

SPECULA

SPECULATE CLEARLY & LEAD WISELY

ÉTUDE · ARCHITECTURE DES SYSTÈMES AUTOMATISÉS

L'architecture plutôt que l'oracle

Ce que l'intelligence artificielle change — et ne change pas — dans la conception des systèmes de trading automatisés

728 entités de 19 pays de l'Union interrogées par l'ESMA sur leur usage de l'intelligence artificielle · 77 % des cas d'usage déclarés fonctionnent avec une autonomie faible ou nulle · cinq contrôles pré-négociation nommés par le droit européen, à l'entrée de chaque ordre

D. Dambreville

SPECULA — ARSCRIPTA SAS · 19 septembre 2026

Il existe une image populaire du trading assisté par intelligence artificielle : une machine à qui l'on montrerait des cours, et qui dirait quand acheter. Cette image est fausse, et elle l'est d'une manière intéressante — non parce que la technologie serait en retard sur la promesse, mais parce que **la promesse décrit le mauvais problème.**

Les systèmes les plus avancés de 2026 ne sont pas des devins perfectionnés. Ce sont des architectures : une dizaine d'organes spécialisés, séparés les uns des autres, dont la fonction collective n'est pas de prédire le marché mais d'**organiser plusieurs sources d'information, de mesurer leur incertitude, et d'empêcher qu'une erreur locale ne devienne une perte globale.** Dans ces architectures, l'intelligence artificielle n'occupe pas la place de l'oracle : elle occupe celle du traducteur, du classeur, parfois du contradicteur.

Cette étude décrit ces architectures organe par organe, expose les trois façons dont elles échouent, présente les méthodes de validation qui permettent de s'en apercevoir avant le marché, et confronte le tout à ce que le droit européen exige déjà. Elle se clôt sur une grille de dix questions, opposable à n'importe quel système automatisé — *et à l'auteur de ces lignes en premier lieu.*

SOMMAIRE**OUVERTURE**

Résumé exécutif — dix propositions

PARTIE I • CE QUE L'ON CROIT SAVOIR

1. L'oracle : anatomie d'une image fausse
2. Cinq générations de systèmes, et ce que chacune a appris
3. Ce que l'intelligence artificielle ajoute réellement

PARTIE II • L'ANATOMIE D'UNE ARCHITECTURE

4. Le principe de séparation
5. La couche de données : sept états d'un même nombre
6. Les analystes spécialisés
7. Le modèle de langage comme couche de transformation
8. Le moteur de régime
9. La fusion des signaux et la mesure de la confiance
10. L'agent critique, ou la fonction de contradiction

PARTIE III • LE RISQUE COMME ORGANE SÉPARÉ

11. Pourquoi Alpha et Risque ne peuvent pas être le même moteur
12. Le dimensionnement des positions
13. Le portefeuille plutôt que la transaction
14. L'exécution : là où une bonne décision se perd
15. Contrôles pré-négociation et capacité d'arrêt

PARTIE IV • L'ART DE SE MÉFIER DE SOI-MÊME

16. Le sur-ajustement, maladie professionnelle du quantitatif
17. Le biais d'anticipation : il ne se corrige pas, il s'empêche
18. Validation temporelle, Monte-Carlo, simulation en conditions réelles
19. La surveillance des modèles en production

PARTIE V • LE CADRE

20. Ce que le droit européen exige déjà
21. Ce que l'adoption réelle montre

PARTIE VI • CE QUE CELA CHANGE POUR QUI LIT

22. Huit risques, et ce qui les contient
23. Ce que l'intelligence artificielle ne résout pas
24. Dix questions pour éprouver un système automatisé
25. Conclusion : l'architecture plutôt que l'oracle

ANNEXES

- A. Cartographie des douze organes : fonction, défaillance, contrôle
- B. Grille d'auto-évaluation — quarante points de contrôle
- C. Glossaire
- D. Les sources, et ce qu'elles disent exactement
- E. Méthode de vérification de la présente étude

Résumé exécutif — dix propositions

Cette étude défend dix propositions. Elles sont énoncées ici sans démonstration ; le corps du texte les établit une à une.

1 Le problème n'est pas la prédiction, c'est l'organisation de l'incertitude.

Un système de trading n'a pas besoin d'avoir raison souvent. Il a besoin de savoir à *quel point* il peut avoir tort, et d'en tirer les conséquences avant de transmettre un ordre. La qualité d'une architecture se mesure à la distance qui sépare une erreur de modèle d'une perte disproportionnée.

2 L'évolution décisive est architecturale, pas prédictive.

Le passage du robot monolithique — un indicateur, un signal, un ordre — à une architecture distribuée de douze organes séparés est le changement de fond de la décennie. Il ne rend pas le système plus intelligent ; il rend ses erreurs localisables, mesurables et arrêtables.

3 Un grand modèle de langage est un traducteur d'information, pas un oracle de marché.

Sa valeur tient à sa capacité à transformer des documents non structurés — communiqués, transcriptions, publications réglementaires — en variables exploitables par un moteur quantitatif. Le moment où on lui demande directement *combien investir* est le moment où l'architecture cesse d'être défendable.

4 La production du signal et l'autorisation de l'ordre doivent être deux moteurs distincts.

Le moteur qui cherche des opportunités a intérêt à en trouver ; celui qui autorise l'exposition a intérêt à refuser. Les faire cohabiter dans le même composant, c'est confier la relecture d'une copie à celui qui l'a écrite. Le droit européen ne dit pas autre chose lorsqu'il exige *deux lignes de défense*.

5 Un contrôle et le dispositif qu'il contrôle ne peuvent pas lire la même source.

C'est le théorème silencieux de tout système de vérification. Un contrôle qui interroge exactement la donnée sur laquelle le composant contrôlé s'est appuyé ne vérifie pas ce composant : il le confirme. La redondance des sources n'est pas un luxe d'ingénieur, c'est la condition d'existence du contrôle.

6 L'intelligence artificielle augmente simultanément la capacité de découverte et la capacité de sur-ajustement.

Le même outil qui permet d'explorer dix mille configurations permet d'en retenir une qui n'existait que dans l'échantillon. Plus l'exploration est automatisée, plus la discipline de validation doit être formelle — et plus la tentation de ne pas la tenir est grande.

7 Le biais d'anticipation ne se corrige pas : il s'empêche par construction.

Un moteur de simulation sérieux n'autorise pas l'algorithme à consulter une donnée postérieure à l'instant simulé — non parce qu'il le lui interdit, mais parce que cette donnée ne lui est pas encore parvenue. La frontière temporelle est une propriété de l'architecture, jamais une consigne de prudence.

8 Le risque pertinent est celui du portefeuille, pas celui de la transaction.

Quatre positions issues de quatre signaux indépendants peuvent dépendre du même taux, du même secteur, de la même devise. Un système qui optimise chaque opération isolément construit méthodiquement une concentration qu'aucun de ses composants ne voit.

9 Le droit européen décrit déjà une architecture, dans un vocabulaire d'ingénieur.

Contrôles à l'entrée d'ordre, seuils, prévention des ordres erronés, tests en environnement séparé, capacité d'annulation immédiate, auto-évaluation annuelle, surveillance en temps réel : ce ne sont pas des formalités administratives superposées à une technique. Ce sont, terme pour terme, les organes décrits dans cette étude.

10 La notion de « robot ultime » doit céder la place à celle d'architecture défendable.

Non pas celle qui prétend supprimer l'incertitude, mais celle qui la reconnaît, la mesure autant qu'elle le peut, la cloisonne — et conserve, en toutes circonstances, la capacité de ne rien faire.

LA PHRASE QUI RÉSUME CETTE ÉTUDE

Le système de trading assisté par intelligence artificielle le plus avancé n'est pas celui qui possède le modèle prédictif le plus complexe. C'est celui qui combine plusieurs formes d'intelligence dans une architecture contrôlée, testable, explicable — et capable de refuser une opération lorsque les conditions de risque ne sont pas satisfaites.

CE QUE CETTE ÉTUDE EST, ET CE QU'ELLE N'EST PAS

Elle décrit des mécanismes d'ingénierie documentés et des exigences réglementaires publiées. **Elle ne recommande aucun instrument financier, aucune stratégie, aucun courtier, aucun logiciel et aucun fournisseur de données.** Elle ne comporte aucune projection de rendement et ne propose aucun système à vendre.

Les résultats expérimentaux qu'elle cite proviennent de travaux publics ; ils sont systématiquement présentés avec leur périmètre — marché, période, nombre d'actifs — et ne constituent jamais des performances de gestion. *Deux mois et quatre actifs ne font pas une preuve, et cette étude le dira chaque fois que ce sera le cas.*

PARTIE I

Ce que l'on croit savoir

Trois chapitres pour défaire une image, retracer ce que chaque génération de systèmes a appris de ses échecs, et établir ce que l'intelligence artificielle apporte réellement — en s'appuyant sur ce que les entreprises européennes déclarent en faire.

1. L'oracle : anatomie d'une image fausse

Commençons par l'image. Elle est si répandue qu'elle organise, sans qu'on s'en aperçoive, la plupart des conversations sur le sujet : *on montre à une machine l'historique des cours d'une action, on lui pose la question, et elle répond « acheter » ou « vendre »*. Toute la discussion publique porte alors sur un seul paramètre — la qualité de la réponse — et sur une seule promesse : qu'elle finira par devenir bonne.

Cette image n'est pas une exagération de la réalité technique. **Elle en est une description structurellement erronée**, et il vaut la peine de dire précisément en quoi.

1.1 Ce qu'un marché n'est pas

Un marché financier n'est pas un phénomène naturel que l'on observerait avec des instruments de plus en plus précis. Il possède huit propriétés qui, prises ensemble, interdisent l'analogie avec la prévision météorologique — analogie dont le trading assisté par IA est pourtant l'héritier direct dans l'imaginaire public.

Il est non stationnaire

Les relations statistiques qu'on y mesure ne sont pas des constantes de la nature. Elles dépendent de la structure du marché, de la composition de ses participants, du régime monétaire, de la réglementation. Une relation observée pendant cinq ans peut disparaître sans que rien d'identifiable ne se soit produit.

Il est adversarial

C'est la différence la plus lourde de conséquences. L'atmosphère ne réagit pas au fait qu'on la prévoie ; un marché, si. Une inefficience exploitée est une inefficience en voie de disparition : le profit qu'elle procure est le mécanisme même de son extinction.

Il est bruité

Le rapport entre le signal et le bruit y est, sur les horizons courts, extraordinairement défavorable. La plupart des variations observées ne portent aucune information exploitable, et rien ne distingue extérieurement celles qui en portent.

Il n'est que partiellement observable

Les positions, les contraintes, les intentions et les échéances des autres participants sont invisibles. On observe leurs traces — les prix, les volumes — jamais leurs causes.

Il connaît des ruptures de régime

Le passage d'un environnement à un autre n'est pas graduel. Les corrélations changent de signe, la volatilité change d'ordre de grandeur, et les stratégies calibrées sur l'environnement précédent ne se dégradent pas : elles s'inversent.

Il coûte de l'argent

Frais, écarts entre les prix d'achat et de vente, glissement d'exécution : toute stratégie paie un péage proportionnel à son activité. Une stratégie rentable avant coûts et déficitaire après n'est pas une stratégie légèrement décevante : c'est une stratégie fausse.

Il dépend de la liquidité

Un signal n'est exploitable que si le marché accepte la taille de l'ordre sans se déplacer. La même idée peut être excellente pour dix mille euros et destructrice pour dix millions.

Il subit des événements exogènes

Décisions politiques, catastrophes, défauts, annonces : des faits qui ne figurent dans aucun historique de prix modifient brutalement toutes les relations en même temps.

Aucune de ces huit propriétés n'est un obstacle technique appelé à être surmonté par un modèle plus grand. Ce sont des propriétés du terrain. Un système qui les ignore ne devient pas moins performant : il devient **inévaluable**, ce qui est un défaut d'une autre nature — et, contrairement à la médiocrité, un défaut invisible sur une courbe de performance.

1.2 La question mal posée, et la bonne

De ces huit propriétés découle une conséquence méthodologique simple. La question qui organise le débat public :

« Quelle intelligence artificielle prédit le mieux le marché ? »

est une question à laquelle on ne peut pas répondre honnêtement, parce qu'elle suppose stable ce qui ne l'est pas et mesurable ce qui ne se mesure qu'après coup. La question qui organise l'ingénierie réelle est différente :

« Quelle architecture permet d'exploiter l'intelligence artificielle tout en contrôlant ses erreurs, ses biais et leurs conséquences opérationnelles ? »

Le déplacement peut sembler modeste. Il ne l'est pas : il change l'objet de l'évaluation. *Dans le premier cadre, on juge un système sur ce qu'il a gagné. Dans le second, on le juge sur ce qui se passerait s'il avait tort.* Et comme il aura tort — régulièrement, par construction —, c'est la seconde question qui décide de sa survie.

1.3 L'analogie de la tour de contrôle

Il existe une analogie plus juste que celle de la météorologie, et nous l'utiliserons tout au long de cette étude.

Personne n'a jamais demandé à une tour de contrôle aérien de prédire où iraient les avions. On lui demande trois choses : savoir à tout instant lesquels sont en l'air et dans quel état ; refuser une autorisation lorsque les conditions ne sont pas réunies ; et pouvoir tout interrompre. Sa valeur ne tient pas à sa clairvoyance. Elle tient à la fiabilité de son information, à son droit de veto, et à la traçabilité de ses décisions — trois propriétés que l'on peut vérifier de l'extérieur, ce qui n'est pas le cas de la clairvoyance.

Une tour de contrôle ne produit aucune valeur les jours où rien ne se passe. Elle produit toute sa valeur le jour où quelque chose se passe. *C'est exactement le profil d'utilité d'un moteur de risque, et c'est pour quoi on a toujours tort de l'évaluer sur les périodes calmes.*

L'OBJECTION IMMÉDIATE, ET SA RÉPONSE

« *Tout cela freine la performance. Un système qui refuse de passer des ordres ne gagne rien.* »
L'objection est légitime et doit être traitée dès maintenant, car elle revient à chaque chapitre.

Premièrement : un dispositif dont l'espérance de gain est positive mais dont la ruine est possible a une valeur terminale nulle. Ce n'est pas un argument moral, c'est une propriété arithmétique des processus multiplicatifs. Une séquence de rendements se compose ; une perte totale absorbe tout ce qui précède.

Deuxièmement : refuser n'est pas s'abstenir. Un système qui écarte les situations où son information est insuffisante concentre son activité là où elle ne l'est pas. **Le refus n'est pas un frein à la performance : c'est la condition pour que le mot « performance » désigne quelque chose de mesurable.**

2. Cinq générations de systèmes, et ce que chacune a appris

L'histoire des systèmes de trading automatisés n'est pas une marche vers plus de puissance. C'est une suite de déplacements du problème, chacun provoqué par l'échec caractéristique du précédent. Les cinq générations coexistent aujourd'hui — aucune n'a disparu, et les architectures modernes les emploient toutes simultanément.

2.1 Première génération : les règles fixes

La forme originelle est déterministe. Une condition, un seuil, une action :

```
SI    moyenne mobile 20 séances > moyenne mobile 50 séances
ET    indicateur de force relative > 50
ALORS ouvrir une position acheteuse
```

Ces systèmes ont trois qualités que l'on a tort de sous-estimer, et dont les générations suivantes ont dû réapprendre le prix : **ils sont reproductibles** — la même entrée produit toujours la même sortie — ; **ils sont auditable**s — on peut lire la règle et dire pourquoi l'ordre a été passé — ; et **ils sont bornés** — leur comportement dans une situation inconnue reste prévisible, même s'il est mauvais.

Leur faiblesse est leur rigidité. Une règle calibrée sur un régime cesse d'être pertinente dans un autre sans qu'aucun mécanisme interne ne le signale. *Ce que cette génération a appris : la reproductibilité est une propriété qu'on ne récupère plus une fois perdue.*

2.2 Deuxième génération : les modèles statistiques

La génération suivante remplace la règle binaire par une relation estimée : régressions, corrélations, modèles de volatilité, modèles de séries temporelles, décomposition en facteurs, arbitrage statistique. Le système ne dit plus « la condition est remplie » mais « cette relation a été observée avec telle intensité sur telle période ».

Le gain est considérable : une relation estimée porte avec elle une mesure de son incertitude — intervalle de confiance, erreur résiduelle, stabilité des paramètres. Pour la première fois, le système peut dire qu'il ne sait pas.

Le défaut caractéristique apparaît ici, et il ne disparaîtra plus : **la relation estimée est estimée sur le passé**, et rien dans l'estimation ne dit combien de temps elle survivra. *Ce que cette génération a appris : une mesure d'incertitude est indispensable, et elle-même incertaine.*

2.3 Troisième génération : l'apprentissage automatique

L'apprentissage automatique élargit l'espace des relations représentables : régression pénalisée, arbres de décision, forêts aléatoires, gradient boosting, machines à vecteurs de support, réseaux de neurones, architectures spécialisées pour les séries temporelles. Le système peut désormais capturer des non-linéarités et des interactions qu'aucune spécification écrite à la main n'aurait proposées.

Sa sortie change aussi de nature. Au lieu d'une décision, elle produit une estimation probabiliste :

Probabilité d'un rendement positif à 5 séances : 0,67

Cette forme est un progrès considérable — et un piège d'une rare efficacité. **Une probabilité n'a de valeur que si elle est calibrée hors échantillon** : c'est-à-dire si, sur l'ensemble des situations auxquelles le modèle attribue 0,67, la fréquence observée est effectivement proche de 67 %. Un modèle peut classer correctement et se tromper complètement sur ses probabilités ; il produira alors des positions dimensionnées par un nombre qui ne veut rien dire.

Ce que cette génération a appris : la capacité d'apprendre et la capacité d'apprendre le bruit sont la même capacité, et rien ne les distingue de l'intérieur.

2.4 Quatrième génération : les modèles de langage

Les grands modèles de langage introduisent une rupture de nature, et non de degré. Les trois générations précédentes travaillaient sur des nombres ; celle-ci travaille sur des textes — communiqués, rapports financiers, transcriptions de conférences de résultats, dépêches, publications réglementaires, documents d'entreprise, notes macroéconomiques.

Or une part considérable de l'information qui déplace les prix n'existe nulle part sous forme numérique au moment où elle apparaît. Elle existe sous forme de phrases. **La quatrième génération ouvre l'accès à cette matière** — et c'est de loin sa contribution la plus solide.

Elle introduit aussi un mode de défaillance inédit : le modèle peut produire une information plausible, bien formée, cohérente avec son contexte — et fausse. Les générations précédentes se trompaient bruyamment ; celle-ci se trompe élégamment. *Ce que cette génération a appris : une sortie convaincante et une sortie exacte sont deux propriétés indépendantes.*

2.5 Cinquième génération : les architectures multi-agents

La génération actuelle ne consiste pas à remplacer les précédentes par un modèle plus puissant, mais à **les faire cohabiter dans une architecture où chacune occupe le poste pour**

lequel elle est adaptée, sous le contrôle d’organes qui n’ont pas d’intérêt à ce qu’une opération se fasse.

Les travaux académiques récents explorent précisément cette décomposition. Une étude publiée le 26 février 2026 par une équipe rattachée notamment à l’université d’Oxford propose un cadre multi-agents qui décompose explicitement l’analyse d’investissement en tâches fines plutôt qu’en instructions générales, et le teste sur les cent premières capitalisations de la cote japonaise, sur vingt-sept mois. Ses auteurs rapportent une amélioration des performances ajustées du risque par rapport à des architectures plus grossières, et concluent que *l’alignement entre les sorties analytiques intermédiaires et la décision finale est un déterminant critique de la performance du système*.

Ce résultat mérite d’être lu pour ce qu’il dit exactement — et l’annexe D en précise le périmètre. Il ne dit pas qu’un agent donné possède un avantage durable sur les marchés. **Il dit que la façon dont les tâches sont découpées change le résultat davantage que la puissance de l’outil employé pour les exécuter**. C’est une affirmation sur l’architecture, pas sur l’intelligence.

Les cinq générations, leur apport propre et leur mode de défaillance caractéristique

Génération	Ce qu’elle sait faire	Sa sortie typique	Sa défaillance propre	Ce qu’elle a légué
Règles fixes	Appliquer une condition sans ambiguïté	Une décision binaire	Rigidité silencieuse : la règle survit au régime qui la justifiait	Reproductibilité et audibilité
Statistique	Estimer une relation et son incertitude	Un coefficient, un intervalle	La relation est estimée sur le passé et rien ne borne sa durée de vie	La mesure de l’incertitude
Apprentissage automatique	Capturer des relations non linéaires	Une probabilité, un score	Sur-ajustement ; probabilités non calibrées	L’exigence de validation hors échantillon
Modèles de langage	Lire et structurer du texte	Des variables extraites d’un document	Production d’informations plausibles et fausses	L’accès à l’information non numérique
Multi-agents	Répartir l’analyse entre organes spécialisés	Un dossier structuré et contradictoire	Complexité ; désalignement entre analyses intermédiaires et décision	La séparation des fonctions

Ces générations ne se remplacent pas : elles s’empilent. Une architecture de 2026 contient des règles fixes (les contrôles pré-négociation en sont), des modèles statistiques (la volatilité, les corrélations), de l’apprentissage automatique (les signaux), des modèles de langage (la lecture des documents) et une organisation multi-agents (la répartition et la contradiction). *Le progrès n’a pas consisté à abandonner les couches basses ; il a consisté à cesser de leur demander ce qu’elles ne savaient pas faire.*

3. Ce que l’intelligence artificielle ajoute réellement

3.1 Huit apports, et leur nature commune

Dressons la liste sans emphase. L’intelligence artificielle apporte à un système de trading : le traitement de volumes de données hors de portée humaine ; l’extraction d’information depuis des sources non structurées ; la reconnaissance de relations non linéaires ; la classification automatique ; l’adaptation statistique à des distributions changeantes ; l’analyse sémantique ; la génération d’hypothèses à tester ; et la coordination de plusieurs composants logiciels spécialisés.

Ces huit apports ont une propriété commune qu’il faut nommer : **ils portent tous sur le traitement de l’information, aucun sur la réduction de l’incertitude du futur.** Mieux lire n’est pas mieux prévoir. C’est lire plus, plus vite et de façon plus systématique — ce qui est considérable, et différent.

3.2 Le double tranchant, énoncé froidement

Il existe une conséquence de ces apports qui est rarement mise au même rang qu’eux, alors qu’elle en découle directement.

« *L’intelligence artificielle augmente en même temps la capacité de découverte et la capacité de sur-ajustement. C’est le même outil, employé de la même façon, qui produit les deux.* »

Explorer dix mille configurations de paramètres est devenu trivial. Or lorsqu’on teste dix mille configurations sur un même jeu de données, on trouve nécessairement des configurations excellentes — y compris sur des données entièrement aléatoires. La meilleure d’entre elles n’est pas une découverte : c’est l’extrémité d’une distribution d’essais. **Le chapitre 16 traite ce problème en détail ; il suffit ici de noter qu’il s’aggrave exactement à mesure que l’outil s’améliore.**

3.3 Ce que les entreprises européennes déclarent en faire

Il est utile, à ce stade, de quitter le registre du possible pour celui du constaté. Le 20 février 2026, l’Autorité européenne des marchés financiers a publié une analyse consacrée à l’adoption de l’intelligence artificielle sur les marchés de titres, fondée sur une enquête conduite avec quinze autorités nationales entre juin et septembre 2025. **728 entités domiciliées dans 19 pays y ont répondu** — sociétés de gestion, entreprises d’investissement, établissements de crédit, infrastructures de marché, agences de notation.

Les réponses dessinent un paysage qui ne ressemble pas au récit public.

Adoption de l'intelligence artificielle dans les marchés de titres de l'Union — ce que l'enquête établit

Observation	Mesure déclarée	Ce que cela signifie pour le sujet de cette étude
Part des répondants sans aucun cas d'usage, ni en production ni en expérimentation	45 %	Près d'une entité sur deux n'a rien déployé. L'adoption est décrite comme « partielle et inégale », les petites structures étant nettement en retrait.
Cas d'usage fonctionnant avec une autonomie faible ou nulle	77 %	La validation humaine est requise, ou le système se borne à proposer. <i>C'est l'observation la plus directement pertinente : l'autonomie décisionnelle reste minoritaire là où elle est mesurée.</i>
Cas d'usage à destination strictement interne	87 %	L'essentiel des déploiements ne touche pas le client final ni l'exécution de marché.
Usages les plus fréquents	Rédaction et synthèse, assistance interne, gestion de notes et de courriers, tâches administratives et techniques.	Ce ne sont pas des usages de trading autonome.
Grandes entreprises utilisant l'IA ou prévoyant de le faire	96 %	L'écart d'adoption suit la taille : 65 % des micro-entreprises n'ont ni usage actif ni projet.

Observation	Mesure déclarée	Ce que cela signifie pour le sujet de cette étude
Risques cités par les répondants	Protection des données 59 % ;	Capacité à traiter les données 55 % ; hallucinations 54 % ; dépendance aux tiers 44 % ; sortie (hallucinations), avant les risques d'infrastructure. Cette hiérarchie structure les parties II et IV de la présente étude.
Dépendance à l'informatique en nuage commerciale	62 % exclusivement	La concentration des fournisseurs constitue un risque systémique identifié, distinct du risque de modèle.

Source : ESMA, *AI adoption and trends in securities markets: EU evidence*, article de la série « Trends, Risks and Vulnerabilities », 20 février 2026 (réf. ES-MA50-481369926-30599). Réserve de lecture explicitement rappelée par l'étude elle-même : les réponses sont volontaires et ne sont pas nécessairement représentatives de l'ensemble du marché européen. Par ailleurs, le titre porte sur les marchés de titres dans leur ensemble : *ces chiffres ne décrivent pas une population de systèmes de trading autonomes, mais une population d'entreprises financières dont les usages dominants sont bureautiques*. Les lire comme une mesure de l'automatisation du trading serait une erreur de périmètre.

3.4 L'écart entre le récit et la pratique

Rapprochons les deux constats. D'un côté, un récit public qui décrit des systèmes décidant seuls. De l'autre, une mesure conduite par le régulateur européen selon laquelle plus des trois quarts des usages déclarés exigent une validation humaine ou se limitent à suggérer, et dont les trois premiers postes sont la rédaction, l'assistance interne et la génération de code.

Trois lectures de cet écart sont possibles, et il serait malhonnête de n'en présenter qu'une.

- 1. L'adoption est en retard sur la technologie**, et l'écart se refermera mécaniquement. C'est la lecture la plus répandue. Elle est plausible, et le calendrier qu'elle implique est vérifiable.
- 2. L'autonomie faible est un choix et non un retard**. Les entités régulées savent qu'un algorithme fourni par un tiers ne transfère aucune responsabilité — nous y reviendrons au chapitre 20 — et calibrent leur exposition en conséquence. Sous cette lecture, l'écart est structurel.
- 3. Le périmètre de la mesure n'est pas celui du récit**. Les acteurs dont l'activité est précisément le trading algorithmique autonome sont minoritaires dans un échantillon dominé par des gestionnaires et des banques. L'enquête mesure l'IA dans la finance, pas l'IA dans le trading automatisé.

Ces trois lectures ne s'excluent pas, et cette étude ne prétend pas trancher. **Elle retient seulement ce qui est solide : en 2026, dans l'Union européenne, la décision financière entièrement déléguée à un système d'intelligence artificielle n'est pas l'usage dominant mesuré — et les praticiens interrogés placent la qualité des données et les hallucinations en tête de leurs préoccupations.** Ce sont deux problèmes d'architecture. Les parties qui suivent leur sont consacrées.

PARTIE II

L'anatomie d'une architecture

Sept chapitres pour décrire, organe par organe, ce qui se trouve entre une donnée de marché et un ordre transmis : le principe qui commande la séparation, les sept états d'un nombre, les analystes spécialisés, la place exacte du modèle de langage, le moteur de régime, la fusion des signaux, et la fonction de contradiction.

4. Le principe de séparation

Le changement de fond de la dernière décennie tient en une phrase : **on est passé d'un robot monolithique à une architecture distribuée**. Le robot monolithique enchaînait trois étapes dans un même composant — un indicateur, un signal, un ordre. L'architecture distribuée sépare une douzaine de fonctions, dont chacune peut être testée, remplacée, surveillée et mise en défaut indépendamment des autres.

4.1 Douze fonctions, et pourquoi elles ne peuvent pas partager un composant

Les douze fonctions sont les suivantes : la collecte des données ; leur validation ; l'analyse quantitative ; l'analyse fondamentale ; l'analyse de l'information et de l'actualité ; l'identification du régime de marché ; la génération des signaux ; la construction du portefeuille ; la gestion du risque ; l'exécution ; la surveillance ; l'audit et l'évaluation continue.

La raison de cette séparation n'est pas l'élégance logicielle. Elle tient à une observation simple et décisive : **une intelligence artificielle capable de produire une analyse convaincante ne constitue pas, à elle seule, un système de trading fiable**. Entre une analyse juste et un ordre correct se trouvent au moins huit opérations qui peuvent échouer séparément — et qui, si elles vivent dans le même composant, échouent ensemble et silencieusement.

Trois principes commandent le découpage.

Principe de fonction unique

Chaque organe répond à une question et à une seule. « Cette donnée est-elle valide ? » n'est pas la même question que « ce signal est-il fort ? », qui n'est pas la même que « cette exposition est-elle acceptable ? ». Un organe qui répond à deux questions finit par en arbitrer une au profit de l'autre, sans que personne ne l'ait décidé.

Principe d'intérêt opposé

Les organes qui produisent et les organes qui autorisent doivent avoir des critères de succès opposés. Le moteur d'alpha réussit quand il trouve ; le moteur de risque réussit quand il empêche une perte. Si le second dépend du premier, il cesse d'être un contrôle et devient une formalité.

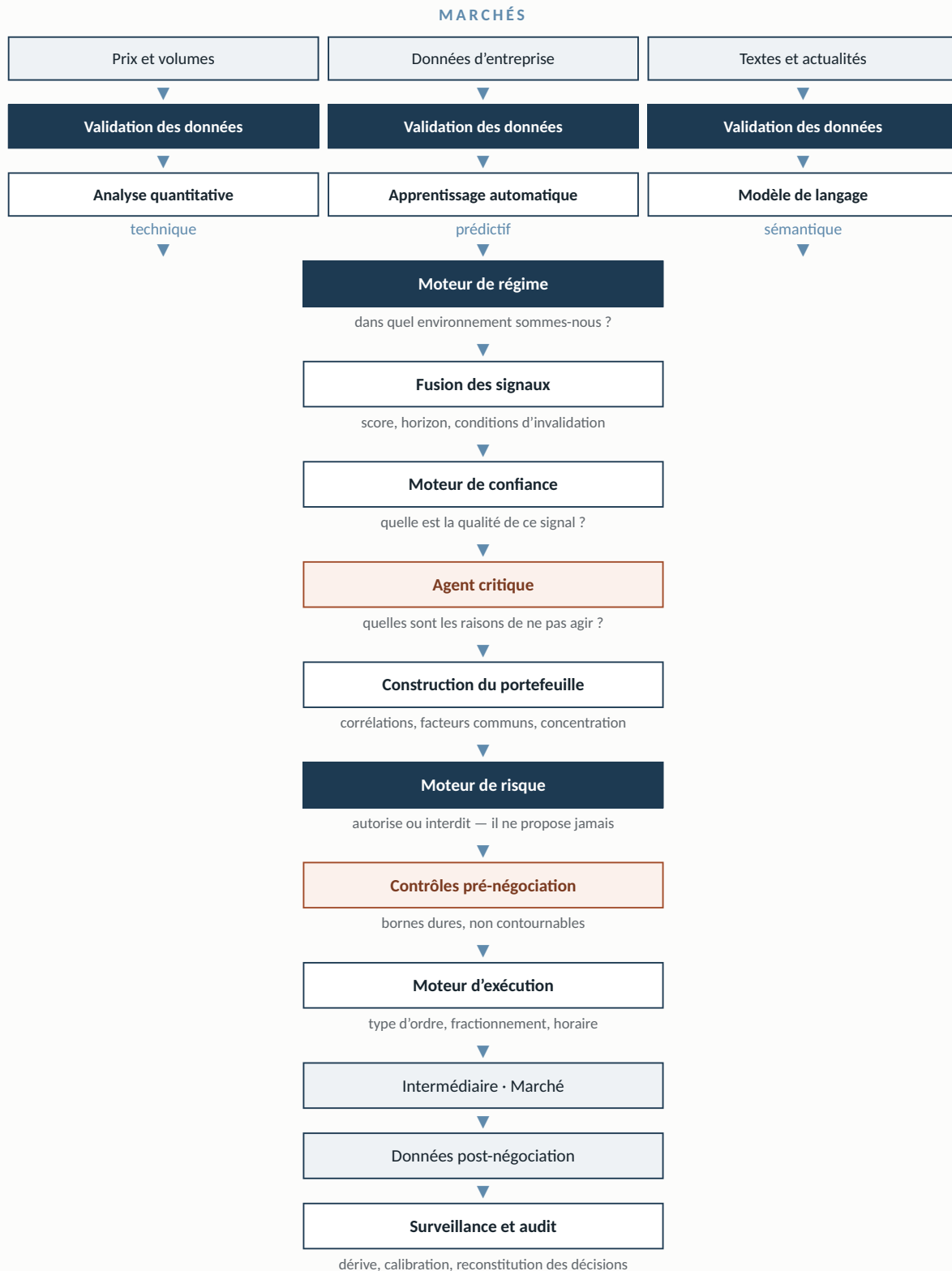
Principe de source distincte

Un contrôle et le dispositif qu'il contrôle ne peuvent pas s'appuyer sur la même source. Un vérificateur qui interroge exactement la donnée sur laquelle le composant contrôlé s'est appuyé constatera toujours un accord parfait — *il ne vérifie pas, il confirme*. Ce principe est le moins intuitif des trois et le plus souvent violé.

4.2 L'architecture de référence

Le schéma ci-dessous n'est pas le schéma d'un produit. C'est la forme générique vers laquelle convergent les architectures sérieuses, quelle que soit la technologie employée à chaque étage.

FIGURE 1 — ARCHITECTURE DE RÉFÉRENCE, DE LA DONNÉE DE MARCHÉ À L'ORDRE TRANSMIS



Les trois colonnes du haut ne fusionnent jamais avant la validation : une donnée de prix, une donnée d'entreprise et un texte n'ont ni la même latence, ni la même autorité, ni le même mode de défaillance. La boucle de retour part de la surveillance et remonte vers les modèles — elle est traitée au chapitre 19.

4.3 Ce que la séparation coûte, et pourquoi on la paie

Il faut être honnête sur le prix. Une architecture distribuée est plus coûteuse à construire, plus difficile à raisonner globalement, plus exposée aux défaillances d'intégration, et elle introduit de la latence à chaque frontière. Un robot monolithique se déploie en quelques semaines ; une architecture à douze organes ne se déploie jamais complètement.

Ce que l'on achète en échange se résume à une propriété : **la localisabilité de l'erreur**. Dans un système monolithique, un résultat aberrant est un événement sans cause identifiable : la donnée, le modèle, la décision et l'exécution ont été produits par le même bloc, et rien ne permet de dire lequel a failli. Dans une architecture séparée, chaque frontière est un point de mesure — et une erreur y devient une observation.

« Un système monolithique qui échoue enseigne qu'il a échoué. Un système séparé qui échoue enseigne où. »

5. La couche de données : sept états d'un même nombre

Aucun organe de l'architecture ne compte davantage, et aucun n'est plus systématiquement négligé. Rappelons l'observation des praticiens interrogés par le régulateur européen : la qualité des données figure au deuxième rang de leurs préoccupations, à 55 %, juste derrière la protection des données et devant les hallucinations. *Ce classement n'est pas une coïncidence : c'est l'expérience.*

5.1 Un nombre n'est pas une constante

Le premier principe est contre-intuitif et gouverne tout le reste :

« Un chiffre de marché n'est pas une constante : c'est une réponse, obtenue par quelqu'un, à une certaine heure, auprès d'une certaine source. »

Les conséquences pratiques sont nombreuses et documentées. Une barre journalière peut être publiée en retard sur certains instruments ; une valeur provisoire peut être remplacée par une valeur consolidée ; un identifiant de contrat à terme peut basculer d'une échéance à la suivante à une heure qui n'est pas celle de la clôture ; une place fermée pour jour férié peut renvoyer la veille sans le déclarer. Une statistique officielle est révisée par construction, parce qu'à l'heure de sa première publication une partie des données qui la composent n'existe pas encore.

Il en résulte qu'**interroger la même source à deux heures différentes peut rendre deux réponses différentes pour une séance pourtant close depuis plusieurs jours**. Ce n'est ni un scandale ni une rareté : c'est le régime normal d'une chaîne d'information financière. La seule question qui vaille est de savoir si le système qui s'en sert le sait, le mesure et le déclare.

5.2 Les sept états

Une architecture sérieuse ne manipule jamais « les données ». Elle distingue sept états successifs, conserve chacun d'eux, et interdit à tout organe de sauter une étape.

Les sept états d'une donnée, du flux reçu à l'ordre exécuté

#	État	Définition stricte	Ce que sa conservation permet
1	Donnée brute	Ce qui a réellement été reçu, tel qu'il a été reçu, avec son horodatage de réception et l'identité de sa source	Rejouer une journée à l'identique ; distinguer une erreur de la chaîne d'une erreur du fournisseur
2	Donnée validée	Après contrôles de cohérence, de complétude, de plausibilité et de fraîcheur — avec le journal des contrôles appliqués	Savoir ce qui a été écarté, et pourquoi ; mesurer le taux de rejet, qui est un indicateur de santé du fournisseur
3	Donnée nettoyée	Après correction, normalisation, ajustement des événements de capital, alignement des fuseaux et des calendriers	Comparer des séries hétérogènes ; isoler l'effet des conventions retenues
4	Donnée dérivée	Indicateurs, facteurs, agrégats calculés à partir des états précédents	Recalculer un indicateur après correction d'un cours de l'historique — <i>toute correction amont se propage</i>
5	Variables de modèle	Le sous-ensemble effectivement soumis aux modèles, dans la forme exacte où il leur est soumis	Détecter la dérive de distribution ; reproduire une inférence à l'identique
6	Signaux	Sorties des modèles, avec leur version, leur horodatage et leur mesure de confiance	Attribuer une décision à un modèle et à une version ; comparer plusieurs modèles sur les mêmes entrées
7	Décisions et exécutions	Ce que le moteur de risque a autorisé, ce qui a été transmis, et ce qui a réellement été exécuté	Mesurer l'écart entre l'intention et le résultat — c'est-à-dire le coût réel de l'exécution

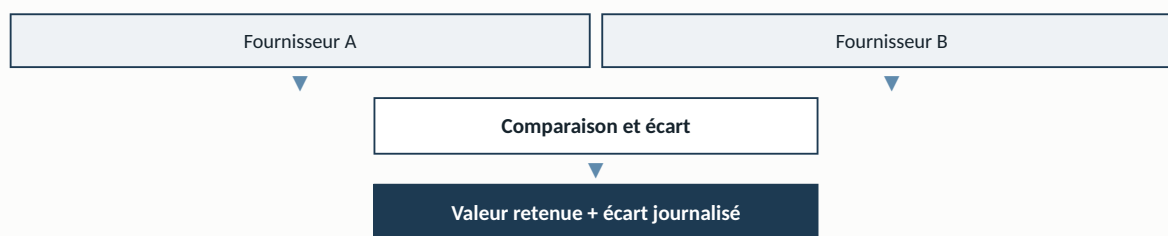
La règle qui donne son sens au tableau : **chaque état est conservé, aucun n'est écrasé par le suivant**. Une architecture qui ne garde que l'état 3 ne peut plus distinguer une erreur de collecte d'une erreur de nettoyage. Une architecture qui ne garde que l'état 6 ne peut plus dire sur quoi un signal reposait. *La traçabilité n'est pas une fonctionnalité ajoutée : c'est une propriété qu'on possède dès l'origine ou qu'on ne possède jamais.*

5.3 La redondance, forme concrète de la gestion du risque

Un système critique ne devrait pas dépendre d'un unique fournisseur. C'est une évidence énoncée partout et appliquée rarement, pour une raison économique transparente : le second fournisseur coûte autant que le premier et ne sert, en apparence, à rien.

Il sert pourtant à deux choses que rien d'autre ne procure. **Il permet le consensus** — deux sources concordantes sur une valeur constituent une attestation d'un autre ordre qu'une source unique. Et **il permet la détection** : un écart entre deux fournisseurs sur la même grandeur est un signal d'alerte qu'aucune vérification interne ne peut produire, puisque, par construction, une source unique est toujours d'accord avec elle-même.

FIGURE 2 — REDONDANCE DES SOURCES ET REDONDANCE DES MODÈLES



Le même principe vaut pour les modèles : plusieurs modèles indépendants dont les sorties sont comparées, et dont le désaccord est lui-même une information. Un méta-modèle qui agrège sans conserver le désaccord détruit précisément ce que la redondance avait produit.

La diversification technologique devient ainsi une forme de gestion du risque, au même titre que la diversification d'un portefeuille — et elle obéit à la même logique : *ce qui compte n'est pas le nombre de sources, c'est l'indépendance de leurs modes de défaillance*. Deux fournis-

seurs qui s'approvisionnent auprès du même diffuseur ne constituent pas une redondance ; ils constituent une dépense.

6. Les analystes spécialisés

Au-dessus de la couche de données se trouvent les organes d'analyse. Dans une architecture multi-agents, chacun reçoit un périmètre étroit, une question unique, et une obligation : produire une sortie structurée, pas une opinion.

6.1 Sept analystes et leur domaine propre

Les analystes spécialisés : ce que chacun lit, ce qu'il produit, ce qui l'invalide

Analyste	Ce qu'il examine	Ce qu'il produit	Ce qui l'invalide ou le neutralise
Tendance	Moyennes mobiles, pente, structure des prix, cassures, force relative	Une direction, une intensité, un horizon	Un marché latéral : la tendance y produit des signaux abondants et sans valeur
Momentum	Accélération, variations relatives, ruptures de volatilité, volumes inhabituels, persistance	Une accélération et sa persistance mesurée	Les retournements brutaux : le momentum est le plus fort juste avant de cesser d'exister
Retour à la moyenne	Écarts normalisés, volatilité, prix moyen pondéré par les volumes, dispersion	Un écart statistique à un comportement de référence	Un changement de régime : l'écart n'est alors pas une anomalie, c'est le nouveau niveau
Fondamental	Chiffre d'affaires, résultat, flux de trésorerie, marges, dette, rentabilité des capitaux, croissance, valorisation	Une qualité et une valorisation relatives	La latence : les comptes décrivent un trimestre clos, le prix décrit l'instant
Macroéconomique	Inflation, taux directeurs, taux obligataires, emploi, croissance, liquidité, matières premières, devises	Un environnement et des canaux de transmission	L'ambiguïté : une même statistique admet plusieurs lectures simultanément défendables
Actualité	Résultats, révisions de prévisions, opérations de rapprochement, changements réglementaires, litiges, annonces stratégiques, événements géopolitiques	Un événement typé, daté, rattaché à un émetteur	L'anticipation : un événement déjà intégré au prix ne produit aucun mouvement
Sentiment	Tonalité des nouvelles, évolution du discours, dispersion des opinions, accélération, divergence entre prix et information	Une tonalité et sa dérivée	La circularité : le sentiment mesuré dans la presse reflète souvent le prix plutôt qu'il ne l'annonce

6.2 Ce que chaque analyste doit produire — et ce qu'il ne doit jamais produire

Voici le point qui distingue une architecture disciplinée d'un assemblage de modules. **Aucun analyste ne produit d'ordre.** Aucun ne dit « acheter ». Chacun produit un objet structuré comportant au minimum six champs :

- **un signal** — une valeur orientée et bornée ;
- **une probabilité ou une intensité**, exprimée dans une échelle commune à tous les analystes ;
- **une confiance**, distincte du signal, qui mesure la qualité de l'information disponible et non la force de la conclusion ;
- **une justification structurée** — les éléments sur lesquels le signal repose, sous une forme lisible par une machine ;

- **un horizon temporel**, car un signal sans horizon n'est pas évaluable ;
- **des conditions d'invalidation** : l'énoncé explicite de ce qui, s'il se produisait, rendrait ce signal caduc.

Le dernier champ est le plus important et le plus souvent absent. *Un signal qui ne dit pas ce qui l'invaliderait ne peut jamais être réfuté ; il ne peut donc jamais être évalué, et l'organe qui le produit ne peut jamais être mis en défaut.* Exiger une condition d'invalidation, c'est exiger que chaque analyste rende son travail falsifiable.

POURQUOI SÉPARER LE SIGNAL DE LA CONFIANCE

Ce sont deux grandeurs indépendantes, et les confondre est l'une des erreurs les plus coûteuses. Un signal peut être fort parce que le phénomène observé est net ; la confiance dit si l'observation elle-même est fiable — données complètes ou lacunaires, historique suffisant ou non, période comparable ou exceptionnelle, événement imminent susceptible de tout invalider.

Distinguer « **signal fort, confiance forte** » de « **signal fort, confiance faible** » est ce qui permet de dimensionner une position autrement qu'en fonction de l'enthousiasme du modèle. Sans cette distinction, un système agit avec la même conviction sur une information complète et sur une information trouée.

7. Le modèle de langage comme couche de transformation

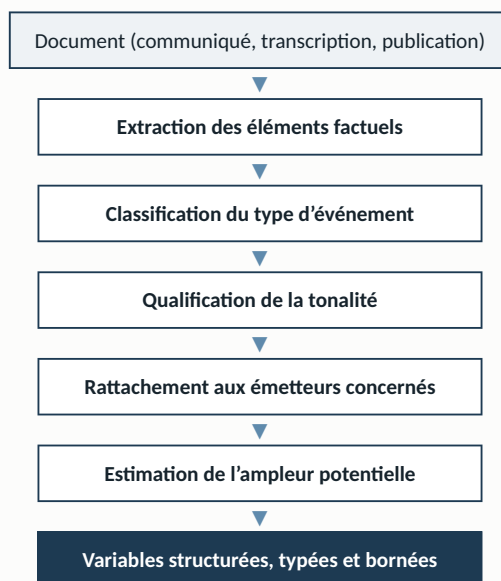
Nous arrivons à la question qui motive la plupart des conversations sur le sujet : *où, exactement, place-t-on le grand modèle de langage ?* La réponse défendable tient en une phrase, et elle est moins spectaculaire que la question : **on le place en amont, comme couche de transformation de l'information — jamais en aval, comme organe de décision.**

7.1 Ce que le modèle sait faire, et pourquoi c'est précieux

Une part importante de l'information qui déplace les prix arrive sous forme de phrases : un communiqué de résultats, une transcription de conférence, une décision réglementaire, un rapport annuel, une dépêche. Avant les modèles de langage, cette matière était soit lue par des humains — lentement, partiellement et coûteusement —, soit traitée par des méthodes lexicales rudimentaires qui confondaient la négation avec l'affirmation et le conditionnel avec le fait.

Un modèle de langage transforme ces documents en variables. La chaîne est la suivante :

FIGURE 3 — LE MODÈLE DE LANGAGE COMME COUCHE DE TRANSFORMATION



À la sortie de cette chaîne, le modèle de langage disparaît de l'architecture : ce qui circule ensuite est un objet de données ordinaire, que les organes suivants traitent sans savoir comment il a été produit.

La sortie prend la forme d'un objet strictement typé, dont la structure est imposée par l'architecture et non choisie par le modèle :

```

{
  "emetteur"      : "identifiant normalisé",
  "type_evenement" : "resultats_trimestriels",
  "date_publication" : "2026-09-17T20:05:00Z",
  "tonalite"      : 0.63,
  "revision_guidance" : 0.21,
  "incertitude"   : 0.34,
  "confiance"      : 0.78,
  "extraits_sources" : [ "...", "..." ]
}

```

Le dernier champ mérite une attention particulière. **Imposer que le modèle joigne les extraits textuels qui fondent chaque valeur qu'il produit transforme une affirmation en citation vérifiable.** Un nombre sans extrait est une assertion du modèle ; un nombre avec extrait est une lecture, contrôlable a posteriori par un humain ou par un second dispositif. Cette exigence, presque triviale à implanter, change la nature de l'organe.

7.2 Le moment où l'architecture cesse d'être défendable

Il existe une frontière précise, et il vaut la peine de la nommer. **L'architecture cesse d'être défendable au moment exact où le modèle de langage se voit demander une grandeur de décision** — un montant, une taille de position, un ordre — plutôt qu'une grandeur descriptive.

Pourquoi cette frontière et pas une autre ? Parce qu'une grandeur descriptive est vérifiable contre le document : on peut relire le communiqué et constater que la tonalité attribuée est défendable, ou ne l'est pas. Une grandeur de décision n'est vérifiable contre rien : elle dépend du portefeuille existant, des corrélations, du capital disponible, du régime, de la liquidité —

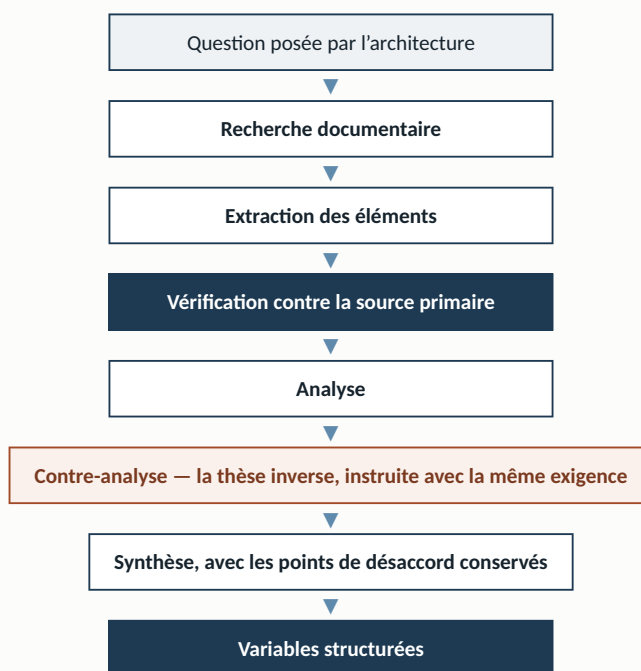
c'est-à-dire de variables que le modèle de langage n'a pas, et qu'il compensera par de la vraisemblance.

« *Le modèle de langage ne décide pas du montant investi. Il transforme de l'information en variables. La décision appartient à des organes qui ne lisent pas de textes.* »

7.3 La chaîne de raisonnement, et sa contradiction intégrée

Une architecture plus ambitieuse emploie le modèle de langage non seulement pour lire, mais pour instruire une question — à condition que l'instruction comporte sa propre contradiction.

FIGURE 4 — CHAÎNE D'INSTRUCTION DOCUMENTAIRE AVEC CONTRADICTION INTÉGRÉE



L'étape de contre-analyse n'est pas une précaution de style. Sans elle, une chaîne d'instruction documentaire converge systématiquement vers la thèse qu'elle a commencé à instruire : chaque étape s'appuie sur la précédente, et aucune ne dispose d'un mandat pour la contester.

7.4 L'hallucination, et les quatre choses qui la contiennent

Les praticiens interrogés par le régulateur européen placent les hallucinations au troisième rang de leurs préoccupations, à 51 %. Le terme désigne un mode de défaillance précis : *la production d'une information bien formée, contextuellement plausible et fausse*.

Aucune des quatre parades ci-dessous ne supprime le phénomène. Ensemble, elles en bornent les conséquences.

La contrainte de format

Une sortie typée, bornée et validée par un schéma écarte mécaniquement les productions hors domaine. Un champ qui n'accepte qu'une valeur entre -1 et $+1$ ne recevra jamais une phrase.

L'obligation de citation

Toute valeur doit être adossée à un extrait du document source. Un extrait absent du document est détectable par une comparaison de chaînes : c'est un contrôle déterministe, donc infaillible sur ce qu'il examine.

Le cantonnement du rôle

Le modèle ne produit jamais de nombre qui n'existe pas dans le document. Les grandeurs calculées — variations, ratios, agrégats — sont produites par du code, jamais par le modèle. **Les données dures viennent d'interfaces de données, jamais d'un modèle de langage.**

La redondance de lecture

Deux lectures indépendantes du même document, comparées. Leur désaccord n'est pas un échec : c'est l'unique signal disponible sur la fiabilité d'une lecture individuelle.

8. Le moteur de régime

Le moteur de régime est l'organe le plus discret et l'un des plus déterminants. Il ne pose jamais la question « faut-il acheter ou vendre ? ». Il pose une question préalable :

« Dans quel type d'environnement de marché nous trouvons-nous actuellement ? »

8.1 Pourquoi cette question précède toutes les autres

Parce que la validité d'une stratégie dépend du régime, et que cette dépendance est plus forte que la qualité de la stratégie elle-même. Une approche de suivi de tendance et une approche de retour à la moyenne ne sont pas deux opinions concurrentes sur le marché : ce sont deux paris sur le régime. Dans un environnement fortement directionnel, la première fonctionne et la seconde produit des pertes régulières ; dans un environnement latéral, la relation s'inverse exactement.

Un système qui applique la même stratégie quel que soit l'environnement ne fait pas un pari sur les prix : **il fait un pari implicite, permanent et non déclaré sur la persistance d'un régime** — et c'est ce pari-là, presque toujours, qui produit les épisodes de pertes que l'on attribue ensuite au modèle.

8.2 Une classification opérationnelle

Six régimes de marché, leurs marqueurs et leurs conséquences sur la conduite d'un système

Régime	Marqueurs observables	Ce qui y fonctionne mieux	Ce que le système doit y modifier
Tendance haussière	Momentum positif, volatilité contenue, corrélations modérées	Suivi de tendance, momentum	Horizons allongés ; tolérance aux replis
Tendance baissière	Momentum négatif, volatilité en hausse, corrélations croissantes	Suivi de tendance symétrique, protection	Réduction de l'exposition brute ; resserrement des invalidations
Marché latéral	Faible directionnalité, amplitudes bornées, volumes en retrait	Retour à la moyenne, arbitrage d'écarts	Neutralisation des signaux de tendance ; horizons raccourcis
Forte volatilité	Amplitudes élevées, écarts de cotation élargis, volumes irréguliers	Peu de choses : l'exécution domine le signal	Réduction des tailles ; fractionnement des ordres ; élévation du seuil de confiance
Stress	Corrélations convergeant vers un, volatilité extrême, liquidité en retrait	Rien qui repose sur la diversification	Exposition minimale ; la diversification cesse d'être une protection
Transition	Rupture récente du régime précédent, marqueurs contradictoires	Aucune stratégie calibrée sur l'un ou l'autre état	C'est le régime où un système doit, en priorité, s'abstenir

Le régime « transition » est le plus important et le plus difficile à détecter, pour une raison structurelle : il ne se définit pas par ce qu'il est mais par le fait que les marqueurs habituels se contredisent. *Un moteur de régime qui n'admet pas d'état « indéterminé » classera toujours une transition dans l'un des cinq autres régimes — et donnera une réponse nette au pire moment possible.*

8.3 La propriété non négociable : le droit de ne pas savoir

De ce qui précède découle l'exigence la plus importante de ce chapitre. **Un moteur de régime doit pouvoir répondre « indéterminé »**. Un classificateur contraint de choisir parmi des catégories exhaustives produira toujours une catégorie, y compris lorsque les données n'en supportent aucune — et cette réponse forcée traversera ensuite toute l'architecture avec l'autorité d'une mesure.

Le même raisonnement vaut d'ailleurs à chaque étage : un organe qui n'a pas le droit de déclarer une absence la comblera par une valeur de substitution, et cette valeur sera indiscernable d'une mesure réelle en aval. *Ce qui n'est pas couvert par une source se déclare ; il ne se tait pas, et il ne se meuble pas.*

9. La fusion des signaux et la mesure de la confiance

9.1 Agréger n'est pas conclure

Une fois les analystes spécialisés entendus, l'architecture dispose de plusieurs signaux hétérogènes. Le moteur de fusion en produit une représentation synthétique. Prenons un exemple conceptuel :

Tendance	+0,82	Actualité	+0,18
Momentum	+0,74	Sentiment	+0,42
Fondamental	+0,63	Macroéconomie	+0,51
		Régime	+0,71

La tentation est de calculer une moyenne pondérée et de la traiter comme une conclusion. C'est une erreur de raisonnement qu'il faut nommer précisément : **un score élevé signifie que plusieurs sources d'information convergent selon les règles du système. Il ne signifie pas que le système a raison.**

La distinction est capitale parce que la convergence peut avoir deux causes très différentes. Soit les analystes observent indépendamment un même phénomène réel — et la convergence est une information. Soit ils s'appuient, à leur insu, sur une source commune ou sur un même artefact de données — et la convergence est un reflet. *Rien, dans le score agrégé, ne distingue ces deux cas.*

9.2 Le désaccord vaut plus cher que l'accord

Il en découle un principe contre-intuitif, que les architectures matures appliquent et que les tableaux de bord affichent rarement : **la dispersion des signaux doit être conservée et transmise, au même titre que leur moyenne.**

Sept analystes à +0,60 et sept analystes dont les valeurs s'étalent de -0,40 à +0,95 pour une même moyenne décrivent deux situations radicalement différentes. La première est un consensus ; la seconde est un désaccord. Un moteur de fusion qui rend la même valeur dans les deux cas a détruit l'information la plus utile dont il disposait.

TROIS GRANDEURS À TRANSMETTRE, JAMAIS UNE

- **Le score agrégé** — ce sur quoi les analystes convergent ;
- **La dispersion** — l'ampleur de leur désaccord ;
- **La corrélation entre analystes** — mesurée sur l'historique, elle dit si leur accord est une confirmation ou une redondance.

Un score de +0,70 issu de sept analystes historiquement corrélés à 0,9 n'est pas un consensus de sept sources : *c'est une source unique comptée sept fois.*

9.3 L'objet « signal qualifié »

Ce qui sort du moteur de fusion n'est donc pas un nombre mais un dossier :

Signal agrégé	: +0,72
Dispersion	: 0,31 (désaccord modéré)
Confiance	: 0,61
Régime	: tendance haussière, stable depuis 14 séances
Liquidité	: élevée
Complétude données	: 7 champs sur 7
Événement imminent	: aucun dans les 48 heures
Horizon	: 5 à 10 séances
Invalidation	: clôture sous le niveau de référence

Chacune de ces lignes est une entrée dont le moteur de risque aura besoin. *Un signal transmis sans son dossier oblige l'organe suivant à supposer ce qu'il aurait dû recevoir* — et une supposition, en aval d'une chaîne, est indiscernable d'une mesure.

9.4 La calibration : la propriété dont dépend le dimensionnement

Un dernier mot sur la confiance, car elle sert à quelque chose de très concret : dimensionner la position. Or une mesure de confiance n'a de valeur que si elle est **calibrée** — c'est-à-dire si, parmi toutes les situations auxquelles le système attribue une confiance de 0,60, la proportion de cas où il avait effectivement raison est proche de 60 %.

La calibration se vérifie, et elle se vérifie sur des données que le modèle n'a pas vues. Un système dont les confiances ne sont pas calibrées n'est pas légèrement imprécis : il dimensionne ses positions en fonction d'un nombre qui ne mesure rien. *C'est l'une des rares pathologies qui soit à la fois invisible sur une courbe de performance en période favorable et destructrice en période défavorable.*

10. L'agent critique, ou la fonction de contradiction

Nous arrivons à l'organe qui distingue le plus nettement une architecture moderne d'un assemblage de modèles. Sa mission n'est pas de trouver des opportunités. **Sa mission est de chercher les raisons de ne pas agir.**

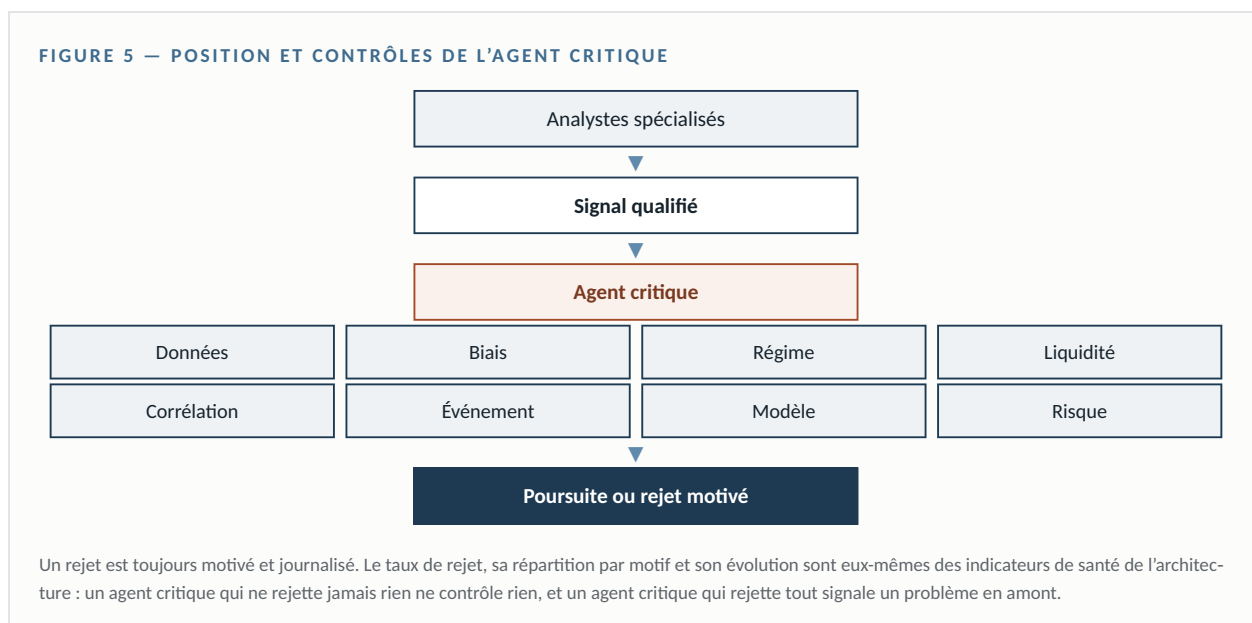
10.1 Pourquoi une fonction dédiée, et non une étape de vérification

On objecte souvent qu'il suffirait d'ajouter des contrôles au moteur de génération. L'objection méconnaît un fait d'organisation : *un composant dont le succès se mesure au nombre de signaux qu'il produit ne peut pas être également chargé d'en réduire le nombre.* Le conflit n'est

pas moral, il est structurel — et il se résout toujours dans le même sens, non par mauvaise foi, mais parce que les critères de réglage du composant le poussent dans cette direction.

D'où une fonction séparée, dotée d'un mandat propre et d'un critère de succès opposé : l'agent générateur cherche des arguments en faveur du signal, l'agent critique cherche ses faiblesses. Le droit européen exprime la même idée dans son vocabulaire lorsqu'il attend des entreprises « *deux lignes de défense* », avec une surveillance assurée à la fois par l'opérateur et par la fonction de gestion des risques.

10.2 Les huit contrôles de l'agent critique



Les huit contrôles, et la question exacte que chacun pose

Contrôle	La question posée	Ce qu'un échec déclenche
Données	Les valeurs qui fondent ce signal sont-elles complètes, fraîches, et issues d'une source attestée ?	Rejet : un signal fondé sur une donnée manquante n'est pas un signal faible, c'est un signal sans objet
Biais	Une information postérieure à l'instant de décision a-t-elle pu être utilisée ?	Rejet et alerte : c'est un défaut d'architecture, pas un défaut de signal
Régime	La stratégie qui produit ce signal est-elle valide dans le régime détecté ?	Neutralisation du signal, sans rejet de l'analyste
Liquidité	Le marché absorbe-t-il la taille envisagée sans déplacement significatif ?	Réduction de la taille, ou report
Corrélation	Cette position ajoute-t-elle une exposition déjà présente sous un autre nom ?	Renvoi au moteur de portefeuille
Événement	Une publication ou une échéance connue est-elle imminente ?	Report, ou réduction en fonction de l'horizon
Modèle	Le modèle qui produit ce signal est-il encore calibré ? Sa performance récente s'écarte-t-elle de sa performance attendue ?	Mise sous surveillance du modèle ; pondération réduite
Risque	L'exposition résultante reste-t-elle dans les bornes, y compris en scénario défavorable ?	Transmission au moteur de risque, qui tranche

10.3 La condition qui rend l'agent critique réel

Une précaution conditionne l'efficacité de tout ce chapitre, et elle est presque toujours omise.

« Un contrôle et le dispositif qu'il contrôle ne peuvent pas lire la même source. »

Si l'agent critique vérifie la complétude des données en interrogeant exactement le même jeu de données que celui qui a servi à produire le signal, il constatera toujours un accord parfait — et cet accord ne contiendra aucune information. Il ne vérifie pas : il confirme. La même remarque vaut pour la vérification d'un calcul par le dispositif qui l'a produit, ou pour le contrôle d'une date par la fenêtre de calendrier qui a servi à la fabriquer.

Un contrôle n'existe que s'il peut échouer. Et il ne peut échouer que si sa source d'information est, au moins partiellement, indépendante de celle du dispositif contrôlé. C'est exigeant, c'est coûteux, et c'est la différence entre un contrôle et une cérémonie.

PARTIE III

Le risque comme organe séparé

Cinq chapitres sur la moitié de l'architecture qui n'a aucun intérêt à ce qu'une opération se fasse : pourquoi elle doit être étanche, comment elle dimensionne, pourquoi elle raisonne en portefeuille et non en transaction, ce qu'elle doit savoir de l'exécution, et quelles bornes le droit européen lui impose déjà.

11. Pourquoi Alpha et Risque ne peuvent pas être le même moteur

La séparation entre le moteur qui cherche le rendement et le moteur qui autorise l'exposition est le principe le plus simple à énoncer de cette étude, et le plus difficile à tenir dans la durée.

11.1 Deux questions, deux réponses, un seul arbitre

Le moteur d'alpha répond à : « *cette configuration présente-t-elle un signal positif ?* » Le moteur de risque répond à : « *quelle perte maximale cette opération pourrait-elle introduire dans le portefeuille ?* » Ces deux questions n'ont pas la même unité, pas le même horizon et pas la même asymétrie. La première mesure une espérance ; la seconde mesure une extrémité de distribution.

Lorsque les deux réponses divergent, une seule conduite est défendable :

Alpha : « cette configuration présente un signal positif »
 Risque : « l'exposition supplémentaire n'est pas acceptable »
 Résultat : aucune opération

Le moteur de risque ne propose jamais et n'argumente jamais : il autorise ou il interdit. Un moteur de risque qui pondère, qui nuance ou qui accepte « sous réserve » n'est plus un moteur de risque : c'est un second moteur d'alpha, doté d'un vocabulaire plus prudent.

11.2 Les onze bornes qu'un moteur de risque tient

Les bornes d'un moteur de risque, et ce que chacune empêche

Borne	Ce qu'elle mesure	Ce qu'elle empêche
Taille de position	Exposition d'une ligne rapportée au capital	Qu'une conviction isolée engage une part disproportionnée du capital
Exposition totale	Somme des expositions, brute et nette	Qu'une accumulation de petites positions produise une exposition majeure
Exposition sectorielle	Concentration par secteur, zone, devise	Qu'un facteur commun non identifié domine le portefeuille
Corrélation	Dépendance statistique entre positions	Que la diversification apparente masque une position unique
Volatilité	Amplitude attendue des variations du portefeuille	Que le portefeuille change de nature sans qu'aucune décision ne l'ait décidé
Perte maximale historique	Recul maximal depuis un sommet	Que le système poursuive son activité normale pendant une dégradation

Borne	Ce qu'elle mesure	Ce qu'elle empêche
Concentration	Part des plus grosses lignes dans le risque total	Qu'un petit nombre de positions explique l'essentiel du résultat
Levier	Exposition rapportée aux fonds propres engagés	Que la contrainte devienne un appel de marge plutôt qu'une décision
Liquidité	Capacité du marché à absorber une sortie	Que la position soit constructible et non liquidable
Perte quotidienne	Résultat de la journée en cours	Qu'une journée défavorable se prolonge par automatisme
Risque événementiel	Exposition aux publications et échéances connues	Que le système subisse un événement dont la date était publique

Ces bornes ne sont pas un tableau de bord : **ce sont des conditions d'autorisation**. La différence est opérationnelle et tranchante. Un tableau de bord affiche un dépassement ; une condition d'autorisation empêche l'ordre. Un système qui se contente d'afficher délègue à l'attention humaine ce qu'il aurait dû traiter par construction — et l'attention humaine, dans un dispositif automatisé, n'est présente que par intermittence.

11.3 L'étanchéité, propriété la plus difficile à conserver

La séparation est facile à établir le premier jour et difficile à maintenir la troisième année. Elle se dégrade toujours par la même voie : une exception acceptée « pour cette fois », un paramètre rendu configurable, une borne élevée après une période où elle a empêché un gain.

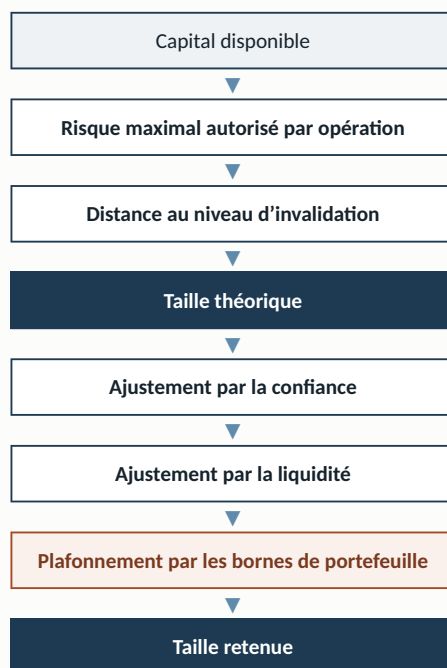
Le droit européen, sur ce point précis, est plus explicite que la plupart des manuels d'ingénierie. Le briefing de supervision publié par l'ESMA le 26 février 2026 énonce que les opérateurs ne devraient pas pouvoir contourner un blocage dur de façon autonome — *ni même avec l'accord d'un tiers* — sans un réexamen préalable approfondi ; et il précise qu'un mécanisme permettant à un opérateur de passer outre ne constitue pas un blocage dur. **Autrement dit : une borne contournable n'est pas une borne.**

12. Le dimensionnement des positions

Le dimensionnement est l'endroit où le signal, la confiance et le risque se rencontrent pour produire un nombre. C'est aussi l'endroit où les systèmes amateurs se reconnaissent immédiatement, parce qu'ils dimensionnent en fonction de la conviction.

12.1 La chaîne de calcul

FIGURE 6 — CHAÎNE DE DIMENSIONNEMENT D'UNE POSITION



Le sens de la chaîne est essentiel : on part du risque acceptable et l'on en déduit la taille, jamais l'inverse. Un système qui part d'une taille souhaitée et vérifie ensuite que le risque « passe » a inversé la relation, et il finira par ajuster la borne plutôt que la taille.

12.2 Un exemple strictement illustratif

L'exemple qui suit n'est pas une recommandation, ne décrit aucune opération réelle et ne suggère aucun paramétrage : il montre l'enchaînement arithmétique, et rien d'autre.

Capital	:	10 000 unités	
Risque maximal par opération:	1 %	→	100 unités
Prix d'entrée	:	100	
Niveau d'invalidation	:	95	
Risque par unité	:	5	
Taille théorique	:	$100 / 5 = 20$ unités	

Trois observations sur cet enchaînement, qui portent chacune plus loin qu'il n'y paraît.

1. **La taille est inversement proportionnelle à la distance d'invalidation.** Un niveau d'invalidation très proche du prix d'entrée produit mécaniquement une position très grande. C'est la façon la plus répandue de construire une exposition excessive en croyant appliquer une discipline de risque : la règle est respectée, et le résultat est une concentration.
2. **Le niveau d'invalidation doit être déterminé par la structure du marché, jamais par la taille souhaitée.** Dès qu'on ajuste l'invalidation pour obtenir une taille, le calcul ne mesure plus rien : il habille une décision prise ailleurs.
3. **Le risque par unité suppose que la sortie se fera au niveau prévu.** C'est une hypothèse, pas une donnée. Un marché qui ouvre très en dessous de ce niveau, ou dont la liquidité disparaît, produit une perte supérieure à celle que le calcul annonçait. *Un dimensionnement est une estimation de risque, jamais une garantie de perte maximale.*

13. Le portefeuille plutôt que la transaction

Une faiblesse fréquente des systèmes automatisés consiste à optimiser chaque opération indépendamment. La logique semble saine : si chaque décision est bonne, l'ensemble devrait l'être. **Cette inférence est fausse, et son échec est l'une des causes les plus fréquentes de pertes inattendues.**

13.1 Le mécanisme de l'erreur

Considérons quatre positions issues de quatre analyses indépendantes, sur quatre instruments différents. Chaque décision est défendable isolément. Pourtant ces quatre instruments peuvent tous être sensibles au même taux d'intérêt, appartenir à la même chaîne de valeur, dépendre de la même devise, ou relever du même facteur de croissance.

Le portefeuille détient alors, en réalité, *une seule position, quatre fois*. Sa diversification est nominale. Et le jour où le facteur commun se retourne, les quatre lignes perdent ensemble — ce qu'aucun des quatre analystes n'avait de mandat pour voir, puisque chacun examinait son instrument.

« Un système qui optimise chaque transaction construit méthodiquement une concentration qu'aucun de ses composants ne voit. »

13.2 Ce que le moteur de portefeuille doit examiner

- **Les corrélations réalisées**, mesurées sur plusieurs fenêtres, et non les corrélations théoriques ou de long terme — car elles changent, et elles changent d'autant plus qu'on en a besoin.
- **Les expositions factorielles** : taux, crédit, énergie, devise, taille, style. Une position n'est pas un instrument, c'est un ensemble d'expositions à des facteurs, dont l'instrument n'est que le véhicule.
- **La contribution au risque total**, ligne par ligne. Une ligne de faible poids peut contribuer majoritairement au risque si sa volatilité est élevée ou si elle est corrélée au reste.
- **Le comportement en scénario de stress**, où les corrélations convergent : c'est le seul moment où l'on apprend ce que le portefeuille était réellement.

LE PIÈGE DE LA CORRÉLATION EN PÉRIODE CALME

Les corrélations mesurées en période calme sous-estiment systématiquement les corrélations en période de stress. Ce n'est pas une imprécision de mesure : c'est une propriété du phénomène. En situation de tension, la liquidation contrainte pousse les participants à vendre ce qui est vendable plutôt que ce qu'ils souhaitent vendre, et les corrélations convergent.

Conséquence directe : un portefeuille calibré sur des corrélations de période calme est plus concentré qu'il ne le croit, exactement au moment où cette concentration coûte le plus cher. La diversification est une protection qui se retire quand on en a besoin — ce qui ne la rend pas inutile, mais interdit de la traiter comme une garantie.

14. L'exécution : là où une bonne décision se perd

Une décision correcte peut être entièrement détruite par son exécution, et cette destruction est silencieuse : elle ne produit aucune erreur, aucune alerte, aucun message. Elle produit simplement un résultat inférieur à celui que la simulation annonçait, sans que rien n'indique pourquoi.

14.1 Les neuf variables de l'exécution

Ce que le moteur d'exécution doit considérer, et ce que chaque variable coûte

Variable	Ce qu'elle recouvre	Ce qu'elle coûte si on l'ignore
Type d'ordre	Au marché, à cours limité, à seuil, ordres conditionnels	Un ordre au marché sur un carnet mince paie l'intégralité de l'écart de cotation
Écart de cotation	Différence entre le meilleur achat et la meilleure vente	Payé à l'entrée et à la sortie : c'est un coût doublé, souvent oublié dans les simulations
Liquidité	Volume disponible aux meilleurs prix	Un ordre qui excède la liquidité disponible déplace le prix contre lui-même
Profondeur du carnet	Volume disponible aux niveaux suivants	Détermine le coût réel d'une exécution de taille
Glissement	Écart entre le prix attendu et le prix obtenu	Croît avec la taille et la volatilité : c'est le poste le plus systématiquement sous-estimé
Frais	Commissions, frais de place, frais de règlement	Proportionnels à l'activité : une stratégie à forte rotation peut être rentable brute et déficitaire nette
Délai	Temps entre la décision et la transmission	Sur des horizons courts, le signal peut s'être évanoui avant l'arrivée de l'ordre
Volatilité	Amplitude des variations pendant l'exécution	Élargit les écarts et augmente la dispersion des prix obtenus
Fractionnement	Découpage d'un ordre en plusieurs tranches	Réduit l'impact mais allonge la durée d'exposition : c'est un arbitrage, pas une solution

14.2 La simulation doit modéliser l'exécution, ou elle ne vaut rien

C'est un point de méthode que l'on ne peut pas contourner. **Une simulation qui suppose une exécution parfaite au prix de clôture n'est pas une simulation optimiste : c'est une simulation d'un système différent.**

Les environnements de simulation sérieux permettent précisément de paramétrer ces conditions. La documentation publique du moteur LEAN — un moteur open source de recherche, de simulation et d'exécution, publié sous licence Apache 2.0 et utilisable en Python comme en C# — désigne cet ensemble sous le terme de *modèles de réalité* : modèles de remplissage des ordres, de glissement, de frais, de capacité d'achat, de règlement, ainsi que les modèles propres aux options. L'intention déclarée est explicite : rendre les simulations aussi proches que possible de ce que la stratégie ferait en conditions réelles.

En exploitation réelle, ce même moteur charge le portefeuille et les ordres ouverts depuis l'intermédiaire au démarrage — et sa documentation avertit qu'un algorithme ne doit pas supposer partir d'un portefeuille vide. **Elle précise également qu'il n'existe pas de restauration automatique de l'état interne d'une stratégie : les indicateurs et variables internes**

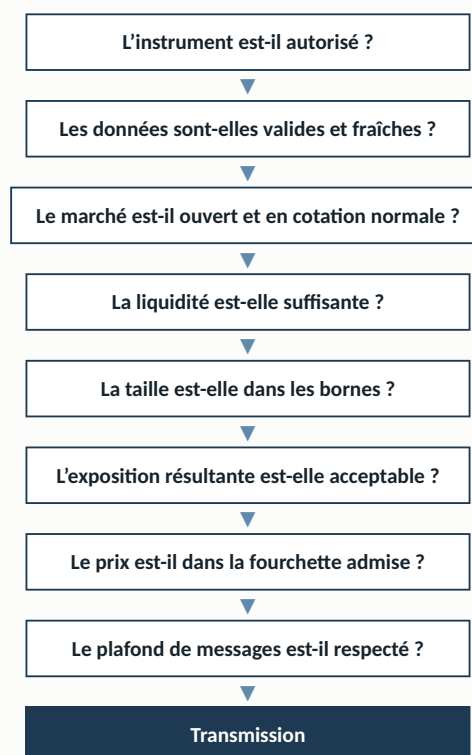
doivent être reconstruits explicitement. Cette nuance est instructive au-delà d'un outil particulier : la position détenue et l'état du modèle qui l'a produite sont deux choses distinctes, et la seconde ne se retrouve pas chez l'intermédiaire.

15. Contrôles pré-négociation et capacité d'arrêt

Nous abordons le dernier étage avant le marché, et c'est celui où l'ingénierie et le droit disent exactement la même chose.

15.1 La séquence des contrôles

FIGURE 7 — SÉQUENCE DE CONTRÔLE AVANT TRANSMISSION D'UN ORDRE



Chaque étape est un blocage dur : l'échec d'une seule interrompt la séquence. L'ordre des contrôles n'est pas indifférent — les plus économiques et les plus discriminants se placent en tête.

15.2 Ce que le droit européen nomme, précisément

Le règlement délégué (UE) 2017/589, qui complète la directive MiFID II sur les exigences organisationnelles des entreprises d'investissement pratiquant le trading algorithmique — usuellement désigné « RTS 6 » —, impose en son article 15 des contrôles à l'entrée des ordres, pour **tous** les instruments financiers. Il en nomme quatre familles :

- **des fourchettes de prix**, qui bloquent automatiquement les ordres ne répondant pas à des paramètres de prix déterminés ;
- **des valeurs maximales d'ordre**, qui empêchent la transmission d'ordres d'une valeur anormalement élevée ;
- **des volumes maximaux d'ordre**, sur le même principe appliqué aux quantités ;

- **des plafonds de messages**, qui bornent le nombre de messages transmis aux plates-formes.

Le briefing de supervision de l'ESMA du 26 février 2026 y ajoute une cinquième famille couramment attendue : **un limiteur d'exécutions automatiques répétées**, qui borne le nombre de fois qu'une stratégie peut se réarmer automatiquement — le mécanisme qui transforme une erreur unitaire en incident de marché.

Le même briefing précise que ces contrôles doivent être définis et revus conjointement par les fonctions de négociation, de gestion des risques et de conformité, avec le concours de la fonction informatique ; que leur méthode de calibration doit être documentée et appuyée sur des données quantitatives ; et qu'ils doivent être recalibrés à une périodicité garantissant que leurs paramètres restent à jour.

15.3 L'interrupteur

Tout système automatisé doit disposer d'une capacité d'arrêt. Le RTS 6 en fait une obligation à son article 12 : l'entreprise doit pouvoir annuler immédiatement, à titre de mesure d'urgence, tout ou partie de ses ordres non exécutés sur toute ou partie des plates-formes. Le briefing de 2026 va plus loin sur la question de la dépendance : l'entreprise doit conserver une capacité *inconditionnelle* de surveiller, suspendre ou interrompre son activité algorithmique, **sans dépendre du consentement d'un tiers**.

Les déclencheurs d'un arrêt, côté ingénierie, sont au nombre de huit :

Dépassement de perte

Perte quotidienne, hebdomadaire ou cumulée au-delà du seuil défini. C'est le déclencheur le plus évident et le plus facile à contourner par inadvertance, s'il est calculé sur des positions valorisées par la même chaîne que celle qui les a prises.

Comportement anormal

Fréquence d'ordres, taille moyenne, taux d'annulation ou répartition sectorielle s'écartant du profil habituel du système. Ce déclencheur ne mesure pas le résultat : il mesure le comportement, ce qui permet d'agir avant la perte.

Données corrompues

Valeurs aberrantes, séries figées, horodatages incohérents, absence prolongée de mise à jour. Une donnée figée est plus dangereuse qu'une donnée absente, parce qu'elle ne déclenche aucune alerte de disponibilité.

Perte de connexion

Interruption du flux de données ou du canal de transmission. Un système qui perd sa vue mais conserve ses positions doit se mettre en sécurité, non attendre le rétablissement.

Divergence de portefeuille

Écart entre le portefeuille tel que le système le croit et le portefeuille tel que l'intermédiaire le déclare. **C'est le contrôle le plus important et le plus souvent absent** : un système qui se trompe sur ses propres positions raisonne juste sur des prémisses fausses.

Volatilité exceptionnelle

Conditions de marché hors du domaine de validation des modèles. Un modèle n'est pas faux hors de son domaine : il est simplement sans objet, ce qui est pire, car il continue de produire des sorties.

Erreur logicielle

Exception non traitée, incohérence d'état, défaillance d'un composant. La conduite sûre par défaut n'est pas de poursuivre : c'est de s'arrêter.

Multiplication anormale des ordres

Réarmement en boucle, ordres dupliqués, rafales. C'est le mode de défaillance qui transforme le plus rapidement un incident local en incident de marché — d'où le limiteur d'exécutions répétées.

LE MODE DE DÉFAILLANCE SÛR

Un principe résume ce chapitre et vaut pour toute l'architecture : **le comportement par défaut, en cas de doute, doit être l'inaction.** Un système qui, faute d'information, poursuit son activité normale a choisi le risque ; un système qui s'arrête a choisi le coût d'opportunité. Le second choix est réversible, le premier ne l'est pas toujours.

Ce principe a une conséquence de conception qu'il faut assumer : *le mode vide — ne rien produire, ne rien transmettre, déclarer l'absence — doit être un état légitime et explicitement prévu du système, et non le résultat d'une panne.*

PARTIE IV

L'art de se méfier de soi-même

Quatre chapitres sur la validation : comment un système se persuade lui-même qu'il fonctionne, pourquoi le biais d'anticipation se prévient par construction et non par vigilance, quelle séquence de tests mérite le nom de validation, et comment surveiller un modèle qui vieillit sans le dire.

16. Le sur-ajustement, maladie professionnelle du quantitatif

De tous les dangers du trading algorithmique, celui-ci est le plus répandu, le plus difficile à détecter de l'intérieur, et le seul dont la sévérité augmente exactement avec la qualité des outils employés.

16.1 Le mécanisme, énoncé sans ambiguïté

Le sur-ajustement désigne la situation dans laquelle un modèle devient excellent sur ses données historiques tout en étant médiocre — ou nuisible — sur des données nouvelles. Il n'apprend pas une relation : il apprend l'échantillon, bruit compris.

Le mécanisme est purement statistique et n'exige aucune faute. Testons mille configurations de paramètres sur un historique ; retenons la meilleure. Même si aucune des mille ne possède le moindre pouvoir explicatif — même si les données sont entièrement aléatoires —, la meilleure des mille affichera une performance historique remarquable. **Elle ne mesure pas une découverte : elle mesure l'extrémité d'une distribution de mille essais.**

Ce raisonnement, une fois compris, transforme la lecture de toute performance historique. La question cesse d'être « quel résultat cette stratégie a-t-elle obtenu ? » pour devenir « combien de stratégies ont été essayées avant que celle-ci ne soit retenue ? » — et cette seconde information n'est presque jamais publiée.

16.2 Les sept chemins du sur-ajustement

Sept façons d'obtenir une performance historique excellente et sans valeur

Chemin	Ce qui se passe	Ce qui le rend détectable
Trop de paramètres	Le modèle dispose de plus de degrés de liberté que les données ne contiennent d'information	Rapport entre nombre de paramètres et nombre d'observations indépendantes — non d'observations
Sélection après essais multiples	La meilleure de N configurations est retenue sans correction pour N	Journal du nombre d'essais ; correction statistique explicite pour la multiplicité
Exploitation d'anomalies accidentelles	La stratégie repose sur quelques épisodes historiques non reproductibles	Décomposition du résultat par période : un résultat porté par trois journées n'est pas un résultat
Information future utilisée indirectement	Une donnée révisée, un univers reconstitué a posteriori, un seuil choisi en connaissant la suite	Données historisées à leur état de publication ; univers reconstitué à la date
Coûts de transaction ignorés	La simulation suppose une exécution gratuite	Test de sensibilité aux coûts : à partir de quel niveau la stratégie cesse-t-elle d'être rentable ?

Chemin	Ce qui se passe	Ce qui le rend détectable
Glissement non modélisé	L'exécution est supposée se faire au prix observé	Comparaison entre prix simulés et prix obtenus en conditions réelles
Sur-spécialisation à un marché	Les paramètres sont ajustés à un instrument, une place, une période	Test sur d'autres instruments et d'autres périodes, sans réajustement

16.3 Pourquoi l'intelligence artificielle aggrave le problème

Il faut être direct sur ce point, car il contredit l'intuition dominante. Les outils modernes ne réduisent pas le risque de sur-ajustement : **ils en abaissent le coût d'entrée.**

Explorer dix mille configurations demandait autrefois des semaines et un effort conscient ; cela demande aujourd'hui quelques heures et aucune décision explicite. La recherche automatisée d'architectures, l'optimisation d'hyperparamètres et la génération assistée de variables produisent chacune, silencieusement, des milliers d'essais dont le décompte n'apparaît nulle part.

« Le nombre d'essais est devenu la variable la plus importante d'une validation quantitative — et la seule qui ne figure jamais dans les résultats publiés. »

La parade n'est pas technique : elle est disciplinaire. *Compter les essais, les journaliser, et corriger le seuil de significativité en conséquence.* Une stratégie sélectionnée parmi mille doit franchir une barre considérablement plus haute qu'une stratégie formulée par hypothèse puis testée une fois. Cette exigence est connue, publiée, et rarement appliquée — parce qu'elle disqualifie l'essentiel de ce qui se présente comme une découverte.

16.4 Les quatre défenses

Formuler l'hypothèse avant de regarder

Une hypothèse économique posée avant le test — une raison de penser que la relation existe — vaut infiniment mieux qu'une relation trouvée par exploration. La première est falsifiable ; la seconde n'est qu'un résumé de l'échantillon.

Réserver des données intouchées

Un jeu de données auquel on n'accède qu'une fois, à la toute fin. Il perd sa valeur dès le second usage, puisqu'il devient alors un critère de sélection comme un autre.

Préférer la simplicité

À performance comparable, le modèle le plus simple est celui dont le résultat a le moins de chances d'être un artefact. La complexité doit être justifiée par un gain hors échantillon, jamais par un gain en échantillon.

Tester la robustesse au voisinage

Un jeu de paramètres dont la performance s'effondre dès qu'on le modifie légèrement est un pic isolé dans un paysage de bruit. Une relation réelle produit un plateau, pas une pointe.

17. Le biais d'anticipation : il ne se corrige pas, il s'empêche

Le biais d'anticipation apparaît lorsqu'une stratégie utilise, dans une simulation, une information qui n'était pas disponible au moment de la décision qu'elle simule.

17.1 La forme évidente et les formes discrètes

La forme évidente est facile à décrire :

```
Donnée publiée le 15 juin
↓
Le modèle l'utilise dans une simulation datée du 10 juin
↓
Le résultat historique devient artificiellement favorable
```

Les formes discrètes sont bien plus dangereuses, parce qu'elles ne ressemblent pas à une erreur.

- **La révision.** Une statistique officielle est révisée après sa première publication. Une simulation qui utilise la série actuelle attribue au passé une valeur qui n'existait pas à l'époque. La décision simulée repose alors sur une information postérieure — et c'est le cas le plus fréquent de tous.
- **L'univers reconstitué.** Tester une stratégie sur les composantes actuelles d'un indice revient à ne retenir que les entreprises qui ont survécu et prospéré jusqu'à aujourd'hui. C'est le biais du survivant, et il suffit à rendre profitable à peu près n'importe quelle stratégie d'achat.
- **L'horodatage approximatif.** Une donnée publiée à 14 h 30 utilisée dans une décision datée du matin. L'écart est de quelques heures, et il change tout.
- **Le seuil choisi en connaissance de cause.** Un paramètre fixé par le concepteur qui connaît la suite de l'historique. Aucun code ne contient d'erreur : l'information future est passée par le concepteur.

17.2 La seule parade robuste est architecturale

Voici le point central de ce chapitre, et l'un des plus importants de cette étude. **On ne prévient pas le biais d'anticipation par la vigilance : on le prévient en rendant l'information future inaccessible.**

Un moteur de simulation correctement conçu ne fonctionne pas comme une boucle qui parcourt un tableau de données — modèle dans lequel toutes les lignes sont accessibles à tout instant, et où seule la discipline du développeur empêche d'en lire une trop loin. Il fonctionne comme un flux d'événements présentés dans l'ordre où ils sont survenus, avec une frontière temporelle que l'algorithme ne peut pas franchir parce que, de son point de vue, ce qui se trouve au-delà *n'existe pas encore*.

La documentation publique du moteur LEAN décrit exactement ce mécanisme : le moteur s'efforce de modéliser le flux du temps aussi fidèlement que possible, en présentant les données à l'algorithme dans l'ordre de leur arrivée, comme on les recevrait en réalité ; et en restreignant l'accès aux seules données antérieures à cette frontière temporelle, il prévient *l'erreur la plus commune de l'analyse quantitative, le biais d'anticipation*.

Le même principe produit une conséquence que les praticiens reconnaîtront : une barre de cotation n'est transmise à l'algorithme qu'une fois sa période achevée, c'est-à-dire au début de la période suivante. **Le cours de clôture d'une séance n'est donc pas connu de l'algorithme pendant cette séance** — ce qui paraît évident énoncé ainsi, et que d'innombrables simulations écrites à la main violent sans s'en apercevoir.

LA RÈGLE GÉNÉRALE, AU-DELÀ D'UN OUTIL PARTICULIER

Une précaution qui dépend de l'attention du développeur sera violée ; une contrainte inscrite dans l'architecture ne le sera pas. C'est vrai du biais d'anticipation, et c'est vrai de toutes les autres garanties décrites dans cette étude : la séparation entre alpha et risque, l'indépendance des sources de contrôle, l'impossibilité de contourner une borne.

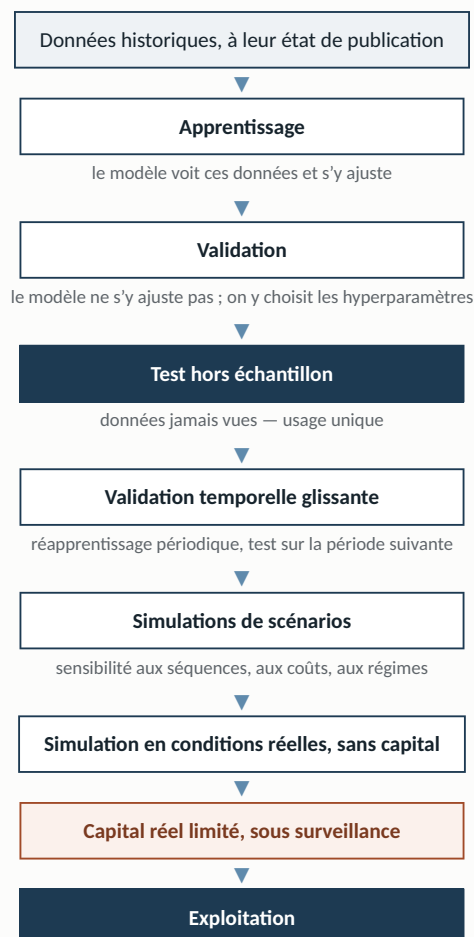
La différence entre une bonne pratique et une propriété d'architecture est que la seconde survit à la fatigue, à l'urgence et au changement d'équipe.

18. Validation temporelle, Monte-Carlo, simulation en conditions réelles

18.1 La séquence complète

Une stratégie qui n'a pas franchi la séquence suivante n'est pas validée : elle est simplement ajustée.

FIGURE 8 — SÉQUENCE DE VALIDATION, DE LA DONNÉE HISTORIQUE AU CAPITAL RÉEL



Chaque étape peut renvoyer à la précédente. Aucune ne peut être sautée, et la quatrième est la seule dont le résultat soit interprétable comme une estimation de performance future — encore avec de grandes réserves.

18.2 La validation temporelle glissante

Le principe est simple et son respect est rare. On entraîne le modèle sur une fenêtre, on le teste sur la période immédiatement suivante, puis on décale l'ensemble et l'on recommence.

Le modèle n'est jamais évalué sur des données qui ont servi à le construire, et — c'est le point décisif — **la procédure reproduit la situation réelle : à chaque instant, le modèle ne dispose que du passé.**

Elle apporte une information que nulle autre méthode ne procure : *la stabilité de la performance dans le temps*. Une stratégie dont les résultats sont concentrés sur deux fenêtres et nuls sur les huit autres n'est pas une stratégie moyennement performante : c'est une stratégie qui a rencontré deux fois un environnement favorable. La distinction est invisible sur une courbe cumulée, qui agrège tout et ne montre rien.

18.3 Les simulations de scénarios

Une stratégie ne devrait jamais être évaluée sur une seule trajectoire. La courbe de capital observée est *une* réalisation parmi un ensemble de trajectoires possibles, et rien n'indique qu'elle soit représentative.

Les simulations de type Monte-Carlo consistent à faire varier ce qui aurait pu l'être : l'ordre des gains et des pertes, le niveau de volatilité, l'ampleur du glissement, la longueur des périodes défavorables, la structure des corrélations. On obtient non plus un résultat mais une distribution de résultats — et des réponses à des questions qu'une courbe unique ne permet même pas de poser :

- Quelle est la perte maximale dans le décile le plus défavorable des trajectoires ?
- Quelle est la probabilité d'une série de pertes suffisamment longue pour qu'un opérateur humain interrompe le système ?
- À partir de quel niveau de coûts de transaction l'espérance devient-elle négative ?
- Quelle dégradation de corrélation suffit à faire disparaître le bénéfice de la diversification ?

L'objectif n'est pas de prédire l'avenir ; il est de mesurer la sensibilité du système aux hypothèses qu'il contient sans les déclarer.

18.4 Les tests de résistance

Un système doit être éprouvé dans des conditions nettement plus difficiles que les conditions normales : volatilité multipliée, liquidité réduite, écarts de cotation élargis, flux de données interrompu, rafales d'ordres, variations de prix extrêmes, indisponibilité de l'intermédiaire, défaillance d'un fournisseur de données.

Le droit européen est explicite sur ce point, et il chiffre une exigence de capacité. Le briefing de supervision de l'ESMA du 26 février 2026 attend des entreprises qu'elles éprouvent leurs systèmes de manière à établir une assurance raisonnable qu'ils peuvent traiter **le double du volume de négociation le plus élevé atteint au cours des six mois précédents**. Le RTS 6 exige par ailleurs que ces tests soient conduits dans un environnement séparé de l'environnement de production, et que les algorithmes soient testés pour conformité avec les systèmes des plates-formes et des fournisseurs d'accès.

18.5 La simulation en conditions réelles

Avant tout engagement de capital, une stratégie doit fonctionner sur des données en temps réel avec des décisions simulées. Cette étape ne mesure pas la performance — la période est

trop courte et l'échantillon trop maigre. **Elle mesure l'écart entre la simulation et la réalité**, ce qui est un objet entièrement différent et bien plus instructif :

- les divergences entre les prix simulés et les prix réellement disponibles ;
- les problèmes d'exécution que la simulation ne modélisait pas ;
- la latence réelle de la chaîne, de la donnée à la transmission ;
- les erreurs et absences de données que l'historique nettoyé avait effacées ;
- les coûts sous-estimés, qui apparaissent immédiatement.

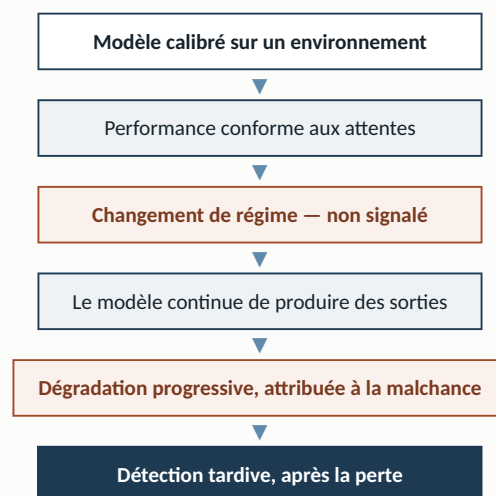
Un écart important entre simulation et conditions réelles ne signifie pas que la stratégie est mauvaise : il signifie que la simulation décrivait un autre système. Ce qui est une information bien plus utile, et bien plus urgente.

19. La surveillance des modèles en production

Un modèle mis en production ne se dégrade pas en tombant en panne. Il se dégrade en continuant de fonctionner.

19.1 La non-stationnarité, vue depuis la production

FIGURE 9 — LE CYCLE DE DÉGRADATION SILENCIEUSE



Le point critique est l'avant-dernière étape : une dégradation progressive est presque toujours interprétée comme une série défavorable, parce que les deux sont indiscernables sur un petit nombre d'observations. C'est pourquoi la surveillance doit porter sur les entrées et sur la calibration, non sur le seul résultat.

19.2 Le tableau de santé d'un modèle

Chaque modèle doit posséder ses propres indicateurs de santé, suivis en continu, avec des seuils définis à l'avance — et non interprétés après coup.

Indicateurs de santé d'un modèle en production

Indicateur	Ce qu'il mesure	Ce qu'un écart signale
Exactitude	Taux de classification correcte hors échantillon	Perte de pouvoir prédictif, ou changement de la distribution cible

Indicateur	Ce qu'il mesure	Ce qu'un écart signale
Calibration	Écart entre probabilités annoncées et fréquences observées	Le plus important : les positions sont dimensionnées par ces probabilités
Performance ajustée du risque	Rendement rapporté à la volatilité, hors échantillon	Dégradation du rapport signal sur bruit
Perte maximale	Recul depuis un sommet, comparé au recul attendu en simulation	Un recul hors du domaine simulé invalide la simulation, pas seulement la période
Erreur moyenne	Écart moyen entre prévision et réalisation	Biais systématique, souvent lié à un changement de niveau
Dérive des données	Déplacement de la distribution des variables d'entrée	<i>Se détecte avant toute dégradation de performance</i> — c'est l'alerte la plus précoce
Dérive des performances	Tendance des indicateurs sur fenêtre glissante	Distingue une série défavorable d'une dégradation structurelle
Corrélation entre modèles	Dépendance entre les sorties des différents modèles	Une corrélation croissante signale une perte de diversification des signaux
Latence	Temps de calcul et de transmission	Une dégradation de latence change la stratégie effectivement exécutée

La ligne à retenir est la sixième. **La dérive des données se détecte avant toute dégradation de performance**, parce qu'elle porte sur les entrées et non sur les résultats : elle ne demande pas d'attendre que les positions soient dénouées pour produire un signal. Surveiller uniquement la performance, c'est accepter de n'ap-prendre la dégradation qu'une fois qu'elle a coûté.

19.3 Le risque de la dérive incrémentale

Une dernière observation, que le briefing de supervision de l'ESMA formule explicitement à propos des systèmes d'intelligence artificielle : les entreprises doivent gérer le risque qu'une série de modifications mineures s'accumule en un changement substantiel sans qu'aucune n'ait déclenché de procédure de test.

Le mécanisme est familier à quiconque a maintenu un système en exploitation. Chaque modification est trop petite pour justifier une revalidation complète ; la somme des modifications produit un système différent de celui qui a été validé. *La parade n'est pas de revalider à chaque changement, ce qui est impraticable, mais de mesurer la distance cumulée au dernier état validé — et d'en faire, elle aussi, un indicateur de santé assorti d'un seuil.*

PARTIE V

Le cadre

Deux chapitres pour confronter l'architecture décrite jusqu'ici à ce que le droit européen exige déjà, et à ce que les entreprises déclarent réellement faire. La correspondance entre les deux est plus étroite qu'on ne l'attend : le régulateur décrit des organes, pas des formalités.

20. Ce que le droit européen exige déjà

Cette partie appelle une précaution liminaire. **Ce qui suit est une description de textes publics, non un avis juridique** ; la réglementation applicable à un acteur donné dépend de son statut, des instruments concernés, des marchés utilisés, des services fournis et de sa juridiction. Un particulier qui automatise ses propres décisions sur son propre compte, une société de gestion, une entreprise d'investissement et un teneur de marché ne relèvent pas du même régime, et l'écart entre ces régimes est considérable.

Cette réserve posée, une observation demeure : *lorsque le droit européen décrit ce qu'il attend d'un système de trading automatisé, il décrit exactement l'architecture exposée dans les parties précédentes.*

20.1 Les quatre textes

Directive 2014/65/UE, article 17 — Trading algorithmique

S'adresse aux entreprises d'investissement. Exige des systèmes et contrôles des risques adaptés à l'activité, garantissant la résilience et la capacité suffisante des systèmes de négociation ; des seuils et limites appropriés ; des dispositifs empêchant l'envoi d'ordres erronés ou toute contribution à un marché désordonné ; des plans de continuité couvrant la défaillance des systèmes ; des tests intégraux et une surveillance des systèmes. Impose également la notification à l'autorité compétente et aux plates-formes concernées, et la conservation de registres suffisants.

Directive 2014/65/UE, article 48 — Résilience, coupe-circuits et négociation électronique

S'adresse aux plates-formes de négociation, non aux entreprises. Exige des systèmes résilients disposant d'une capacité suffisante en période de pointe ; la faculté de suspendre ou de restreindre temporairement la négociation en cas d'urgence ou de mouvement de prix significatif ; le rejet des ordres dépassant des seuils prédéterminés ou manifestement erronés ; la fourniture d'environnements de test aux membres ; et l'identification des ordres générés par trading algorithmique, des différents algorithmes employés et des personnes qui les ont initiés.

Règlement délégué (UE) 2017/589 — « RTS 6 »

Norme technique adoptée le 19 juillet 2016, publiée au Journal officiel le 31 mars 2017. C'est le texte le plus opérationnel. Il impose notamment : des tests de conformité avec les systèmes des plates-formes et des fournisseurs d'accès (art. 6) ; des tests dans un environnement séparé de la production (art. 7) ; **une auto-évaluation et une validation annuelles, donnant lieu à un rapport** (art. 9) ; une **capacité d'annulation immédiate** de tout ou partie des ordres non exécutés (art. 12) ; les contrôles à l'entrée d'ordre pour tous les instruments (art. 15) ; la surveillance en temps réel de toute activité algorithmique (art. 16) ; et des contrôles post-négociation continus incluant l'évaluation du risque de marché et de crédit (art. 17).

Briefing de supervision de l'ESMA sur le trading algorithmique dans l'Union — 26 février 2026

Outil de convergence **non contraignant**, adressé aux autorités nationales et non directement aux entreprises. Il vise à harmoniser des pratiques de supervision qui divergeaient, sur quatre terrains : contrôles pré-négociation, gouvernance, cadres de test, et externalisation des systèmes de trading algorithmique. Il traite en outre explicitement du recours croissant à l'intelligence artificielle.

20.2 Trois énoncés du briefing de 2026 qui intéressent directement l'architecture

SUR LA RESPONSABILITÉ EN CAS D'ALGORITHME FOURNI PAR UN TIERS

Lorsqu'une entreprise d'investissement pratique le trading algorithmique au moyen d'algorithmes fournis par un tiers, **elle en demeure pleinement et seule responsable**. L'externalisation ne modifie pas ses obligations réglementaires, et la responsabilité réglementaire ne peut pas être transférée.

Conséquence d'ingénierie : un composant acheté doit être traité comme un composant interne défaillant potentiel — surveillé, borné, et arrêtable. Le fait qu'il soit fourni ne réduit pas l'exigence de contrôle ; il la déplace vers la surveillance de sa sortie.

SUR LA CAPACITÉ D'ARRÊT

L'entreprise doit conserver une capacité **inconditionnelle** de surveiller, suspendre ou interrompre son activité de trading algorithmique, **sans dépendre du consentement d'un tiers**.

Conséquence d'ingénierie : l'interrupteur ne peut pas résider chez le fournisseur du modèle, ni chez l'hébergeur, ni chez l'intermédiaire seul. Il doit exister un chemin d'arrêt que l'exploitant contrôle de bout en bout.

SUR L'ARTICULATION AVEC LE RÈGLEMENT EUROPÉEN SUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Lorsqu'un système de trading algorithmique répond à la définition d'un système d'intelligence artificielle, **il doit se conformer aux exigences du règlement (UE) 2024/1689**. Ce règlement est entré en vigueur le 1^{er} août 2024 et est devenu applicable, pour l'essentiel de ses dispositions, le 2 août 2026, sous réserve d'exceptions et de régimes transitoires — modifiés depuis par le règlement (UE) 2026/1744 du 8 juillet 2026.

Conséquence d'ingénierie : deux corpus s'appliquent simultanément et ne se substituent pas l'un à l'autre. Les obligations de documentation, de traçabilité et de surveillance humaine qu'ils portent se recoupent largement — ce qui, pour une fois, simplifie le travail plutôt que de l'alourdir.

20.3 La correspondance

Le tableau qui suit met en regard les organes décrits dans les parties II et III et les exigences européennes qui leur correspondent. Il constitue, à lui seul, l'argument principal de ce chapitre.

Correspondance entre organes d'architecture et exigences du droit européen

Organe décrit dans cette étude	Exigence correspondante	Texte
Validation des données	Contrôles de conformité et de qualité, surveillance en temps réel de l'activité	RTS 6, art. 6 et 16
Séparation alpha / risque	Deux lignes de défense : surveillance par l'opérateur et par la fonction de gestion des risques	Briefing ESMA 2026

Organe décrit dans cette étude	Exigence correspondante	Texte
Moteur de risque	Systèmes et contrôles des risques adaptés ; seuils et limites appropriés	MiFID II, art. 17 §1
Contrôles pré-négociation	Fourchettes de prix, valeurs et volumes maximaux d'ordre, plafonds de messages, sur tous les instruments	RTS 6, art. 15
Limiteur d'exécutions répétées	Borne sur le réarmement automatique d'une stratégie	Briefing ESMA 2026
Interrupteur	Annulation immédiate de tout ou partie des ordres non exécutés ; capacité inconditionnelle d'interruption	RTS 6, art. 12 ; Briefing ESMA 2026
Environnement de validation	Tests conduits dans un environnement séparé de la production	RTS 6, art. 7
Tests de résistance	Assurance raisonnable de traiter le double du plus haut volume des six derniers mois	Briefing ESMA 2026
Surveillance des modèles	Auto-évaluation et validation annuelles, donnant lieu à un rapport	RTS 6, art. 9
Audit et traçabilité	Registres suffisants ; identification des ordres algorithmiques, des algorithmes et des personnes qui les ont initiés	MiFID II, art. 17 §2 et art. 48
Contrôles post-négociation	Évaluation et surveillance continues du risque de marché et de crédit	RTS 6, art. 17
Gouvernance des composants tiers	Responsabilité pleine et entière maintenue ; accountability non transférable	Briefing ESMA 2026

Ce tableau appelle une observation qui vaut conclusion de chapitre. **Aucune ligne de la colonne de gauche n'a été écrite en regardant la colonne de droite.** Les organes ont été décrits à partir de considérations d'ingénierie — localiser l'erreur, empêcher qu'elle se propage, pouvoir reconstituer une décision. La correspondance n'est pas une coïncidence : *le régulateur et l'ingénieur résolvent le même problème et aboutissent, à partir de raisonnements indépendants, à la même liste d'organes.* C'est, en soi, un argument en faveur de cette liste.

21. Ce que l'adoption réelle montre

Le chapitre 3 a présenté les chiffres de l'enquête européenne. Il reste à en tirer les conséquences pour la conception d'un système — ce qui suppose de les lire sans les forcer dans un sens ni dans l'autre.

21.1 Ce que ces chiffres établissent

- **Que l'autonomie décisionnelle n'est pas l'usage dominant mesuré.** 77 % des cas d'usage déclarés fonctionnent avec une autonomie faible ou nulle : validation humaine requise, ou système se bornant à suggérer.
- **Que les préoccupations des praticiens portent d'abord sur les entrées et les sorties.** Qualité des données à 55 %, hallucinations à 51 % : ce sont les deux extrémités de la chaîne décrite dans la partie II.
- **Que la dépendance à un petit nombre de fournisseurs est identifiée comme un risque propre.** 62 % des répondants s'appuient exclusivement sur des solutions d'informatique en nuage commerciales, et la concentration des fournisseurs est explicitement relevée.

- **Que l'adoption est inégale et corrélée à la taille.** 96 % des grandes entreprises utilisent l'IA ou prévoient de le faire ; 65 % des micro-entreprises n'ont ni usage actif ni projet.

21.2 Ce que ces chiffres n'établissent pas

Il faut être aussi précis sur les limites que sur les résultats, et l'étude elle-même les signale.

- **Les réponses sont volontaires**, et l'échantillon n'est pas nécessairement représentatif de l'ensemble du marché européen.
- **Le périmètre est celui des marchés de titres dans leur ensemble**, non celui du trading algorithmique. Les usages dominants relevés — rédaction et synthèse, assistants internes, génération de code — sont bureautiques et techniques. *Lire ces chiffres comme une mesure de l'automatisation de la décision financière serait une erreur de périmètre grossière.*
- **La déclaration n'est pas la mesure.** Une entreprise déclare des cas d'usage ; elle ne déclare ni leur volume, ni leur criticité, ni leur performance.

CE QUE L'ON PEUT RAISONNABLEMENT EN CONCLURE

Que la question pertinente, en 2026, n'est pas « les machines vont-elles décider seules ? » mais « **où place-t-on exactement la frontière entre ce qu'un système propose et ce qu'un humain autorise, et cette frontière est-elle inscrite dans l'architecture ou seulement dans les intentions ?** »

C'est une question de conception, pas de prospective. Et elle a une réponse vérifiable : *ou bien le système est incapable, par construction, de dépasser une borne — ou bien il en est capable, et la borne est une préférence.*

PARTIE VI

Ce que cela change pour qui lit

Quatre chapitres pour rendre l'ensemble utilisable : la liste des huit risques et de ce qui les contient, l'inventaire honnête de ce que l'intelligence artificielle ne résout pas, une grille de dix questions applicable à n'importe quel système automatisé, et la conclusion.

22. Huit risques, et ce qui les contient

Aucun de ces risques ne se supprime. Chacun se contient, à un coût, par un organe identifié. La colonne de droite du tableau qui suit ne contient donc pas de solutions : elle contient des contreparties.

Les huit risques principaux d'un système de trading assisté par intelligence artificielle

#	Risque	Comment il se manifeste	Ce qui le contient, et à quel prix
1	Sur-ajustement	Le système apprend le passé au lieu d'apprendre une relation. Performance historique excellente, performance réelle nulle ou négative	Validation temporelle glissante, jeu de données réservé, décompte des essais. Prix : la plupart des découvertes ne survivent pas
2	Mauvaises données	Une valeur erronée, figée, retardée ou mal horodatée produit un signal erroné, sans qu'aucune alerte ne se déclenche	Validation en sept états, redondance des fournisseurs, journalisation des écarts. Prix : le second fournisseur coûte autant que le premier
3	Hallucination	Un modèle de langage produit une information plausible, bien formée et fausse	Sortie typée, citation obligatoire, cantonnement du rôle, double lecture. Prix : le modèle devient moins utile et plus contraint
4	Corrélation cachée	Plusieurs stratégies apparemment indépendantes dépendent du même facteur ; la diversification est nominale	Moteur de portefeuille, analyse factorielle, scénarios de stress. Prix : moins de positions, donc moins d'activité
5	Rupture de régime	Une stratégie historiquement efficace devient inadap-tée ; la dégradation ressemble à une série défavorable	Moteur de régime avec état « indéterminé », surveillance de la dérive. Prix : des périodes d'abstention prolongées
6	Erreur d'exécution	Un signal correct est mal exécuté ; l'écart entre prix attendu et prix obtenu efface l'avantage	Modélisation de l'exécution en simulation, mesure de l'écart réel, fractionnement. Prix : des simulations moins flatteuses
7	Cybersécurité	Un système automatisé connecté à un intermédiaire constitue une infrastructure sensible ; 46 % des répondants européens citent ce risque	Cloisonnement, moindre privilège, journalisation in-violable, capacité d'arrêt indépendante. Prix : complexité opérationnelle
8	Dépendance externe	Interfaces, fournisseurs de données, modèles et infra-structures peuvent devenir indisponibles, changer de comportement ou disparaître	Redondance, dégradation contrôlée, capacité d'arrêt ne dépendant d'aucun tiers. Prix : duplication des coûts d'infrastructure

Le régulateur européen identifie, parmi les préoccupations associées à l'adoption croissante de l'intelligence artificielle sur les marchés, les vulnérabilités liées aux données et aux modèles, la cybersécurité et les dépendances à des fournisseurs tiers — soit les risques 2, 3, 7 et 8 de ce tableau. La convergence entre l'analyse de risque d'un régulateur et l'expérience d'un ingénieur n'est pas une surprise : elle indique que ces risques sont structurels et non conjoncturels.

23. Ce que l'intelligence artificielle ne résout pas

Il serait malhonnête de conclure une étude sur l'architecture sans énoncer clairement ce qu'aucune architecture ne supprime. Les neuf éléments suivants ne sont pas des limites actuelles de la technologie : ce sont des propriétés du problème.

L'incertitude

Elle ne se réduit pas par une meilleure lecture de l'information disponible. Une part de ce qui déterminera les prix de demain n'existe encore nulle part.

L'efficacité partielle des marchés

Sur de nombreuses dimensions, l'information publique est déjà intégrée au prix. Mieux la lire ne procure aucun avantage : tout le monde la lit.

Les changements de régime

Ils ne s'annoncent pas. Un moteur de régime les détecte après coup : sa valeur est de raccourcir ce délai, pas de le supprimer.

La concurrence entre stratégies

Une inefficacité exploitée se referme. Plus les outils se diffusent, plus les mêmes relations sont exploitées simultanément, et plus vite elles s'épuisent.

Les coûts de transaction

Ils sont proportionnels à l'activité et indifférents à la qualité du signal. Aucune intelligence ne les annule ; seule une réduction d'activité les réduit.

Le glissement d'exécution

Il croît avec la taille. Une stratégie performante sur de petits montants peut être inexploitable à grande échelle — et l'échelle est précisément ce que le succès apporte.

La liquidité

Elle disparaît lorsqu'on en a le plus besoin, et cette disparition n'est pas un dysfonctionnement : c'est le comportement normal d'un marché sous contrainte.

Les erreurs de données

Elles se détectent, elles ne s'éliminent pas. Un système qui suppose ses données exactes est un système qui n'a pas encore rencontré son incident.

Les événements imprévus

Par définition absents de tout historique. Aucun modèle entraîné sur le passé ne les contient, et aucun apprentissage ne les anticipe.

À cela s'ajoute une asymétrie qu'il faut nommer pour finir : **l'intelligence artificielle améliore le traitement de l'information et introduit simultanément de nouvelles sources d'erreur**. Hallucination, opacité des décisions, dérive silencieuse des modèles, dépendance à des fournisseurs concentrés : ces modes de défaillance n'existaient pas dans les générations précédentes. *Le bilan net est positif — mais il est net, et le brut serait trompeur.*

24. Dix questions pour éprouver un système automatisé

Cette grille conclut la partie utile de l'étude. Elle s'applique à un système que l'on construit, à un système que l'on évalue, et à une publication dont on se demande ce qu'elle vaut. **Elle est opposable à son auteur, qui s'y soumet à l'annexe E.**

1 D'où vient chaque nombre, et à quelle heure a-t-il été obtenu ?

Un système qui ne peut pas répondre ne produit pas de l'information vérifiable : il produit des assertions. La réponse attendue nomme un émetteur, un horodatage et un chemin de collecte — pas une catégorie de source.

2 Que se passe-t-il quand une donnée manque ?

Trois conduites existent : déclarer l'absence, substituer silencieusement une valeur antérieure, ou interrompre. Seules la première et la troisième sont défendables. La seconde est la plus fréquente, et la seule invisible.

3 Le moteur qui décide est-il le même que celui qui autorise ?

Si oui, il n'existe pas de contrôle : il existe une relecture par l'auteur. La réponse doit nommer deux composants distincts, avec des critères de succès opposés.

4 Les contrôles lisent-ils une autre source que ce qu'ils contrôlent ?

Un contrôle qui partage sa source avec le dispositif contrôlé constate toujours un accord parfait. Il ne vérifie pas, il confirme — et son taux d'échec nul est la preuve du problème, non de la qualité.

5 Combien de configurations ont été essayées avant de retenir celle-ci ?

C'est la question la plus discriminante de la grille et celle à laquelle on répond le plus rarement. Sans ce nombre, une performance historique n'est pas interprétable.

6 La simulation modélise-t-elle les frais, l'écart de cotation et le glissement ?

Sinon, elle décrit un autre système que celui qui sera exploité. La bonne réponse indique les modèles retenus et le niveau de coûts à partir duquel l'espérance devient négative.

7 L'algorithme peut-il, structurellement, accéder à une donnée postérieure à sa décision ?

La question ne porte pas sur l'intention mais sur la possibilité. Une réponse du type « nous faisons attention » est une réponse négative.

8 Que fait le système quand il ne sait pas ?

Il doit exister un état déclaré d'abstention, et cet état doit être un comportement normal et fréquent, non un mode de panne. Un système qui a toujours une réponse est un système qui n'en a aucune.

9 Qui peut l'arrêter, en combien de temps, et sans l'accord de qui ?

La capacité d'arrêt doit être inconditionnelle et ne dépendre d'aucun tiers — ni du fournisseur du modèle, ni de l'hébergeur, ni de l'intermédiaire seul. Le délai doit être mesuré, pas estimé.

10 Peut-on reconstituer, six mois plus tard, pourquoi une décision a été prise ?

Données utilisées, modèle et version, confiance, régime, contrôles appliqués, motif d'autorisation, prix obtenu, risque prévu, résultat. Si l'un de ces éléments manque, la décision n'est pas auditable — et un système non auditable ne s'améliore pas : il se remplace.

25. Conclusion : l'architecture plutôt que l'oracle

Le modèle mental hérité du trading algorithmique de première génération tient en trois étapes :

INDICATEUR → SIGNAL → ORDRE

Celui vers lequel converge l'ingénierie de 2026 en compte douze :

DONNÉES → ANALYSES SPÉCIALISÉES → DÉTECTION DU RÉGIME → FUSION DES SIGNAUX
 → CONTRE-ANALYSE → CONSTRUCTION DU PORTEFEUILLE → GESTION DU RISQUE
 → CONTRÔLES PRÉ-NÉGOCIATION → EXÉCUTION → SURVEILLANCE → AUDIT
 → RÉÉVALUATION DES MODÈLES

Ce que l'on gagne à ce déplacement est mesurable : la spécialisation des modèles, la réduction de la dépendance à une source unique de signal, la séparation entre l'analyse et le risque, la traçabilité des décisions, la possibilité de comparer plusieurs modèles sur les mêmes entrées, l'adaptation au régime, le contrôle de l'exécution et la surveillance continue.

Ce que l'on paie est tout aussi réel, et cette étude n'a pas cherché à le dissimuler : complexité, coût des données, risque de sur-ajustement accru par la facilité d'exploration, dépendance technologique, difficulté de validation, risques de modèle, exposition à la cybersécurité, contraintes réglementaires.

25.1 Ce qui combine plutôt que ce qui prédit

L'avenir des systèmes de trading assistés par intelligence artificielle ne réside probablement pas dans un modèle unique capable d'anticiper chaque mouvement. Il réside dans la combinaison de plusieurs formes d'intelligence, chacune employée là où elle est compétente : l'intelligence quantitative pour les séries temporelles ; l'intelligence statistique pour mesurer les relations et leur incertitude ; l'apprentissage automatique pour détecter certaines structures non linéaires ; les modèles de langage pour traiter l'information textuelle ; l'analyse fondamentale pour examiner les entreprises ; la détection de régime pour contextualiser les signaux ; l'optimisation de portefeuille pour gérer les interactions entre positions ; le moteur de risque pour borner les conséquences des erreurs ; et le moteur d'exécution pour transformer une décision autorisée en opération contrôlée.

La notion de « robot ultime » doit ainsi céder la place à celle d'**architecture défendable**.

« Cette architecture n'est pas celle qui prétend éliminer l'incertitude. C'est celle qui la reconnaît, la mesure autant qu'elle le peut, la cloisonne, et empêche qu'une seule erreur de modèle, de donnée ou d'exécution puisse compromettre l'ensemble. »

25.2 Ce que cela dit de l'intelligence artificielle elle-même

Dans cette perspective, l'intelligence artificielle cesse d'être un oracle pour devenir une **couche d'intelligence distribuée au sein d'une infrastructure quantitative, probabiliste et contrôlée**. Elle y occupe plusieurs postes — traduire, classer, contextualiser, contredire — et aucun de ces postes n'est celui de la décision finale.

C'est cette combinaison, plutôt qu'un modèle prédictif isolé, qui constitue aujourd'hui l'une des directions les plus avancées du développement des systèmes de trading automatisé. Et c'est aussi, accessoirement, la raison pour laquelle les systèmes les plus sérieux sont les moins spectaculaires : *ce qu'ils font le mieux ne se voit pas, parce que ce qu'ils font le mieux, c'est ne pas agir quand il ne faut pas.*

25.3 La même exigence, appliquée à l'information financière

Un dernier mot, qui déborde le trading automatisé et justifie que cette étude ait été écrite par un éditeur d'information plutôt que par un constructeur de systèmes.

Tout ce qui précède décrit une chaîne qui transforme des données en décisions et qui doit pouvoir dire, à chaque étape, d'où vient ce qu'elle affirme. **C'est exactement le problème d'une publication financière.** Un nombre imprimé dans un rapport quotidien a suivi la même route qu'un nombre entré dans un moteur de signal : il a été collecté quelque part, à une certaine heure, validé ou non, transformé, agrégé, puis publié. Et il peut être faux de la même manière, pour les mêmes raisons, sans que rien ne le signale.

Les exigences énoncées ici — déclarer l'origine, mesurer l'incertitude, séparer ce qui produit de ce qui contrôle, conserver de quoi reconstituer, et préférer l'abstention déclarée à la substitution silencieuse — ne valent donc pas seulement pour un système qui passe des ordres. *Elles valent pour quiconque publie des chiffres à destination de lecteurs qui prendront des décisions.* C'est à ce titre qu'elles engagent l'auteur de ces lignes, et c'est pourquoi l'annexe E les lui applique.

ANNEXES

Cartographie, grille, glossaire et sources

Cinq annexes destinées à l'usage : la carte des douze organes avec leur mode de défaillance propre, une grille d'auto-évaluation en quarante points, un glossaire des termes employés, l'inventaire des sources avec ce qu'elles disent exactement, et la méthode de vérification appliquée à la présente étude.

Annexe A — Cartographie des douze organes

Les douze organes : fonction, défaillance caractéristique, contrôle correspondant

#	Organe	Sa fonction, en une phrase	Sa défaillance caractéristique	Ce qui la détecte
1	Collecte	Obtenir les données auprès de leurs sources, avec leur horodatage et leur provenance	Valeur figée, barre manquante, jour férié rendu comme séance	Contrôle de fraîcheur ; comparaison avec une seconde source
2	Validation	Écarter ou signaler ce qui ne satisfait pas les conditions de cohérence et de complétude	Substitution silencieuse d'une valeur manquante par la précédente	Journal des rejets ; taux de substitution suivi dans le temps
3	Analyse quantitative	Calculer indicateurs, facteurs et relations statistiques	Indicateur propagé depuis un cours ultérieurement corrigé	Recalcul systématique après toute correction amont
4	Analyse fondamentale	Évaluer la qualité et la valorisation d'un émetteur	Usage d'un compte publié après la date simulée	Données historisées à leur état de publication
5	Analyse de l'information	Transformer des textes en variables typées et sourcées	Information plausible et fausse ; valeur sans extrait	Citation obligatoire ; comparaison de chaînes avec le document
6	Moteur de régime	Qualifier l'environnement de marché, ou déclarer qu'il est indéterminé	Classement forcé d'une transition dans un régime établi	Existence d'un état « indéterminé » ; suivi de sa fréquence
7	Fusion des signaux	Agréger les analyses en conservant leur dispersion	Moyenne qui efface un désaccord majeur	Transmission obligatoire de la dispersion et des corrélations
8	Agent critique	Chercher les raisons de ne pas agir	Contrôle partageant sa source avec le dispositif contrôlé	Taux de rejet par motif ; un taux nul est une alerte
9	Portefeuille	Examiner les positions ensemble, jamais séparément	Diversification nominale sur un facteur commun unique	Analyse factorielle ; contribution au risque ligne par ligne
10	Risque	Autoriser ou interdire — jamais proposer	Borne devenue contournable, ou relevée après une opportunité manquée	Journal des dépassements et des modifications de bornes
11	Exécution	Transformer une décision autorisée en ordre, au meilleur coût réel	Écart entre prix attendu et prix obtenu, non mesuré	Mesure systématique de l'écart d'exécution, par taille et par régime
12	Surveillance et audit	Mesurer la santé des modèles et conserver de quoi reconstituer chaque décision	Surveillance de la seule performance, qui alerte après la perte	Suivi de la dérive des entrées, antérieure à toute dégradation

Annexe B — Grille d'auto-évaluation en quarante points

Chaque point se répond par oui ou par non. Une réponse « en partie » vaut non. Cette grille n'a pas de score : elle sert à identifier ce qui manque, et un seul point critique manquant suffit à rendre les autres sans objet.

Données

- 1. Chaque valeur conserve sa source, son horodatage de réception et son état de publication.
- 2. Les sept états de la donnée sont conservés séparément, aucun n'écrase le précédent.
- 3. Une valeur manquante est déclarée, jamais remplacée silencieusement.
- 4. Un contrôle de fraîcheur détecte une série figée, et pas seulement une série absente.
- 5. Au moins une grandeur critique est obtenue auprès de deux sources indépendantes.
- 6. Les écarts entre sources sont journalisés, même lorsqu'ils n'entraînent aucune action.
- 7. Les données historiques sont conservées à leur état de publication, révisions comprises.
- 8. L'univers d'instruments est reconstituable à sa composition d'époque.

Modèles et signaux

- 9. Chaque signal porte un horizon et des conditions d'invalidation explicites.
- 10. La confiance est une grandeur distincte du signal, et elle est calibrée hors échantillon.
- 11. La dispersion entre analystes est transmise en aval, pas seulement leur moyenne.
- 12. La corrélation historique entre analystes est mesurée et prise en compte.
- 13. Le régime de marché est qualifié avant la production du signal, et peut être « indéterminé ».
- 14. Chaque modèle porte une version, et chaque signal porte la version du modèle qui l'a produit.
- 15. Le nombre de configurations essayées est journalisé et connu.
- 16. Les modèles de langage ne produisent aucun nombre absent de leur document source.
- 17. Chaque valeur extraite d'un texte est accompagnée de l'extrait qui la fonde.
- 18. Une lecture documentaire fait l'objet d'une contre-analyse avant d'être retenue.

Validation

- 19. Un jeu de données de test n'a été utilisé qu'une seule fois.
- 20. Une validation temporelle glissante a été conduite, avec réapprentissage périodique.
- 21. La performance est décomposée par période, par régime et par classe d'actifs.
- 22. La simulation modélise les frais, l'écart de cotation et le glissement d'exécution.
- 23. Le niveau de coûts qui annule l'espérance est connu et documenté.
- 24. L'algorithme ne peut pas, structurellement, accéder à une donnée postérieure à sa décision.
- 25. Des simulations de scénarios ont mesuré la sensibilité aux séquences et aux corrélations.
- 26. Des tests de résistance ont été conduits dans un environnement séparé de la production.
- 27. Une phase de simulation en conditions réelles a précédé tout engagement de capital.

- 28. L'écart entre simulation et conditions réelles a été mesuré, et non seulement observé.

Risque et exécution

- 29. Le moteur qui produit le signal et celui qui autorise l'exposition sont deux composants distincts.
- 30. Le moteur de risque autorise ou interdit ; il ne pondère pas et n'argumente pas.
- 31. Les bornes sont des conditions d'autorisation, pas des indicateurs de tableau de bord.
- 32. Aucune borne dure ne peut être contournée par l'opérateur sans réexamen préalable.
- 33. Les contrôles à l'entrée d'ordre couvrent prix, valeur, volume et nombre de messages.
- 34. Un limiteur borne le réarmement automatique d'une stratégie.
- 35. Le risque est évalué au niveau du portefeuille, par facteur, et non ligne par ligne.
- 36. Une divergence entre le portefeuille interne et celui de l'intermédiaire déclenche un arrêt.

Exploitation

- 37. La capacité d'arrêt est inconditionnelle et ne dépend du consentement d'aucun tiers.
- 38. Le délai d'arrêt effectif a été mesuré, et non estimé.
- 39. La dérive des données d'entrée est surveillée indépendamment de la performance.
- 40. Une décision vieille de six mois peut être reconstituée dans son intégralité.

LES CINQ POINTS CRITIQUES

Si le temps manque pour les quarante, cinq suffisent à écarter la plupart des architectures indéfendables : **le 3** (l'absence est déclarée), **le 15** (le nombre d'essais est connu), **le 24** (l'information future est structurellement inaccessible), **le 29** (alpha et risque sont séparés) et **le 37** (l'arrêt ne dépend de personne d'autre).

Annexe C — Glossaire

Agent critique. Composant dont le mandat est de chercher les raisons de ne pas exécuter une opération, distinct du composant qui produit le signal.

Alpha (moteur d'). Ensemble des composants qui produisent des signaux orientés. Par convention, « l'alpha » désigne la part de performance non expliquée par l'exposition à des facteurs communs.

Arbitrage statistique. Famille de stratégies exploitant des écarts temporaires entre instruments statistiquement liés.

Biais d'anticipation (*look-ahead bias*). Usage, dans une simulation, d'une information qui n'était pas disponible à l'instant simulé.

Biais du survivant. Distorsion résultant de l'évaluation d'une stratégie sur un univers constitué des seuls instruments ayant survécu jusqu'à aujourd'hui.

Calibration. Propriété d'une probabilité annoncée qui correspond à la fréquence observée. Un modèle bien calibré a raison environ sept fois sur dix lorsqu'il annonce 0,7.

Contrôle pré-négociation (*pre-trade control*). Vérification appliquée à un ordre avant sa transmission, bloquante par nature.

Coupe-circuit. Mécanisme, du ressort de la plate-forme de négociation, suspendant ou restreignant la négociation en cas de mouvement de prix significatif.

Dérive des données (*data drift*). Déplacement de la distribution des variables d'entrée d'un modèle par rapport à celle sur laquelle il a été construit.

Écart de cotation (*spread*). Différence entre le meilleur prix d'achat et le meilleur prix de vente affichés.

Glissement (*slippage*). Écart entre le prix attendu au moment de la décision et le prix effectivement obtenu.

Hallucination. Production, par un modèle de langage, d'une information bien formée, plausible et fausse.

Hors échantillon (*out-of-sample*). Se dit d'une évaluation conduite sur des données n'ayant servi ni à l'apprentissage ni au choix des paramètres.

Interrupteur (*kill switch*). Dispositif permettant l'annulation immédiate des ordres non exécutés et l'interruption de l'activité algorithmique.

Latence. Délai entre la survenue d'un événement et la réaction du système.

Liquidité. Capacité d'un marché à absorber un volume sans déplacement significatif du prix.

MiFID II. Directive 2014/65/UE concernant les marchés d'instruments financiers, qui encadre notamment le trading algorithmique (art. 17) et la résilience des plates-formes (art. 48).

Modèle de réalité. Dans un moteur de simulation, composant paramétrant les frais, le glissement, le remplissage des ordres, la capacité d'achat et le règlement, afin de rapprocher la simulation des conditions réelles.

Momentum. Persistance d'un mouvement de prix ; par extension, famille de stratégies fondées sur cette persistance.

Monte-Carlo (*simulation de*). Méthode consistant à générer un grand nombre de trajectoires possibles afin d'obtenir une distribution de résultats plutôt qu'un résultat unique.

Non-stationnarité. Propriété d'un processus dont les caractéristiques statistiques varient dans le temps.

Perte maximale (*drawdown*). Recul maximal du capital depuis un sommet précédemment atteint.

Prix de règlement. Prix établi par une chambre de compensation selon une procédure écrite, distinct de la dernière transaction observée.

Ratio de Sharpe. Rendement excédentaire rapporté à la volatilité. Il dépend de la période, de la fréquence de mesure et de la méthode d'annualisation, ce qui rend sa comparaison entre travaux hasardeuse.

Régime de marché. État général du marché — direction, volatilité, corrélations — qui conditionne la validité des stratégies.

Retour à la moyenne. Famille de stratégies fondées sur l'hypothèse qu'un écart à un comportement de référence tend à se résorber.

Risque (*moteur de*). Composant qui autorise ou interdit une exposition, indépendant du composant qui produit les signaux.

Roulement d'échéance. Passage, dans une série de contrats à terme, d'une échéance à la suivante. L'écart de prix ce jour-là n'est pas un mouvement de marché.

RTS 6. Règlement délégué (UE) 2017/589, norme technique précisant les exigences organisationnelles des entreprises d'investissement pratiquant le trading algorithmique.

Sur-ajustement (*overfitting*). Ajustement d'un modèle au bruit de ses données d'apprentissage, au détriment de sa performance sur des données nouvelles.

Simulation en conditions réelles (*paper trading*). Exécution d'une stratégie sur des données en temps réel, avec des décisions simulées et sans engagement de capital.

Validation temporelle glissante (*walk-forward*). Procédure d'évaluation alternant apprentissage sur une fenêtre et test sur la période suivante, en décalant l'ensemble.

Volatilité implicite. Volatilité déduite du prix des options, interprétée comme l'amplitude anticipée par le marché.

Annexe D — Les sources, et ce qu'elles disent exactement

Chaque source ci-dessous a été consultée à son émetteur. Les chiffres cités dans cette étude proviennent de ces documents et d'aucun rediffuseur.

Autorité européenne des marchés financiers

AI adoption and trends in securities markets: EU evidence — 20 février 2026

Article de la série « Trends, Risks and Vulnerabilities », référence ESMA50-481369926-30599. Enquête conduite avec quinze autorités nationales entre juin et septembre 2025 ; 728 entités domiciliées dans 19 pays ont répondu. **Ce n'est pas un acte réglementaire : c'est une analyse de risque.** Les réponses sont volontaires et l'étude précise elle-même qu'elles ne sont pas nécessairement représentatives de l'ensemble du marché européen. Chiffres retenus dans la présente étude : 45 % de répondants sans aucun cas d'usage ; 77 % des cas d'usage à autonomie faible ou nulle ; 87 % à destination interne ; 96 % des grandes entreprises utilisatrices ou candidates ; 65 % des micro-entreprises sans usage ni projet ; risques cités — protection des données 59 %, qualité des données 55 %, hallucinations 51 %, cybersécurité 46 %, dépendance aux tiers 37 % ; 62 % recourant exclusivement à l'informatique en nuage commerciale.

Supervisory Briefing on Algorithmic Trading in the EU — 26 février 2026

Référence ESMA74-1505669079-10311. **Outil de convergence non contraignant, adressé aux autorités nationales compétentes et non directement aux entreprises.** Couvre les contrôles pré-négociation, la gouvernance, les cadres de test, l'externalisation, et le recours à l'intelligence artificielle. Éléments retenus : responsabilité pleine et entière maintenue en cas d'algorithme fourni par un tiers et impossibilité de transférer la responsabilité réglementaire ; capacité inconditionnelle de surveiller, suspendre ou interrompre l'activité sans dépendre du consentement d'un tiers ; obligation de conformité au règlement sur l'intelligence artificielle lorsque le système en relève ; gestion du risque d'accumulation de modifications mineures en changement substantiel ; calibration documentée et appuyée sur des données quantitatives, revue périodique ; deux lignes de défense ; impossibilité pour un opérateur de contourner seul un blocage dur ; tests de capacité au double du plus haut volume des six derniers mois.

MiFID II/MiFIR Review Report on Algorithmic Trading — 28 septembre 2021

Référence ESMA70-156-4572. Rapport final sur les exigences organisationnelles des entreprises d'investissement et des plates-formes, les définitions du trading algorithmique et de la négociation à haute fréquence, les notifications, les tests, les auto-évaluations et les coupe-circuits. Cité ici pour la profondeur historique du dispositif.

Textes de l'Union européenne

Directive 2014/65/UE du 15 mai 2014 — MiFID II

Journal officiel L 173 du 12 juin 2014. Article 17 « Négociation algorithmique » (entreprises d'investissement) et article 48 « Résilience des systèmes, coupe-circuits et négociation électronique » (plates-formes de négociation).

Règlement délégué (UE) 2017/589 du 19 juillet 2016 — « RTS 6 »

Journal officiel L 87 du 31 mars 2017. Exigences organisationnelles des entreprises d'investissement pratiquant la négociation algorithmique. Articles retenus : 6 (tests de conformité), 7 (environnement séparé), 9 (auto-évaluation et validation annuelles), 12 (annulation immédiate), 15 (contrôles à l'entrée d'ordre), 16 (surveillance en temps réel), 17 (contrôles post-négociation).

Règlement (UE) 2024/1689 du 13 juin 2024 — règlement sur l'intelligence artificielle

Entré en vigueur le 1^{er} août 2024 ; applicable, pour l'essentiel, depuis le 2 août 2026, sous réserve d'exceptions et de régimes transitoires. Modifié par le règlement (UE) 2026/1744 du 8 juillet 2026, entré en vigueur le 27 juillet 2026, qui aménage notamment le calendrier applicable aux systèmes à haut risque. *Le détail du calendrier applicable à un système donné dépend de sa qualification ; cette étude ne la présume pas.*

Documentation technique publique

LEAN — moteur de recherche, de simulation et d'exécution algorithmique

Projet publié sous licence Apache 2.0, utilisable en Python et en C#. Éléments retenus : architecture événementielle modélisant le flux du temps et présentant les données dans l'ordre de leur arrivée ; frontière temporelle restreignant l'accès aux seules données antérieures, présentée comme prévenant le biais d'anticipation ; transmission d'une barre à l'issue de sa période, non pendant ; modèles de réalité paramétrant remplissage, glissement, frais, capacité d'achat et règlement ; en exploitation réelle, chargement du portefeuille et des ordres ouverts depuis l'intermédiaire, **sans restauration automatique de l'état interne de la stratégie**. *Cité comme illustration documentée d'une architecture de simulation ; aucune recommandation d'usage n'est formulée.*

Travaux de recherche

Toward Expert Investment Teams: A Multi-Agent LLM System with Fine-Grained Trading Tasks

K. Miyazaki, T. Kawahara, S. Roberts, S. Zohren — arXiv:2602.23330, 26 février 2026. Cadre multi-agents décomposant l'analyse d'investissement en tâches fines plutôt qu'en instructions générales. Univers : les cent premières capitalisations de la cote japonaise. Période de simulation : septembre 2023 à novembre 2025, soit vingt-sept mois. **Protection contre les fuites d'information : la période de test commence après la date de coupure des connaissances du modèle employé**, ce qui constitue une précaution méthodologique notable. Les auteurs rapportent une amélioration des performances ajustées du risque par rapport aux architectures à instructions générales, et concluent que l'alignement entre sorties analytiques intermédiaires et décision finale est un déterminant critique.

Réserve de lecture : l'écart entre configurations n'est présenté comme statistiquement significatif que pour les portefeuilles les plus larges de l'étude, et un ratio de performance élevé mentionné par les auteurs résulte d'une combinaison à parts égales avec l'indice de référence — **il ne mesure donc pas la performance des agents seuls**. Ces résultats sont expérimentaux et ne constituent pas une preuve de rentabilité généralisable à d'autres marchés ou périodes.

When Agents Trade: Live Multi-Market Trading Benchmark for LLM Agents

L. Qian *et al.* — arXiv:2510.11695, 13 octobre 2025 (révisé le 30 octobre 2025). Banc d'essai en conditions réelles comparant quatre architectures d'agents et cinq modèles de langage sous-jacents, sur quatre actifs — deux actions, deux crypto-actifs — du 1^{er} août au 30 septembre 2025. Les auteurs relèvent d'emblée que la plupart des travaux antérieurs évaluent des modèles plutôt que des agents, sur des périodes et des univers limités. **Résultat retenu : les architectures d'agents présentent des comportements nettement distincts, du plus offensif au plus conservateur, tandis que le modèle de langage sous-jacent contribue nettement moins à la variation des résultats.**

Réserve de lecture : les rendements et ratios rapportés portent sur **deux mois et quatre actifs**. Un rendement annualisé calculé sur une telle fenêtre est un artefact d'annualisation, non une performance de gestion. La présente étude ne retient donc de ce travail que son résultat qualitatif — *l'architecture pèse davantage que le modèle* — et non ses chiffres de performance.

Annexe E — Méthode de vérification de la présente étude

La grille du chapitre 24 serait sans valeur si elle n'était pas appliquée à ce document. Voici donc ce qui a été fait, et ce qui ne l'a pas été.

Ce qui a été vérifié

- **Chaque chiffre a été relu auprès de son émetteur**, jamais auprès d'un rediffuseur. Les chiffres d'adoption proviennent du document de l'ESMA lui-même ; les exigences réglementaires ont été lues dans les textes ou dans le recueil réglementaire officiel de l'ESMA ; les caractéristiques du moteur de simulation cité proviennent de sa documentation publique ; les résultats de recherche proviennent des articles eux-mêmes.
- **Chaque référence porte sa date et, lorsqu'elle existe, sa référence documentaire**, afin qu'un lecteur puisse la retrouver sans passer par ce document.
- **Le périmètre de chaque résultat expérimental est indiqué** — marché, période, nombre d'actifs — et les réserves de lecture figurent au même endroit que le résultat, non en fin de document.
- **Aucun chiffre de marché, aucun cours, aucun niveau et aucune prévision ne figure dans cette étude**. Elle ne contient aucune donnée susceptible d'être périmée par une séance de bourse.

Ce qui ne l'a pas été, et qu'il faut savoir

- **Cette étude ne comporte aucune mesure originale**. Elle n'a conduit aucune expérimentation, ne rapporte aucun résultat propre et ne teste aucun système. C'est une synthèse documentée, et elle doit être lue comme telle.
- **Les textes réglementaires sont décrits, non interprétés**. Leur application à une situation donnée relève d'une analyse juridique que ce document ne fournit pas et ne remplace pas.
- **Les documents de l'ESMA cités ont des statuts différents**. Une analyse de risque n'est pas un acte réglementaire ; un briefing de supervision est un outil de convergence non contraignant adressé aux autorités nationales. Ces distinctions sont rappelées au fil du texte : les confondre reviendrait à prêter à l'autorité des exigences qu'elle n'a pas formulées.
- **Les deux travaux de recherche cités sont récents et n'ont pas fait l'objet d'une réplification indépendante** à la connaissance de l'auteur. Ils sont cités pour leurs constats méthodologiques, jamais comme démonstration de rentabilité.
- **Le calendrier réglementaire évolue**. Le régime applicable aux systèmes d'intelligence artificielle a été modifié en juillet 2026 ; toute lecture postérieure de cette étude doit vérifier l'état du droit à sa date.

LA RÈGLE QUE CE DOCUMENT S'APPLIQUE À LUI-MÊME

Une publication qui exige des autres qu'ils déclarent l'origine de leurs nombres doit déclarer l'origine des siens. Une publication qui exige des autres qu'ils disent ce qu'ils ne savent pas doit le dire aussi. **Les deux listes ci-dessus sont la mise en œuvre de cette exigence ; elles sont volontairement placées avant la conclusion administrative du document, et non reléguées en petits caractères.**

Le lecteur qui souhaite éprouver cette étude dispose de tout ce qu'il lui faut : les émetteurs, les dates, les références, et l'énoncé explicite des limites. C'est précisément ce que le chapitre 24 demande à un système automatisé.

AVERTISSEMENT

Ce document constitue une analyse technologique et méthodologique des systèmes de trading algorithmique assistés par intelligence artificielle. Il ne constitue ni un conseil en investissement, ni une recommandation concernant un instrument financier, une stratégie, un fournisseur, un intermédiaire ou une opération, ni une analyse financière au sens réglementaire.

Les performances observées dans des simulations, des tests historiques ou des travaux de recherche ne préjugent pas des performances futures. Les résultats expérimentaux issus de travaux sur les agents fondés sur l'intelligence artificielle doivent être distingués des performances obtenues en conditions réelles de marché.

Le cadre réglementaire applicable dépend de la juridiction, du statut de l'opérateur, des instruments financiers concernés et de la nature exacte des activités exercées. Ce document décrit des textes publics ; il ne se substitue pas à une analyse juridique.

L'architecture plutôt que l'oracle. Étude publiée le 19 septembre 2026. Auteur : D. Dambreville. Elle fait suite à la note de méthode « La séance close n'est pas figée », publiée le 4 septembre 2026, qui traitait de l'instabilité des valeurs publiées ; la présente étude traite de ce qu'une architecture automatisée doit faire de cette instabilité lorsqu'elle la transforme en décision.

Ce que ce document ne fait pas. Il ne compare aucun produit, ne classe aucun éditeur de logiciel, ne désigne aucun acteur comme défaillant et ne propose aucun système. Il ne contient aucune valeur de marché, aucune prévision et aucun jugement sur un instrument financier. *Il décrit des mécanismes d'ingénierie documentés et des exigences réglementaires publiées, et en tire des critères d'évaluation opposables à quiconque automatise une décision financière — à commencer par son auteur.*

Toute correction ultérieure sera portée en addendum daté, jamais par réécriture.

Ce document est publié par SPECULA, marque d'ARSCRIPTA SAS. Il est destiné à l'information méthodologique sur la conception et la vérification des systèmes automatisés de décision financière. **De l'information, jamais un conseil en investissement.**

© 2025-2026 SPECULA™ — ARSCRIPTA SAS. Reproduction interdite sans autorisation écrite.