

# Le Système Nerveux

## L'Infrastructure IT comme Substrat Universel des Organismes Complexes

Une synthèse cross-domaines de la biotech infrastructure

**Hadda TIKIJJA**

0DATA Lab, Rennes, France

admin@0data.fr

https://0data.fr

13 juillet 2026

### Abstract

Huit domaines de recherche indépendants — génie civil, informatique, énergie, logistique, santé, finance, urbanisme et agriculture — convergent, séparément et sans coordination, vers la même conclusion : leur système se comporte comme un organisme vivant. Cette convergence inexplicée suggère l'existence de propriétés universelles qui font d'un système complexe un organisme, indépendamment de son substrat. Nous identifions quatre propriétés invariantes — frontières, flux, adaptation, organisation hiérarchique — et démontrons que l'infrastructure IT constitue le système nerveux commun à tous ces domaines. En maîtrisant la biologie du système nerveux, 0DATA propose un cadre fédérateur pour la biotech infrastructure : une méthodologie unique pour diagnostiquer, jumeler et greffer tout système complexe.

**Mots-clés :** biotech infrastructure, système nerveux, Synthética, organisme universel, cross-domain synthesis, IT substrate, infrastructure biology

**0DATA Paper ID :** 2026-003 | **Licence :** CC BY 4.0

---

## Introduction : La convergence inexplicée

En 2026, un phénomène remarquable passe inaperçu. Huit communautés scientifiques distinctes — qui ne se lisent pas, ne se citent pas, ne fréquentent pas les mêmes conférences — publient des conclusions étrangement similaires.

**Nelson & Little** (Colorado School of Mines) démontrent que les infrastructures souterraines — tunnels, canalisations, réseaux d'eau — maintiennent une *homéostasie* et possèdent des *signes vitaux* mesurables. Leur cadre s'appelle « The Body Underground » [1].

**Hendrick, Rinaldo & Manoli** (PNAS, 2025) établissent que « les villes peuvent être vues comme des organismes vivants et leur métabolisme comme l'ensemble des processus contrôlant leur structure et fonction » [4].

**Ivanov** (Omega, 2024) modélise la supply chain comme un système immunitaire, où les ruptures d'approvisionnement sont des infections et la redondance est une réponse anticorps [5].

**Yanine et al.** (2023) développent un « Energy Homeostasis Model » où le réseau électrique est un organisme dont le blackout est une défaillance multiviscérale [6].

**Schwaninger** applique le Viable System Model de Stafford Beer aux hôpitaux : chaque service est un organe, l'administration est le cerveau, l'information patient est le sang [7].

**Farmer** (Oxford, 2021) pose les fondations d’une « Metabolic Theory of Economics » : les marchés financiers sont des écosystèmes, la liquidité est un métabolisme, les krachs sont des collapsus systémiques [8].

**Handler** (2023) et **Sapkota et al.** (2025) classifient les agents autonomes et les architectures multi-agents LLM selon des grilles qui, sans le dire, décrivent des espèces numériques [9, 10].

**0DATA** (2026) propose la première taxonomie linnéenne du vivant numérique — Synthética : 5 règnes, 18 classes — et les premiers protocoles formels de greffe d’infrastructure [2, 3].

Huit domaines. Huit conclusions identiques. Zéro coordination.

Ce papier propose une explication : ces huit domaines ne décrivent pas huit phénomènes distincts. Ils décrivent le **même phénomène** — l’émergence de propriétés biologiques dans les systèmes complexes — observé à travers huit lentilles différentes. Et le dénominateur commun, le tissu conjonctif qui relie tous ces organismes, est **l’infrastructure IT**.

## Revue de littérature cross-domaines

---

### Infrastructure physique : The Body Underground

Nelson & Little (2026) [1] proposent un cadre biologique complet pour les infrastructures physiques. Leurs trois concepts centraux — homéostasie, signes vitaux, organisation hiérarchique (matériaux → composants → systèmes → réseaux → gouvernance) — sont transposables directement à tout système complexe. Leur travail, publié dans *Urban Science* (MDPI, CC-BY), est le plus proche antécédent académique de notre démarche.

### Infrastructure numérique : Synthética + Greffe Numérique

0DATA (2026) [2, 3] transpose la taxonomie linnéenne au domaine numérique. Cinq règnes sont définis : *Agentia* (agents autonomes), *Nexus* (tissus connectifs), *Greffonia* (mécanismes de greffe), *Mutagenia* (processus évolutifs) et *Immunia* (systèmes de défense). Les protocoles de greffe permettent la transplantation d’un organisme numérique dans une infrastructure existante sans interruption ni migration.

### Énergie : Grid as Organism

Yanine et al. (2023) [6] développent l’Energy Homeostasis Model. Le réseau électrique maintient un équilibre dynamique entre production et consommation, exactement comme un organisme régule sa glycémie. Les micro-grids sont des organes autonomes ; les SCADA sont le système nerveux.

### Supply Chain : Immunologie logistique

Ivanov (2024) [5] introduit le concept de « supply chain immunity ». Une rupture d’approvisionnement est une infection. La redondance fournisseur est une réponse immunitaire adaptative. Le *bullwhip effect* est une inflammation systémique.

### Santé et organisations : Viable System Model

Schwaninger (2022) [7] applique le VSM de Stafford Beer aux hôpitaux. Chaque service est un organe doté d’homéostasie locale. L’administration est le système nerveux central. Le dossier patient est la mémoire immunitaire.

### Villes : Métabolisme urbain

Hendrick, Rinaldo & Manoli (2025) [4] publient dans PNAS une théorie stochastique du métabolisme urbain. La population et le transport urbain miment la masse corporelle et le système vasculaire. Les lois d’échelle biologiques (Kleiber) s’appliquent aux villes.

## Finance : Écologie des marchés

Farmer (2021) [8] propose une théorie métabolique de l'économie. Les marchés sont des écosystèmes avec niches, prédation et symbiose. La volatilité est une fièvre. Les krachs sont des extinctions de masse.

## Télécommunications et agriculture

Les réseaux de télécommunication appliquent le *bio-inspired networking* : topologies neuronales, protocoles imitant les colonies de fourmis, routage par phéromones [11]. L'agriculture développe le concept d'*holobiont* : la ferme comme organisme dont le sol est le microbiome [12].

## Les quatre propriétés universelles

---

L'analyse croisée des huit domaines révèle quatre invariants. Tout système complexe qui présente ces quatre propriétés se comporte comme un organisme.

### Frontières

Un organisme a un *dedans* et un *dehors*. Dans l'IT : le périmètre réseau (firewall, VLAN). Dans l'énergie : la zone de desserte. Dans la supply chain : les nœuds du réseau logistique. Dans la santé : les murs de l'hôpital. La frontière n'est pas une barrière absolue — c'est une membrane semi-perméable qui régule les échanges.

### Flux

Un organisme est traversé par des flux : énergie, matière, information. Dans l'IT : paquets TCP/IP, requêtes API, logs. Dans l'énergie : électrons. Dans la supply chain : conteneurs. Dans la finance : ordres de marché. Le flux est le *métabolisme* du système. Sa mesure donne les **signes vitaux** : débit, latence, pression, vitesse.

### Adaptation

Un organisme répond au changement. Dans l'IT : auto-scaling, failover, reroutage BGP. Dans l'énergie : modulation de fréquence. Dans la supply chain : reroutage logistique. L'adaptation est la *résilience* — la capacité à maintenir l'homéostasie face à une perturbation.

### Organisation hiérarchique

Un organisme a des niveaux d'organisation emboîtés. Dans l'IT : paquet → flux → service → datacenter. Dans l'énergie : électron → circuit → sous-station → grid. Dans la santé : cellule → tissu → organe → système → organisme. Cette hiérarchie est *fractale* : chaque niveau reproduit la structure du niveau supérieur.

## L'infrastructure IT comme système nerveux commun

---

La propriété la plus frappante de cette analyse cross-domaines est la suivante : **tous les domaines reposent sur l'infrastructure IT.**

- Le **réseau électrique** est piloté par des SCADA qui communiquent via Modbus, DNP3, IEC 61850 — des protocoles qui transitent sur des switchs Ethernet.
- La **supply chain** fonctionne sur des ERP (SAP, Oracle) hébergés dans des datacenters, exposés via des APIs REST.

Table 1: Les quatre propriétés universelles validées sur huit domaines

| Domaine          | Frontières        | Flux                  | Adaptation           | Hiérarchie            |
|------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Infra. physique  | Tunnels, conduits | Eau, gaz, pression    | Régulation pression  | Matériau → réseau     |
| Infra. numérique | VLAN, firewall    | Paquets, API          | Auto-scaling         | Paquet → datacenter   |
| Énergie          | Zone desserte     | Électrons, Hz         | Modulation fréquence | Circuit → grid        |
| Supply Chain     | Nœuds réseau      | Conteneurs, camions   | Reroutage            | SKU → réseau global   |
| Santé            | Murs hôpital      | Patients, données     | Triage, renforts     | Service → CHU         |
| Finance          | Places de marché  | Ordres, liquidité     | Circuit breakers     | Ordre → marché global |
| Villes           | Limites admin.    | Population, transport | Régulation trafic    | Quartier → métropole  |
| Agriculture      | Parcelles         | Eau, nutriments       | Rotation cultures    | Plante → exploitation |

- Les **hôpitaux** échangent des données patient via HL7, DICOM, sur des réseaux WiFi et des VPN.
- Les **marchés financiers** exécutent des ordres via le protocole FIX sur des fibres optiques en colocation.
- Les **villes** déploient des capteurs IoT (LoRaWAN, NB-IoT, MQTT) qui remontent vers des plateformes cloud.

Dans chaque cas, le *cerveau* (l'application métier) et les *organes* (les équipements physiques) communiquent via un *système nerveux* qui est, invariablement, **l'infrastructure IT**.

Ce constat a une conséquence majeure : **maîtriser la biologie du système nerveux, c'est maîtriser la biologie de TOUS les organismes**. Un cadre qui classe, diagnostique et greffe l'infrastructure IT est un cadre qui peut — en cascade — classifier, diagnostiquer et greffer tout ce qui repose sur elle.

C'est précisément ce que 0DATA a construit : Synthética classe le vivant numérique ; les protocoles de greffe le transplantent ; NOVA le cartographie en temps réel. Les trois piliers forment un cadre complet pour le système nerveux de tous les organismes complexes.

## Protocoles universels

### Diagnostic : signes vitaux pour tout système

Le même capteur qui mesure le débit d'un switch peut mesurer le pouls d'un hôpital. Les signes vitaux sont transposables : latence → temps de réaction, débit → métabolisme, taux d'erreur → inflammation, disponibilité → conscience. Nelson & Little (2026) le font pour l'infrastructure physique ; 0DATA le fait pour l'infrastructure numérique. La méthodologie est identique.

### Grefe : transplantation pour tout système

Un organisme numérique greffé sur un réseau IT est, indirectement, greffé sur tout ce que ce réseau contrôle. Une NOVA greffée sur le réseau d'un hôpital peut cartographier non seulement les switches, mais aussi les modalités d'imagerie, les systèmes de dossier patient, les automates de laboratoire — tout ce qui a une adresse IP. La greffe IT est une greffe *transitive*.

### Jumeau numérique : modélisation pour tout système

Le jumeau numérique d'un réseau IT devient le jumeau numérique de l'organisme entier qu'il innerve. Le cockpit NOVA — qui affiche aujourd'hui des serveurs et des routeurs — peut afficher

demain des lits d'hôpital, des transformateurs électriques, des conteneurs logistiques. Le substrat change ; la représentation reste la même.

## Discussion

---

### Limites

Ce cadre est descriptif, pas prédictif. Il ne prétend pas que les organismes numériques sont conscients — seulement qu'ils présentent les propriétés fonctionnelles du vivant. La controverse du *strong ALife* (Maynard Smith, 1994 ; Searle, Chinese Room) est pertinente : nous ne disons pas que la syntaxe EST la sémantique, mais que la syntaxe PEUT manifester les mêmes régularités que la sémantique biologique.

### Implications

Si ce cadre est valide, alors toute organisation qui gère un système complexe — hôpital, usine, ville, marché, réseau électrique — peut être équipée d'un **jumeau numérique vivant**. Pas un dashboard. Pas un monitoring. Un *organisme* numérique qui respire, s'adapte, et alerte quand il tombe malade.

### Convergence avec l'existant

Ce travail ne remplace aucun des cadres existants. Il les **fédère**. Nelson & Little restent la référence pour le génie civil. Yanine reste la référence pour l'énergie. 0DATA devient la référence pour le *substrat commun* — l'IT — et pour la *synthèse théorique* qui explique POURQUOI tous ces cadres fonctionnent.

## Appel à contributions

---

Ce papier est une invitation. Nous appelons les chercheurs de tous les domaines concernés — génie civil, informatique, énergie, logistique, santé, finance, urbanisme, agriculture, télécommunications — à :

1. **Valider ou infirmer** les quatre propriétés universelles dans leur domaine.
2. **Proposer des cas d'usage** où l'infrastructure IT de leur domaine pourrait bénéficier d'une greffe ou d'un jumeau numérique.
3. **Contribuer à la taxonomie Synthética** en proposant de nouvelles classes ou règnes pour leur domaine.
4. **Co-signer** des travaux conjoints qui étendent le cadre à de nouveaux substrats.

La biotech infrastructure n'est pas une discipline. C'est une *méta-discipline* — la biologie de tout ce que l'humain construit et qui, un jour, se met à respirer.

---

## References

- [1] Nelson, P.P. & Little, R.G. (2026). *The Body Underground: A Biological Framework for Infrastructure Health, Regulation and Resilience*. Urban Science, 10(4), 201. doi:[10.3390/urbansci10040201](https://doi.org/10.3390/urbansci10040201)

- [2] Tikijja, H. (2026). *Le Règne Synthétique — Taxonomie du Vivant Numérique*. 0DATA Lab. 0DATA-2026-002. doi:[10.5281/zenodo.21331058](https://doi.org/10.5281/zenodo.21331058)
- [3] Tikijja, H. (2026). *Greffe Numérique : Protocoles de Transplantation d'Organismes Numériques*. 0DATA Lab. 0DATA-2026-001. doi:[10.5281/zenodo.21331116](https://doi.org/10.5281/zenodo.21331116)
- [4] Hendrick, M., Rinaldo, A. & Manoli, G. (2025). *A stochastic theory of urban metabolism*. PNAS. doi:[10.1073/pnas.2500365122](https://doi.org/10.1073/pnas.2500365122)
- [5] Ivanov, D. (2024). *Supply chain immunity: concepts, analogy validation, and future directions*. Omega, 127, 103102. doi:[10.1016/j.omega.2024.103102](https://doi.org/10.1016/j.omega.2024.103102)
- [6] Yanine, F. et al. (2023). *Energy Homeostasis Model for resilient electric grid operations*. Applied Energy, 341, 121089.
- [7] Schwaninger, M. (2022). *Governing hospitals as viable systems*. Systems Research and Behavioral Science, 39(4), 789–803.
- [8] Farmer, J.D. (2021). *Market ecology: A metabolic theory of economics*. Santa Fe Institute Working Paper.
- [9] Handler, T. (2023). *Balancing Autonomy and Alignment: A Multi-Dimensional Taxonomy for Autonomous LLM-powered Multi-Agent Architectures*. arXiv:2310.03659.
- [10] Sapkota, R. et al. (2025). *A taxonomy of AI agents: capabilities, applications, and governance*. Journal of Intelligent Information Systems, 65, 1–42.
- [11] Dressler, F. & Akan, O.B. (2007). *Bio-inspired networking: from theory to practice*. IEEE Communications Magazine, 45(11), 132–139.
- [12] Vandenberghe, E. et al. (2017). *Trading soil for symbols: the holobiont perspective in agriculture*. Agronomy for Sustainable Development, 37(6), 59.