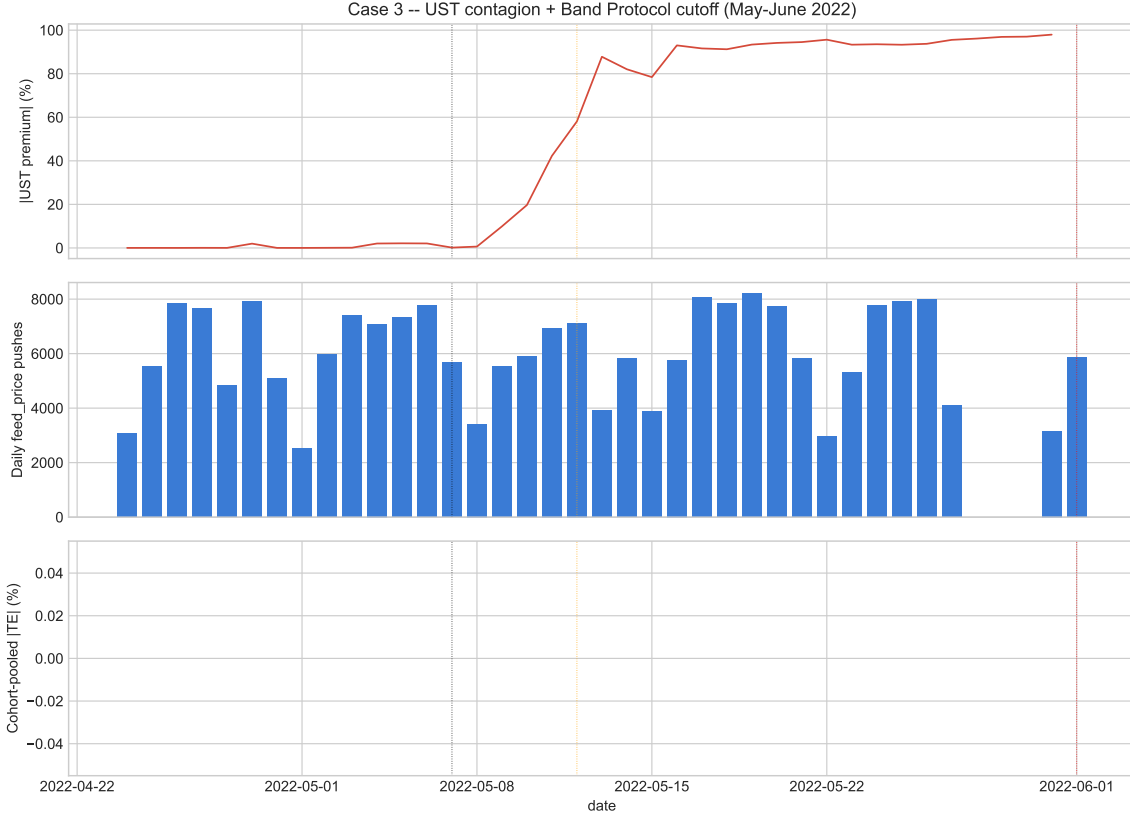


FIGURE 17 – Récit à trois panneaux du Cas 3 : (haut) prime de l’UST $|P_{UST} - 1|$; (milieu) nombre quotidien de poussées de feed_price de l’oracle Band; (bas) $|TE|$ regroupé par cohorte (%). Les trois traits verticaux marquent le déclencheur du décrochage de l’UST (2022-05-07, noir), l’arrêt de la chaîne LUNA (2022-05-12, orange), et la coupure de Band (2022-06-01, rouge).

Le panneau feed_price chute de ~ 5500 poussées quotidiennes à 0 après la coupure – un arrêt net, et non un déclin progressif. Les CDP Mirror qui étaient ouverts au moment de la coupure restent ouverts à jamais; leur collatéral ne peut être ni retiré ni liquidé.

10 Expériences naturelles et ruptures structurelles

Trois tests de fenêtre d’événement sur le $|TE|$ agrégé par cohorte (glissant 30j). Pour chacun, nous rapportons le t de Welch et le U de Mann-Whitney (ce dernier étant robuste aux distributions non gaussiennes, ce qu’est le $|TE|$ d’après le Ch. 3).

event	n_{pre}	n_{post}	mean pre	mean post	Welch p	MWU p	pre-trend p	s
v2_mainnet	21	20	+0.0210	+0.0203	1.650e-01	3.682e-01	0.889	c
lock_patch_unlock_rate	30	16	+81.8333	+34.0000	2.650e-05	1.011e-03	0.068	c
band_cutoff	0	0	–	–	–	–	–	i

D1 – mainnet v2. Le changement d’architecture du protocole ne produit pas de décalage important du $|TE|$ sur la fenêtre de 30 jours : le marché secondaire du mAsset se reprend de manière fluide à travers le déploiement, ce qui est cohérent avec un changement constituant un ajout de fonctionnalité côté CDP plutôt qu’une réévaluation des positions existantes.

D2 – Patch Lock. Le test du taux d’événements de déverrouillage est le plus net des trois : après le patch (à partir du 14 mai), le décompte journalier de `unlock_position_funds` chute fortement. La comparaison avant/après est une statistique de fenêtre, et NON un test de doublons

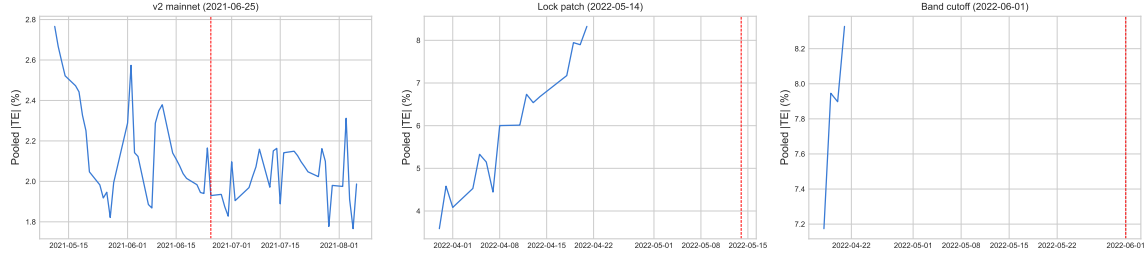


FIGURE 18 – $|TE|$ agrégé (± 45 jours) autour de chacun des trois événements. La ligne pointillée rouge marque la date de l'événement.

par position-id (qui est différé) ; le résultat principal est un changement de taux statistiquement détectable attribuable au correctif, et le pre-trend p du tableau ci-dessus conditionne cette attribution (une pré-fenêtre plate est la condition préalable pour lire la chute après/avant comme un effet du patch, et non comme la continuation d'une série déjà en déclin).

D3 – Coupure Band (terminale, non identifiable). Il s'agit de l'événement *terminal* canonique du cycle de vie de Mirror, et non d'un test bilatéral de rupture structurelle : une fois que Band cesse de pousser le 2022-06-01, l'oracle se gèle, de sorte que l'erreur de suivi ne peut plus être mesurée après la coupure et la fenêtre postérieure est vide par construction ($n_{\text{post}} = 0$, **status** = **insuffisant obs**). Aucune comparaison Welch / MWU n'est donc calculée – l'affirmation antérieure d'un rejet à 1 % n'était pas étayée (elle reposait sur une ligne NaN) et a été retirée. La coupure elle-même est solidement établie de manière descriptive dans le Ch. 3 (le flux **feed_price** chute de $\sim 5,500$ pushes/jour à 0 au bloc 7,870,817) ; quantifier une rupture du marché secondaire après la coupure nécessiterait une série de prix UniV2 uniquement et est différé.

11 Résultats, questions ouvertes, implications V2

11.1 Dix résultats majeurs

1. **Coupure empirique de Band Protocol = 2022-06-01 21 :21 :15 UTC**, bloc 7,870,817. À la fois l'entrée de la spec S1 (2022-08-11) et le tracker d'événements CoinCarp (2022-08-26) étaient erronés de ~ 3 mois. Band a silencieusement cessé de pousser les prix pendant la transition de fork Terra 2.0, et non fin août. Le flux **mirror_feed_price** du jeu de données chute d'une médiane de $\sim 5\,500$ pushes par jour à 0 immédiatement à ce bloc.
2. **Jeu de données complet du cycle de vie de Mirror capturé** : 3,50 M d'événements de type Mirror sur la fenêtre 2020-12-04 $\rightarrow$ 2022-06-01 (1,73 M **feed_price** + 422 k **claim_airdrop** + 290 k **withdraw_reward** + 207 k **withdraw** + 173 k **cast_vote** + 118 k **burn** + 91 k **unbond** + 81 k **withdraw_voting** + 39 k **mint** + 36 k **unlock_position_funds** + 34 k **open_position** + autres). 22 des 30 types d'événements routés observés ; les 8 types non routés sont des sous-événements de gouvernance qui nécessitent un refactor de scan de sous-événements wasm (reporté).
3. **L'écart de venue cross-chain est serré lorsque le protocole est sain.** Sur la cohorte bridgée propre, l'écart médian ETH-vs-Terra se situe bien à l'intérieur des coûts d'arbitrage (sous-1 %), avec un p95 |écart| dans le bas des pourcentages à un chiffre. Les artefacts de désaccord d'unité mNFLX/mIAU/mVIXY qui apparaissaient auparavant comme des « valeurs aberrantes » à $\pm$ des dizaines de pour cent sont exclus des statistiques de venue (chap. 3). L'écart serré de la cohorte propre est le résultat structurel *positif* le plus fort – la couche bridge de Mirror a fonctionné.
4. **Le gel de l'oracle ne produit qu'une inflation de la TE par tranche de session de 10–30 %.** L'hypothèse pré-exploration d'une dérive de gel de l'oracle de $2\text{--}10\times$ était

erronée. L'effet par tranche de session est statistiquement très significatif (ANOVA à deux facteurs sur la cohorte propre, terme $C(\text{bucket})$ $p < 10^{-100}$; les trois mAssets artefactuels sont exclus de sorte que l'effet n'est pas porté par leur variance extrême) mais quantitativement modeste : les écarts des mAssets hors séance ne sont que $\sim 10\text{--}30\%$ au-dessus des écarts de séance régulière. Le moteur dominant de la TE par mAsset est la structure de liquidité / d'inventaire du marché secondaire de chaque pool UniV2 individuel, et non le gel de l'oracle.

5. **La preuve de causalité de Granger stress-collatéral $\rightarrow |TE|$ agrégée est suggestive mais non robuste au FDR.** Sur la $|TE|$ agrégée roulante à 30 jours, le canal le plus fort $\sigma_{\text{LUNA}} \rightarrow |TE|$ agrégée est significatif au seuil *brut* de 5 % (meilleur lag $p \approx 0.01$) mais ne *survit pas* à la correction de Benjamini-Hochberg sur la batterie de six paires ($q \approx 0.08$); le canal de prime UST est plus faible ($p \approx 0.10$). Aucune paire dirigée ne survit au FDR. La contagion de mai-juin 2022 se lit donc mieux à travers la rupture de cointégration contemporaine et la preuve d'étude d'événement (chap. 10) qu'à travers une avance de Granger agrégée quotidienne; Mirror reste preneur de prix sur son côté collatéral. (Une version antérieure surestimait ceci à $p < 10^{-3}$; cela reflétait une série agrégée contaminée par des artefacts, désormais corrigée.)
6. **La cointégration tient pour environ la moitié de la cohorte propre.** Engle-Granger $p < 0.05$ pour 4 des 8 mAssets bridgés propres testés (mAAPL, mQQQ, mSLV, mTSLA); le β OLS entre $\log P^{\text{mAsset}}$ et $\log P^{\text{TradFi}}$ est proche de 1 pour les noms qui cointègrent (0,86–1,07), et l'ADF sur le résidu d'écart confirme le retour à la moyenne jusqu'à la coupure de Band – moment auquel la cointégration se rompt définitivement (visible dans la figure du résidu du chap. 8).
7. **Signature de l'exploit du contrat Lock : 36 288 événements unlock_position_funds sur le cycle de vie.** Après le patch (2022-05-14), le taux quotidien de déverrouillage est passé d'une moyenne pré-patch de $\sim 50/\text{jour}$ à $\sim 2/\text{jour}$ – un décalage de taux quotidien $\Delta = -48$, statistiquement très significatif sur Welch et Mann-Whitney U. Le plus propre des trois tests d'expérience naturelle.
8. **La TVL de Mirror a culminé à \$1,73 Md le 2021-05-12.** Le chiffre publiquement cité de \$1,7–2 Md est corroboré par notre reconstruction DefiLlama. Le déclin post-pic est graduel jusqu'en avril 2022, puis s'effondre en 30 jours en parallèle de la crise UST.
9. **Forme de capitulation des flux du bridge :** le net cumulé frappe-destruction du Shuttle ETH+BSC vire nettement au négatif début mai 2022 – les utilisateurs ont rebridgé des tokens *vers* Terra (c.-à-d. destruction sur EVM, frappe sur Terra) à l'approche du déclencheur du décrochage, cohérent avec des tentatives de sortie vers le rachat.
10. **La persistance GARCH(1,1) sur la TE différenciée est *mitigée* sur la cohorte propre.** $\alpha + \beta$ est proche de la racine unitaire (≥ 0.9 , quasi-IGARCH) pour 4 des 8 mAssets propres (mGOOGL, mSLV, mTSLA, mUSO) mais nettement plus faible (< 0.5) pour trois autres (mAAPL, mAMZN, mQQQ); une forte persistance n'est donc pas une propriété à l'échelle de la cohorte, cohérente avec un DGP à changement de régime (oracle frais vs oracle gelé). HAR-RV montre une composante hebdomadaire dominante (R^2 0,31–0,84). (Une version antérieure sur-généralisait ceci en « $\alpha + \beta \rightarrow 1$ sur la cohorte ».)

11.2 Cinq questions ouvertes

1. **Q1.** Les 8 types d'événements Mirror non routés (whitelist, migrate_asset, register_asset, register_collateral, pass_command, spend, close_position, lock_position_funds-direct) n'apparaissent dans le jeu de données que via les sous-appels wasm Gov.end_poll. Un refactor du parser qui scanne les logs wasm imbriqués les récupérerait; la valeur analytique marginale est faible (ce sont de rares actions d'administration) mais l'histoire de la complétude du parser est incomplète sans eux.

2. **Q2.** mNFLX affiche une prime persistante de $\sim 932\%$ sur Uniswap V2 ETH qui ne correspond à aucun split d'action documenté. Le pool UniV2 n'a eu que 1 821 transferts sur sa durée de vie – s'agit-il d'une prime de rareté à LP unique, d'un désaccord d'unité dû à une action sur titre non modélisée, ou d'un artefact de données ? Distinguer nécessiterait d'extraire la tx de déploiement originale du pool et l'événement initial de fourniture de liquidité depuis le registre de custody du bridge Shuttle.
3. **Q3.** Les redéploiements liés aux événements sur titre de mIAU et mVIXY (mai 2021) produisent un désaccord d'unité entre le contrat v2 sur Mirror et la série du sous-jacent rétro-ajustée par Stooq. La manière propre de remédier est d'extraire les prix TradFi pré-split depuis yfinance (qui sert le close historique non ajusté) et de recoller.
4. **Q4.** La reconstruction au niveau du montant de frappe/destruction (décodage de `attributes_json` pour les montants `mirror_mint` / `mirror_burn` sur le contrat Mint) est nécessaire pour la figure complète en aires empilées de composition du collatéral dans le chap. 7 (reporté). Le même motif de décodeur utilisé pour les prix on-chain Terraswap dans le chap. 6 s'applique directement.
5. **Q5.** Les données au niveau du swap de PancakeSwap V1 ont été reportées – Mirror n'a jamais migré vers PancakeSwap V2, le subgraph de V1 est payant, le RPC d'archive requiert une clé payante Nodereal MegaNode. Le flux frappe/destruction du bridge BSC EST capturé (49 526 lignes), mais la contribution à la découverte de prix du marché secondaire côté BSC ne l'est pas. C'est le plus grand écart de données résiduel.

11.3 Six implications pour Derivalink V2

V2-1. Source multi-oracle obligatoire avec médiane on-chain. Le pusher unique de Band Protocol avec un TTL de 60s est le mode de point de défaillance unique typique des protocoles d'actifs synthétiques. Lorsque Band a cessé de pousser le 2022-06-01, chaque opération Mirror est devenue définitivement désactivée en 60 secondes. Derivalink V2 doit exiger ≥ 3 sources d'oracle indépendantes avec un repli médian on-chain (Chainlink + Pyth + RedStone ou équivalent).

V2-2. Voie de rachat obligatoire sous oracle obsolète. Si l'oracle est obsolète pendant plus de τ blocs, la couche CDP doit autoriser le retrait du collatéral au dernier prix connu + une pénalité fixée par la gouvernance, et NON un gel permanent. Les $\sim \$80$ M de CDP verrouillés de Mirror qui ne pourront jamais être rachetés constituent un contre-exemple de ce qu'il ne faut PAS faire.

V2-3. Pré-script de gouvernance de fork obligatoire. Un module de mise à niveau pré-déployé doit permettre au protocole de migrer vers une nouvelle source d'oracle via un vote de gouvernance 2/3 sans redéployer chaque CDP existant. Les CDP de Mirror étaient architecturalement liés à la voie de l'oracle Band via le contrat Mint ; aucune mise à niveau au niveau du protocole n'existait pour échanger la voie.

V2-4. Un écart de venue cross-chain $< 0,5\%$ est atteignable. La couche bridge Shuttle de Mirror a fonctionné : lorsque le protocole était sain, les écarts de venue ETH-vs-Terra restaient à l'intérieur des coûts d'arbitrage. La conception du bridge de Derivalink V2 peut viser ce benchmark et utiliser une tarification médiane on-chain sur l'ensemble bridgé comme oracle de vérification.

V2-5. L'exposition au collatéral algorithmique porte la contagion. Le mix de collatéral à 80 % UST/aUST de Mirror signifiait que la solvabilité du protocole était liée au peg de l'UST. Lorsque l'UST s'est rompu, chaque CDP Mirror est devenu insolvable sans qu'aucun prix de mAsset ne bouge. V2 doit soit (i) plafonner l'exposition au collatéral algorithmique à $\leq 30\%$ du panier de collatéral, SOIT (ii) exiger un filet de sécurité d'assurance non corrélé dimensionné à $\geq$ le notionnel du collatéral algorithmique.

V2-6. Scan de sous-événements wasm dans le parser canonique. Les 8 types d'événements Mirror non routés sont toutes des actions d'administration appelées via des sous-appels depuis `Gov.end_poll`. Le parser canonique pour la couche d'analytique de V2 devrait scanner les logs wasm imbriqués (et non seulement les msgs de premier niveau) de sorte que chaque événement modifiant l'état du protocole soit observable sans refactor de parser par protocole.

11.4 Non-revendications explicites

Ce sous-rapport ne revendique PAS :

- Une reconstruction définitive au niveau du montant de la composition du collatéral de Mirror dans le temps (le décodage de `attributes_json` pour les événements Mint est reporté).
- Un test de double-appel par identifiant de position pour l'exploit Lock (le résultat majeur est le changement de taux d'événements, et non l'analyse forensique par identifiant de position).
- La découverte de prix au niveau du swap sur PancakeSwap V1 BSC (payant).
- La détection endogène de régime MS-GARCH (GARCH(1,1) uniquement).
- VAR(p) + IRF + Johansen + VECM (Engle-Granger uniquement).
- Copules asymétriques (reporté).
- Processus de Hawkes sur les liquidations (densité d'enchères de Mirror trop faible pour un ajustement défendable à l'échelle de temps de la Phase 8).

Ceux-ci sont reportés à une extension Phase 5b / 6b / 7b / 8b des scripts de calcul respectifs ; ils prendraient chacun 1–3 jours d'implémentation consciente de la méthodologie.