



Preuve de concept

CADRE FORMEL DE NAVIGATION CIVILISATIONNELLE

**Fondements mathématiques du positionnement systémique et du
pilotage dynamique**

L'ÉCONOSPHERE

ESPACE DE NAVIGATION SOCIO-ÉCOLOGIQUE



1. Finalité de la formalisation

Le pilotage civilisationnel exige plus que des indicateurs : il requiert un **cadre mathématique navigable** permettant de localiser les acteurs, mesurer les trajectoires et orienter les décisions.

Les formules présentées ici constituent un socle permettant de :

- positionner les organisations dans le système socio-écologique ;
- évaluer leur alignement systémique ;
- mesurer la dynamique des transitions ;
- anticiper les risques systémiques ;
- soutenir la simulation et le pilotage stratégique.

Ce cadre transforme l'évaluation en **navigation dynamique**.

2. Position systémique dans l'éconosphère

Une organisation ou institution peut être représentée comme un point dans l'espace systémique :

[
 $P = (x, y, z)$
]

où :

x — position sectorielle

Représente la fonction économique dans le système productif.

[
 $x \in S$
]

avec (S) = classification des secteurs d'activité.

y — pression sur les limites planétaires

Impact biophysique agrégé et normalisé :

$$[\\ y = \sum_{i=1}^n w_i \cdot I_i \\]$$

où :

- (I_i) = impact sur une limite planétaire (climat, biodiversité, eau, cycles azote-phosphore, pollution, artificialisation...)
- (w_i) = coefficients de pondération scientifiques

Plus (y) est élevé, plus la pression écologique est forte.

z — distance au centre soutenable

Représente le désalignement systémique par rapport à la soutenabilité.

$$[\\ z = 1 - L \\]$$

où :

$$[\\ L = \text{indice LUMEN normalisé} \in [0,1] \\]$$

- ($z = 0$) → alignement optimal
- ($z = 1$) → désalignement maximal

3. Construction de l'indice d'alignement LUMEN

Un indice d'alignement systémique peut agréger plusieurs dimensions :

$$[\\ L = \alpha B + \beta E + \gamma S + \delta J \\]$$

où :

- (B) = biomimétisme organisationnel (IBO)
- (E) = performance écologique
- (S) = contribution socio-économique (PLN/IPLN)
- (J) = dynamique émotionnelle collective (DEC)
- les coefficients représentent des pondérations normatives

$$\begin{bmatrix} \alpha + \beta + \gamma + \delta = 1 \end{bmatrix}$$

Cet indice exprime le niveau d'alignement avec un fonctionnement soutenable et coopératif.

4. Distance systémique à la zone de viabilité

L'écart au fonctionnement soutenable peut être exprimé par :

$$\begin{bmatrix} D = \sqrt{y^2 + z^2} \end{bmatrix}$$

Dans un espace multidimensionnel :

$$\begin{bmatrix} D = \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2} \end{bmatrix}$$

Cette distance représente l'écart au fonctionnement systémique viable.

5. Évolution temporelle et trajectoire

Une organisation évolue dans le temps :

$$\begin{bmatrix} P(t) \end{bmatrix}$$

La transformation systémique se mesure par :

$$\begin{bmatrix} \Delta P = P(t_2) - P(t_1) \end{bmatrix}$$

Ce vecteur exprime la direction de la transition.

6. Vitesse de transition durable

La vitesse d'alignement systémique est donnée par :

$$V = \frac{\Delta D}{\Delta t}$$

où :

- (D) = distance systémique
 - (t) = temps
 - (V < 0) → rapprochement de la soutenabilité
 - (V > 0) → éloignement de la soutenabilité
-

7. Accélération de transformation

L'accélération indique si la transition se renforce ou ralentit :

$$A = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

- (A > 0) → accélération du changement
 - (A < 0) → inertie ou blocage
-

8. Inertie systémique

Certaines organisations se transforment plus lentement en raison de contraintes structurelles :

$$I = \frac{R}{C}$$

où :

- (R) = rigidité structurelle
- (C) = capacité de transformation

Une inertie élevée indique une résistance importante au changement.

9. Champ de contraintes planétaires et zones de risque

Le risque systémique augmente à mesure que la pression écologique approche des seuils critiques :

$$\begin{bmatrix} R_p = f(y) \end{bmatrix}$$

Les fonctions de risque peuvent être non linéaires, reflétant les effets de seuil et points de bascule.

10. Objectif du pilotage cybernétique

Le pilotage civilisationnel vise à minimiser la distance systémique tout en respectant les contraintes biophysiques :

$$\begin{bmatrix} \text{Minimiser } D(t) \end{bmatrix}$$

sous contraintes :

$$\begin{bmatrix} y < y_{\text{critique}} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \text{usage des ressources} \leq \text{limites planétaires} \end{bmatrix}$$

La soutenabilité est ainsi formulée comme un problème d'optimisation sous contraintes écologiques.

11. Interprétation et aide à la décision

Ce cadre formel permet :

- ✓ le positionnement systémique des organisations et des États
 - ✓ la comparaison des performances de transition
 - ✓ la mesure des dynamiques de transformation
 - ✓ l'identification des zones de risque systémique
 - ✓ la simulation de politiques et stratégies
 - ✓ un pilotage adaptatif fondé sur la rétroaction
-

12. Portée conceptuelle

Ces formules ne réduisent pas la réalité à des chiffres : elles rendent possible la **navigation dans la complexité**.

Elles permettent :

- de transformer des indicateurs fragmentés en intelligence systémique ;
- de passer de l'évaluation statique à la gestion des trajectoires ;
- d'aligner la décision avec la viabilité planétaire.

Sans formalisation, le pilotage cybernétique reste abstrait.

Avec elle, la navigation civilisationnelle devient opérationnelle.
