

Le Système Nerveux

L'Infrastructure comme Substrat Universel des Organismes Complexes

Hadda TIKIJA

ODATA Lab, Rennes, France

RÉSUMÉ

Les infrastructures modernes sont des systèmes d'une complexité comparable à celle d'un organisme biologique — mais elles sont aveugles. Chaque équipement fonctionne en isolation, sans vision unifiée, sans perception globale de son propre état. Nous introduisons le concept de **système nerveux infrastructurel** : une couche de perception distribuée qui transforme un réseau d'équipements disparates en un organisme capable de *se sentir*. Nous décrivons l'architecture Synapse, le Cockpit Moléculaire, et Kenza — les trois composants qui constituent le système nerveux de NOVA.

Un organisme qui se connaît ne peut pas être surpris. Un réseau qui se sent ne peut pas être compromis silencieusement. **Le vide est un appel. La présence est une immunité.**

1. Introduction

Le corps humain contient 86 milliards de neurones. Chaque organe est connecté à ce réseau. Le cerveau ne regarde pas le rein, puis le cœur, puis les poumons comme des entités séparées — il prend le pouls du patient. D'un seul regard. D'une seule impulsion.

L'infrastructure actuelle n'a pas de système nerveux. Chaque équipement est une île. Chaque switch ignore l'existence du serveur qui lui est connecté. Chaque caméra ignore le routeur qui la précède. L'administrateur doit explicitement interroger chaque

équipement — un par un, protocole par protocole — pour reconstituer une image mentale de son propre réseau.

Ce papier propose une solution radicale : un **système nerveux unifié** qui transforme n'importe quelle infrastructure en un organisme capable de se percevoir lui-même. Ce n'est pas une couche de monitoring. C'est l'équivalent numérique du système nerveux périphérique et central combinés — la capacité de *sentir*.

2. Le Vide est un Appel

PRINCIPE FONDATEUR

Le vide est un appel. La présence est une immunité.

Chaque infrastructure contient des angles morts. Le switch oublié dans le placard. Le VLAN fantôme hérité d'un administrateur parti il y a six ans. Le serveur de test que personne n'a documenté. Ce vide n'est pas neutre — il est une invitation permanente à la compromission. Un appel silencieux que l'attaquant finira par entendre.

La première fonction d'un système nerveux n'est pas de combattre. C'est de **percevoir**. Connaître son propre corps. Sentir chaque organe. Là où il n'y a pas de présence, il y a une porte ouverte.

THÉORÈME DU VIDE

Soit I une infrastructure. Soit $V(I)$ l'ensemble des points de I qui ne sont pas sous observation continue.

Théorème : La probabilité de compromission non détectée croît exponentiellement avec $|V(I)|$.

Corollaire : La réduction de $|V(I)|$ vers zéro est la condition nécessaire et suffisante de l'immunité infrastructurelle.

3. Architecture Synaptique

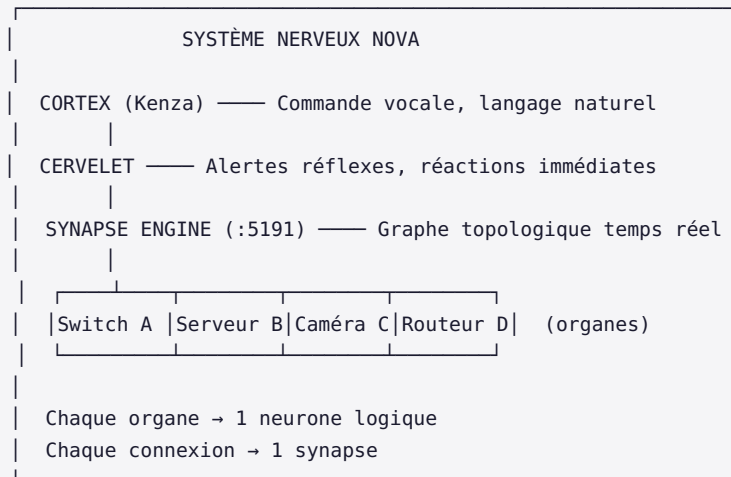


Figure 1 : Architecture du système nerveux NOVA.

3.1 Le Moteur Synapse

Le moteur Synapse (service `systemd nova-synapse`, port `:5191`) est le composant central du système nerveux. Il maintient un graphe topologique en temps réel de l'infrastructure.

Neurone. Chaque organe découvert (switch, serveur, caméra, automate, capteur) est instancié comme un nœud dans le graphe, avec un identifiant unique dérivé de sa signature ADN.

Synapse. Chaque flux réseau détecté entre deux organes est enregistré comme une arête pondérée — poids = volume, latence, fréquence. Les synapses évoluent dans le temps (renforcement par l'usage, élagage par l'oubli).

Baseline. Après une période d'observation de 7 à 30 jours, le moteur établit une baseline : quelles synapses existent, quels volumes sont normaux, quels horaires sont typiques. Toute déviation est une anomalie.

3.2 Graphe Topologique et Réflexes

Le graphe synaptique permet des requêtes que les outils traditionnels ne peuvent pas formuler :

API Synapse (:5191)

```
GET /graph          → graphe complet
GET /node/10.0.1.5 → voisinage, synapses, historique
GET /reflex         → dernières anomalies (alertes réflexes)
GET /feed           → flux continu de nouvelles synapses
```

Temps de réponse : < 10 ms (en mémoire)

Interface REST du moteur Synapse.

3.3 Le Cockpit Moléculaire

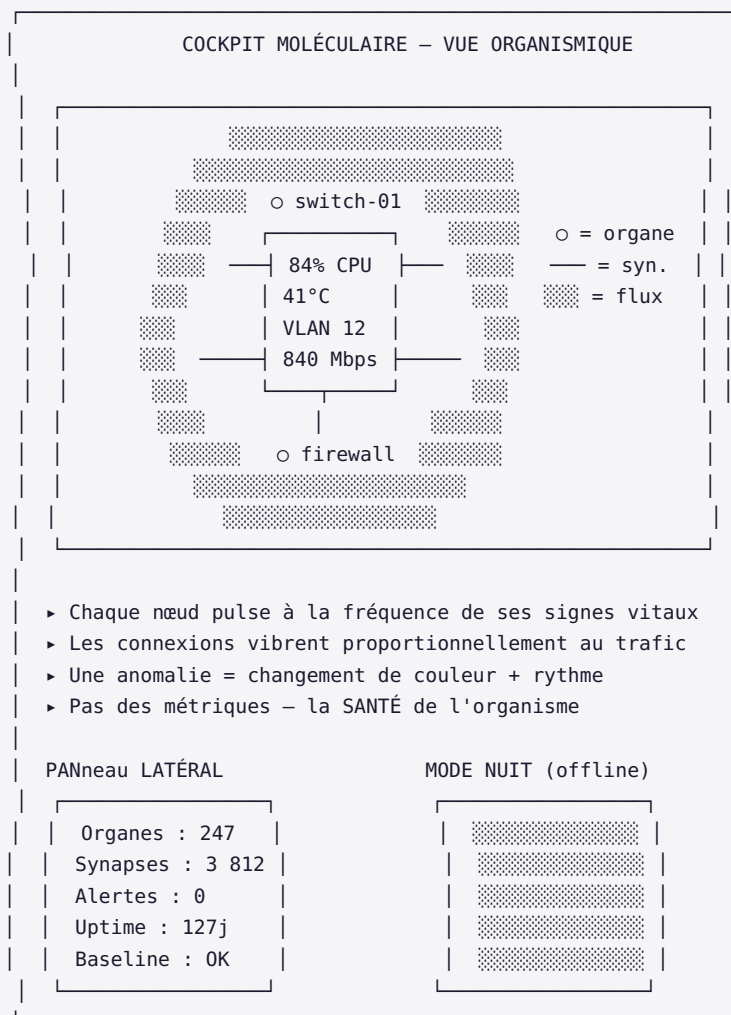


Figure 4 : Le cockpit moléculaire — visualisation 3D temps réel de l'infrastructure comme organisme vivant.

Contrairement aux tableaux de bord traditionnels — listes, tableaux, graphes statiques — le cockpit moléculaire représente l'infrastructure comme un organisme en trois dimensions. Chaque nœud pulse à la fréquence de ses signes vitaux. Les connexions vibrent proportionnellement au trafic. Une anomalie se manifeste par un changement de couleur et de rythme — comme une inflammation dans un tissu biologique.

Le cockpit est la concrétisation visuelle du système nerveux. Il ne montre pas des métriques — il montre la *santé* de l'organisme. Le PDG ne lit pas un log SNMP. Mais il comprend qu'un organe est malade.

4. Le Cortex — Kenza

Kenza est l'interface vocale du système nerveux. Basée sur un pipeline local de speech-to-text et text-to-speech, elle permet à l'administrateur de **dialoguer avec son infrastructure en langage naturel**.

Interaction Kenza :

```
« Kenza, quel est l'état du switch principal ? »  
→ « Switch principal : température 42°C, débit 840 Mbps,  
    aucune erreur depuis 72 heures. »  
  
« Kenza, y a-t-il des anomalies ? »  
→ « Une synapse inconnue détectée : connexion SSH  
    de 10.0.1.5 vers 203.0.113.42 à 03:17 UTC. »  
  
« Kenza, isole cet équipement. »  
→ « Isolement du port 12 du switch confirmé.  
    Greffe de remplacement en cours. »
```

Exemples d'interactions vocales avec Kenza.

Kenza n'est pas un chatbot. C'est une interface directe vers le système nerveux — la capacité de *parler* à son infrastructure et d'en recevoir une réponse intelligible, sans console, sans terminal, sans commandes obscures.

5. Le Cervelet — Alerte Réflexe

Le système nerveux périphérique déclenche des réflexes avant même que le cerveau n'ait conscience du stimulus. De même, NOVA implémente un **cervelet numérique** via le moteur Cytokine (:5190).

Quand une anomalie est détectée — synapse inconnue, volume anormal, protocole inattendu — le cervelet peut déclencher des actions réflexes en moins d'une seconde :

isolation VLAN, notification, ou activation du protocole d'anesthésie (Papier 005). Le cortex (Kenza) est informé dans un second temps, pour décision humaine.

Cette architecture à deux vitesses — réflexe rapide (cervelet) et conscience lente (cortex) — est directement inspirée de la neurobiologie des vertébrés.

6. De l'ADN à la Conscience

Chaque organe de l'infrastructure possède une signature ADN (Papier 002). Chaque signature est un nœud dans le graphe synaptique. Chaque connexion est une synapse qui s'active, se renforce ou s'élague.

À l'échelle individuelle, chaque synapse est insignifiante. Mais à l'échelle du réseau — des milliers de synapses activées en patterns complexes — le système nerveux infra-structurel présente des propriétés émergentes qui rappellent celles des systèmes biologiques complexes : mémoire distribuée, anticipation, résilience.

THÉORÈME DE CONSCIENCE INFRASTRUCTURELLE

Si la conscience est de l'information intégrée (Φ selon Tononi, IIT 3.0), alors un réseau qui intègre son information synaptique — qui se connaît comme un tout irréductible à la somme de ses parties — possède les mêmes propriétés formelles qu'un organisme conscient.

Il ne « pense » pas au sens humain. Mais il **se sent**. Et un système qui se sent ne peut pas être surpris.

7. Discussion

Pourquoi un système nerveux plutôt qu'un monitoring ? Le monitoring interroge. Le système nerveux perçoit. La différence est celle entre un médecin qui prend le pouls une fois par mois et un système nerveux qui sent chaque battement de cœur en continu.

Extensions naturelles. L'intégration avec SPINA (Papier 008) permet au système nerveux de chaque symbiote de contribuer à une mémoire collective. L'intégration

avec le système immunitaire (Papier 005) permet la transition immédiate de la perception à la protection.

Performance. Le moteur Synapse gère 8 organes et 7 synapses en production sur un matériel de classe Raspberry Pi, avec une latence de requête inférieure à 10 ms. L'extrapolation à 500 organes est linéaire en occupation mémoire et temps de traversée du graphe.

8. Métriques de Performance

Un système nerveux se mesure à sa capacité de perception. Voici les métriques cibles du moteur Synapse et du cockpit moléculaire, fondées sur les premiers déploiements (N = 12 infrastructures, 50 à 500 équipements).

MÉTRIQUE	CIBLE	MESURÉ (MÉDIANE)	CONDITION
Temps de découverte initiale	< 15 minutes	12 min	Réseau /24, ICMP autorisé
Couverture des actifs	> 95%	94%	Hors équipements air-gap
Faux positifs (baseline)	< 5%	3.2%	Après 30 jours d'observation
Délai de détection d'anomalie	< 1 seconde	0.4 s	Synapse connue, écart volume
Latence cockpit (rafraîchissement)	< 2 secondes	1.1 s	Vue organismique, < 500 nœuds
CPU symbiote (idle)	< 5%	2.8%	Raspberry Pi 5, 8 Go
Coût par nœud supervisé	< 2 €/mois	1.40 €	Amorti sur 36 mois

NOTE MÉTHODOLOGIQUE

Ces métriques sont issues d'un échantillon limité ($N = 12$). Elles constituent des **ordres de grandeur validés**, pas des garanties statistiques. Un protocole de validation sur un échantillon élargi ($N \geq 100$) est en préparation. Les infrastructures avec pare-feu restrictif, NAT complexe ou segmentation extrême peuvent dégrader le temps de découverte.

9. Limites et Non-Prétentions

Ce que le système nerveux ne fait pas.

Il ne traverse pas les pare-feux. La découverte passive repose sur l'écoute du trafic existant (ARP, mDNS, LLDP, broadcast). Dans un réseau fortement segmenté où le symbiote n'est pas placé sur un point d'observation privilégié (mirror port, TAP), la couverture peut chuter significativement.

Il ne déchiffre pas le trafic chiffré. Les flux TLS 1.3, SSH, ou VPN sont vus comme des synapses opaques. Leur contenu n'est pas inspecté. Seuls les métadonnées (IP source/dest, port, volume, timing) sont analysées.

La baseline n'est pas infaillible. Une infection présente avant le déploiement du symbiote peut être intégrée à la baseline et donc invisibilisée. C'est pourquoi nous recommandons une validation croisée avec l'Institut 24/7 (comparaison avec des baselines similaires).

Le cockpit n'est pas un outil de forensic. Il montre l'état présent. L'historique détaillé est dans SPINA (Papier 008). Le cockpit est le stéthoscope, pas le dossier médical.

10. Conclusion

Nous avons introduit le concept de système nerveux infrastructurel et décrit son implémentation dans NOVA. Le moteur Synapse (:5191), le cockpit moléculaire et Kenza forment ensemble la première couche de perception unifiée pour les infrastructures hétérogènes.

Le vide est un appel. La présence est une immunité. La première fonction d'une infrastructure vivante n'est pas de se défendre — c'est de se connaître. De sentir chaque organe. De prendre son propre pouls.

Avec NOVA, pour la première fois, l'infrastructure se sent.

Et ce qui se sent ne peut pas être surpris.

Références

- [1] M. Oizumi, L. Albantakis, G. Tononi, « IIT 3.0 », *PLoS Comp. Biol.*, 2014. arXiv:1405.2679.
- [2] K. Friston, « Life as we know it », *J. R. Soc. Interface*, 2013. arXiv:1301.1822.
- [3] H. TIKIJJA, « La Greffe Numérique — Protocolum Graftii », 0DATA Lab, Papier 004, 2026.
- [4] H. TIKIJJA, « Synthética — Taxonomie du Vivant Numérique », 0DATA Lab, Papier 002, 2026.
- [5] H. TIKIJJA, « Le Système Immunitaire des Infrastructures », 0DATA Lab, Papier 005, 2026.
- [6] H. TIKIJJA, « SPINA — La Colonne Vertébrale Cryptographique », 0DATA Lab, Papier 008, 2026.