

La Rupture Topologique

Cognition, Coordination, Transformation

Alexander Markowetz

12 mars 2026

© 2026 Alexander Markowetz

Cette œuvre est mise à disposition sous une

**Licence Creative Commons Attribution – Pas d’Utilisation
Commerciale – Pas de Modification**

4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Travail en cours. Cette version a été générée le 12 mars 2026.

Table des matières

I. Topologie de l'Ordre Social	1
1. L'histoire comme suite d'états	3
1.1. Problème	3
1.2. L'historiographie comme modèle	4
1.3. Solution intuitive	5
1.4. Définition formelle	7
1.5. Ce que l'on peut penser avec ce cadre	8
2. Les éléments d'un état sociétal	11
2.1. Le snapshot	11
2.2. Les conditions environnementales E	11
2.3. La réduction de H	12
2.4. Fréquences profondes et moyennes	13
2.5. Les primitives S	14
2.6. Les manifestations R	15
2.7. Pourquoi les mécanismes de coordination doivent être modélisés explicitement	16
2.8. Ce que S est — et ce qu'il n'est pas	17
2.9. Le rôle formel de S	18
2.10. L'espace X	19
2.11. X ontologique et épistémique	20
2.12. États de sous-ensembles de la société	21
2.13. Ce qui peut déjà être décrit	23

3. L'espace topologique X	27
3.1. Problème : des états sans structure	27
3.2. Objectif : une structure sans mesure	28
3.3. Ensembles ouverts comme ordres sociétaux	29
3.4. Robustesse des ensembles ouverts	30
3.5. Ensemble vide et espace total	31
3.6. Réunion d'ensembles ouverts	31
3.7. Intersection d'ensembles ouverts	32
3.8. Topologie et espace topologique	33
3.9. Pourquoi aucune structure supplémentaire	34
3.10. Époques, ruptures et ordres structurels	35
4. Continuité, convergence et surfaces limites	39
4.1. Problème	39
4.2. Ensembles fermés	40
4.3. Bord et surfaces limites	41
4.4. Convergence	43
4.5. Continuité	45
4.6. Ce que ces concepts rendent visible	46
4.7. Comment décrire aussi les organisations avec ces concepts	48
5. X en tant qu'automate non déterministe	53
5.1. Motivation : de la structure au mouvement	53
5.2. L'espace des états comme automate non déterministe	55
5.3. De la relation de transition à la chaîne de Markov	57
5.4. Pression sociétale et probabilités de transition constantes	58
5.5. Transitions sans état cible	61
5.6. La fitness comme lecture relationnelle des transitions	63

5.7. Ce que la fitness n'est pas	65
5.8. Le chemin historique réalisé	67
5.9. Déterminisme rétrospectif	68
5.10. Ce que ce modèle ne fait pas	69
5.11. Ce que l'on peut penser avec ce modèle	69
6. Direction et vitesse du mouvement sociétal	71
6.1. Le problème de la réalisation	71
6.2. Direction sans connaissance du but	72
6.3. La vitesse comme propriété structurelle	73
6.4. Structure formelle du mouvement	75
6.5. Formation sociétale des attentes	76
6.6. Localisation du discours dans l'état	77
6.7. Portée analytique	78
II. Le Problème de Coordination Cognitive	81
7. Le S historique : modèle de calcul et lisibilité	83
7.1. Le modèle de calcul	84
7.2. Paradis : lisibilité sociale complète	86
7.2.1. Propriétés émergentes de la lisibilité sociale complète	87
7.3. L'expulsion du paradis	89
7.4. Perspectives d'évaluation	92
8. Centralisation dans le S historique	95
8.1. Reine	96
8.1.1. Performance et limites de la structure de la reine	98

8.2.	Bureaucratie & hiérarchie	101
8.3.	L'État comme bureaucratie étendue	106
8.3.1.	Avantages et inconvénients	108
9.	Monnaie et propriété dans le S historique	117
9.1.	La monnaie	117
9.1.1.	Finalisation temporelle de l'évaluation . . .	119
9.1.2.	Vision locale et cécité structurelle	120
9.1.3.	Agrégation unidimensionnelle et perte d'in- formation	121
9.1.4.	Absence de formation de volonté et non- adressabilité structurelle du bien commun .	123
9.1.5.	Défaillance en cas de concentration	124
9.2.	Usage communautaire et propriété	126
9.3.	La propriété comme substitut de la communication	128
9.4.	La propriété comme algorithme de théorie des jeux	129
9.5.	Avantages et effets non intentionnels du mécanisme de propriété	131
9.5.1.	Effet indirect sur le bien commun	132
9.5.2.	Absence de couplage entre pouvoir de déci- sion et compétence	133
9.5.3.	Dépendance au sentier temporel et transmis- sion héréditaire	133
9.5.4.	Accumulation et concentration au fil du temps	134
9.5.5.	Dynamique patrimoniale exponentielle et im- possibilité structurelle de rattrapage	135
9.5.6.	Absence de rendement pour le bien commun des gains de productivité	136

9.5.7. Usage catégoriellement erroné d'un mécanisme puissant	137
9.6. Coexistence, institutionnalisation et couplage structurel	139
10. Mécanismes complémentaires de l'ordre social	143
10.1. La famille comme mécanisme de substitution de l'ordre social	144
10.1.1. Les avantages de la famille comme technologie d'ordonnement	146
10.1.2. Les inconvénients de la famille comme technologie d'ordonnement	147
10.2. La réputation comme mécanisme de substitution de l'ordre social	148
10.2.1. La réputation comme processus de décharge cognitive	148
10.2.2. Le fonctionnement de la réputation	149
10.2.3. Les avantages de la réputation comme technologie d'ordonnement	150
10.2.4. Les inconvénients de la réputation comme technologie d'ordonnement	151
10.3. La morale comme mécanisme de substitution de l'ordre social	154
10.3.1. Remarque préliminaire : Décharge normative sous surcharge cognitive	154
10.3.2. La morale comme système de règles	155
10.3.3. Le fonctionnement de la morale	155

10.3.4. Morale et éthique : logiciel d'action individuel et production normative	156
10.3.5. Modes de production normative éthique . .	157
10.3.6. Développement sociétal et différenciation éthique	157
10.3.7. Avantages de la morale comme technologie d'ordonnement	162
10.3.8. Inconvénients de la morale comme technologie d'ordonnement	162
10.4. Synthèse et perspectives	164

III. Le Numérique et sa Préhistoire **165**

11. Le Digital **167**

11.1. Le Digital comme nouvelle méga-époque	167
11.2. L'exosquelette épistémique	168
11.3. La transition vers le Digital	169

Première partie

Topologie de l'Ordre Social

1. L'histoire comme suite d'états

1.1. Problème

L'histoire est traditionnellement racontée le long d'un axe temporel. Les événements sont alignés chronologiquement, les actions décrites séquentiellement. La Seconde Guerre mondiale a commencé en 1939 et s'est terminée en 1945. Entre les deux se sont succédé batailles, décisions politiques, reconversions économiques et destins individuels.

Cette forme de représentation est intuitive, mais elle engendre des distorsions systématiques. Elle contraint des développements parallèles dans un ordre linéaire. Ce faisant, elle suggère des causalités qui naissent de l'ordre de la présentation, non de la structure du monde lui-même. Ce qui est raconté successivement apparaît comme causalement lié, même lorsque les événements se sont simplement produits simultanément.

Or la réalité sociale est fondamentalement parallèle. À tout instant, d'innombrables processus se déroulent simultanément : militaires, économiques, institutionnels, culturels et individuels. Le récit événementiel classique ne peut résoudre cette parallélité qu'en opérant une sélection. Cette sélection est nécessaire, mais elle occulte la simultanéité des processus et favorise les explications monocausales.

Le résultat est une historiographie fortement narrative, mais structurellement imprécise. Elle explique des déroulements, mais ne décrit les états que de manière implicite. Elle parle de changement sans préciser ce dont on s'éloigne ni vers quoi l'on se dirige.

Si l'histoire doit être davantage qu'une succession de récits plausibles, une question fondamentale se pose dès lors : est-il possible de décrire le développement social sans le raconter principalement comme une chaîne d'événements et d'actions ?

1.2. L'historiographie comme modèle

Toute forme d'historiographie est un modèle. Elle réduit la complexité, sélectionne, abstrait et laisse de côté la plus grande partie des détails simultanés. Cette réduction n'est pas un défaut, mais une condition préalable de la connaissance.

En tant que modèle, l'historiographie comporte des hypothèses implicites sur la pertinence, la causalité et la cohérence — des hypothèses qui agissent même lorsqu'elles ne sont pas explicitées. Le problème n'est pas que l'historiographie soit modélisante, mais que son caractère de modèle reste le plus souvent implicite. Les catégories sont rarement remises en question, la forme de représentation est considérée comme allant de soi.

Si l'histoire est inévitablement modélisée, la question n'est pas de savoir si nous utilisons un modèle, mais lequel — et s'il est adapté à son objet.

1.3. Solution intuitive

Au lieu de décrire l'histoire principalement comme une succession d'événements, nous proposons un changement de perspective. Nous ne considérons pas d'abord la succession temporelle des actions, mais l'état du monde à un instant donné.

Un tel état est un instantané. Il décrit comment le monde est structuré à un moment déterminé : quels conflits existent, quelles institutions sont effectives, quelles formes de coopération et de violence dominent. La distance temporelle entre deux tels instantanés peut être choisie librement.

On peut se représenter cette perspective comme une coupe verticale à travers le cours du temps. Tandis que l'historiographie classique suit l'axe temporel, cette approche fixe un instant et décrit le monde dans sa simultanéité. Le développement historique ne se produit alors pas dans l'état lui-même, mais entre les états.

Cette approche est familière dans d'autres domaines. Dans les bases de données temporelles, on parle de snapshots : des descriptions complètes de l'état à un instant donné. De manière analogue aux bandes dessinées, le mouvement ne naît pas à l'intérieur d'une image isolée, mais entre les images. L'action réside dans l'interpolation, non dans le panneau individuel.

Si l'on transpose cette logique à l'histoire, le développement devient concevable comme une suite d'états. Ces états peuvent être choisis de manière grossière ou fine. Leur densité temporelle détermine la granularité de l'observation, non sa validité fondamentale.

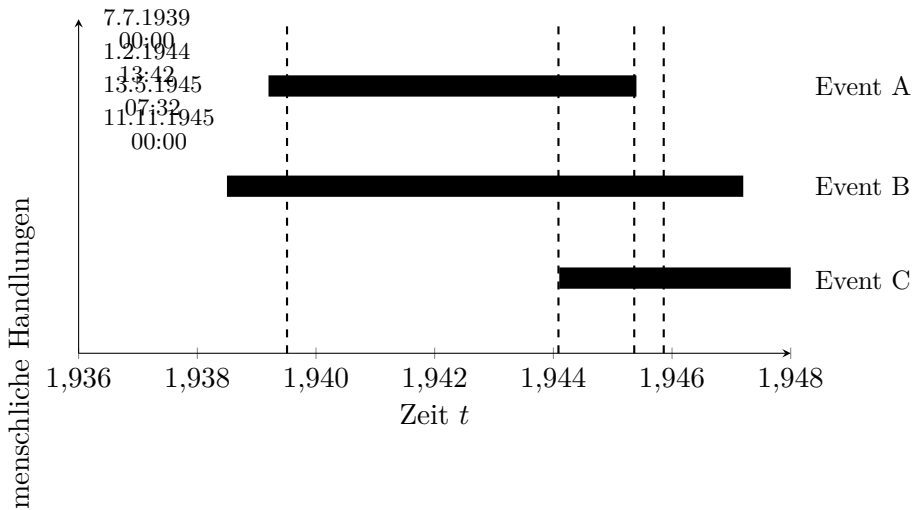


FIGURE 1.1. – Récit événementiel horizontal sous forme d’intervalles temporels (bandes) et coupes verticales à travers le cours du temps comme snapshots d’états sociétaux.

La différence entre les deux perspectives peut être illustrée par un exemple bien connu. Dans la représentation classique, horizontale, la Seconde Guerre mondiale est décrite comme une période : de 1939 à 1945. Les événements au sein de cette période sont reliés en un récit cohérent.

La perspective verticale procède autrement. Elle fixe des instants isolés, choisis arbitrairement, et décrit à chaque fois l’état du monde à cet instant, indépendamment du fait qu’un événement historiquement marqué se produise ce jour-là. Par exemple :

Dans cette perspective, la guerre n’apparaît pas comme un événe-

ment continu, mais comme une suite d'états du monde différents. Le développement historique réside alors dans les changements entre ces états, non dans la description d'événements isolés.

1.4. Définition formelle

Formellement, nous considérons l'histoire comme une suite d'états. Chaque état décrit le monde à un instant donné de manière complète dans le cadre du modèle choisi. Le temps n'y fonctionne que comme un index, non comme un principe structurant.

Soit X l'ensemble de tous les états sociétaux possibles. Un état individuel $x \in X$ décrit un instantané de l'ordre social. L'histoire apparaît alors comme une suite de tels états

$$x_1, x_2, x_3, \dots$$

où les indices n'expriment qu'un ordre temporel, sans contenir aucune assertion sur la causalité ou la dynamique.

Le véritable développement historique ne réside pas dans les états eux-mêmes, mais dans les transitions entre eux. Ces transitions ne sont délibérément pas spécifiées à ce stade. Le modèle reste agnostique quant aux causes, aux vitesses et aux mécanismes du changement.

1.5. Ce que l'on peut penser avec ce cadre

Cette perspective modifie fondamentalement la manière dont on peut parler de l'histoire. Au lieu d'expliquer des événements isolés, c'est la description d'états stables et instables qui passe au premier plan. Les questions de causes cèdent le pas aux questions de structure.

L'approche permet de parler du développement historique sans connaître en détail les forces motrices. Il suffit de décrire que le monde s'est déplacé d'un état vers un autre. L'explication de ce mouvement peut rester ouverte ou être complétée ultérieurement.

En même temps, il devient manifeste que de nombreux récits historiques apparemment contradictoires ne sont que des projections différentes du même état. Les perspectives politiques, économiques ou culturelles ne décrivent pas des mondes différents, mais des aspects différents du même moment.

Enfin, cette approche permet une séparation plus précise entre description et évaluation. Les états peuvent être analysés sans être classés normativement. Le changement devient visible sans qu'il faille l'interpréter comme progrès ou déclin.

Le prix de cette abstraction est le renoncement à la vivacité narrative. Le gain est la clarté structurelle.

La description de l'histoire comme suite d'états remplace le récit événementiel sans pour autant fixer déjà la structure interne de

ces états. Le changement de perspective clarifie comment le développement historique peut être considéré, mais non encore de quoi se composent les instantanés observés.

Pour pouvoir poursuivre le travail avec cette approche, il faut donc déterminer avec précision ce qui constitue un état sociétal.

Question finale. Si l'histoire doit pouvoir être décrite comme une suite d'états, se pose la question de ce dont un tel état se compose. Cette question est plus exigeante qu'elle ne le paraît de prime abord.

Une description qui ne convient qu'aux états historiquement réalisés ne suffit pas. Le modèle doit saisir les états passés et présents, mais tout autant les états futurs et contrefactuels. Il ne s'agit pas de pratiquer la science historique – l'explication du passé –, mais la philosophie de l'histoire : la construction de structures abstraites opérant de manière continue sur le passé, le présent et les futurs possibles.

Quels éléments constitutifs un état sociétal doit-il contenir pour qu'une telle description universelle devienne possible ?

2. Les éléments d'un état sociétal

2.1. Le snapshot

Nous décrivons le monde à un instant donné comme un état. Un tel état n'est ni un événement ni une action, mais un *snapshot* complet de la société à cet instant. Ce snapshot englobe la totalité des institutions humaines, des pratiques, des artefacts et des formes d'action coordonnée qui sont effectives à cet instant. Nous désignons cette totalité par H .

Formellement, H ne décrit pas des actions individuelles, mais la totalité structurée de ce que les êtres humains peuvent faire, ont le droit de faire, doivent faire ou peuvent attendre à cet instant. L'histoire n'est donc pas décrite par la narration d'événements, mais par la comparaison de tels états.

2.2. Les conditions environnementales E

L'humanité n'agit pas dans le vide, mais toujours sous la contrainte de son environnement (externe). L'état sociétal à un instant x est donc donné en premier lieu par

$$x = (E, H),$$

où E désigne les conditions environnementales sous lesquelles cet état existe.

Par E , nous regroupons toutes les conditions externes qui rendent possible, limitent ou structurent l'action humaine, sans être elles-mêmes des constructions institutionnelles. En font partie notamment :

- les conditions démographiques,
- les conditions climatiques et géographiques,
- les formes d'énergie disponibles,
- les conditions sanitaires.

E n'est pas un arrière-plan statique, mais se transforme au cours du temps. Le changement climatique, les épidémies, la croissance démographique modifient E tantôt lentement, tantôt de manière abrupte. Ces transformations n'agissent pas directement sur des institutions concrètes, mais d'abord sur l'espace des possibles de l'organisation sociétale. Il est important de noter que E ne détermine pas les états sociétaux. Il ouvre et ferme des possibilités. La question de savoir lesquelles de ces possibilités sont réalisées relève de la structure sociétale.

2.3. La réduction de H

L'ensemble H , dans toute son étendue, est impossible à appréhender. À chaque instant existent d'innombrables actions individuelles,

micro-pratiques et décisions situationnelles. Toute forme d'historiographie — indépendamment de la méthode ou de l'époque — réduit cette diversité.

Cette réduction est nécessaire. Sans elle, aucune description ne serait possible. Les modèles historiques filtrent toujours une grande partie des détails à haute fréquence. Les gestes individuels, les routines quotidiennes ou les événements singuliers se perdent, au profit de structures plus stables.

Notre modèle rend cette réduction explicite. Nous ne considérons pas l'ensemble complet H , mais le séparons le long d'un axe fonctionnel de fréquence.

2.4. Fréquences profondes et moyennes

Nous distinguons deux niveaux pertinents au sein de H :

- les fréquences très profondes,
- les fréquences moyennes.

Les fréquences très profondes se transforment extrêmement lentement. Elles sont si stables qu'elles ne sont généralement pas perçues comme des structures façonnées. Elles apparaissent comme données, évidentes, quasi naturelles. C'est précisément pour cette raison qu'elles échappent fréquemment à l'analyse.

Nous désignons ce niveau par S . Les fréquences moyennes constituent les manifestations institutionnelles concrètes de ces primi-

tives ; elles seront introduites dans la section suivante sous le nom de *R*.

2.5. Les primitives *S*

S désigne les primitives communicationnelles et coordinatrices fondamentales d'une société. Ce sont les briques élémentaires à partir desquelles toutes les autres formes institutionnelles sont composées.

Parmi ces primitives figurent par exemple :

- la bureaucratie étatique avec ses formulaires, ses voies hiérarchiques et ses cachets,
- l'« honneur » comme forme archaïque de gestion de la réputation,
- la propriété comme attribution abstraite de droits de disposition,
- la monnaie comme moyen universel de communication et de comptabilité,
- la mesure du temps par les horloges comme mécanisme de synchronisation.

Ces primitives ne sont pas nécessairement centralisées ou hiérarchiques. Elles permettent la coordination sans présupposer une structure de pouvoir déterminée. La notion de « pilotage » serait ici trompeuse, car elle implique déjà une asymétrie de pouvoir qui n'est pas donnée dans toutes les formes de société.

2.6. Les manifestations R

Les primitives S ne produisent pas à elles seules une société. Une société s'en sert et en façonne des institutions concrètes, des pratiques, des normes et des schémas culturels.

Nous désignons ce niveau de manifestation concrète par R . Celui-ci comprend :

- les arrangements institutionnels,
- les formes d'organisation,
- les pratiques culturelles,
- les normes juridiques et sociales,
- les routines établies de la vie en commun.

Formellement, nous pouvons écrire :

$$H = S + R,$$

les détails à haute fréquence étant implicitement écartés.

L'état sociétal s'écrit donc :

$$x = (E, S, R).$$

2.7. Pourquoi les mécanismes de coordination doivent être modélisés explicitement

Dans l'historiographie traditionnelle, les mécanismes fondamentaux de pilotage et de coordination d'une société restent le plus souvent implicites. Ils apparaissent comme un arrière-plan allant de soi, et non comme des structures façonnées. Précisément parce qu'ils ne se transforment guère sur de longues périodes, ils sont rarement thématés.

Ce qui reste constant devient invisible. La bureaucratie, la propriété, la monnaie ou la mesure du temps ne sont pas perçues comme des mécanismes historiquement contingents, mais comme des propriétés naturelles de l'ordre sociétal. Leur existence est présupposée, non expliquée.

Ce traitement implicite ne pose pas de problème dans les phases stables. Tant que les primitives sous-jacentes ne changent pas, il suffit de discuter leurs manifestations concrètes. C'est précisément là que réside le danger structurel : dès que ces mécanismes profonds se transforment, les concepts manquent pour décrire ce changement.

Les ruptures historiques apparaissent alors soudaines, chaotiques ou irrationnelles. En réalité, ce n'est pas le changement lui-même qui surprend, mais le fait que ses conditions préalables n'avaient pas été rendues visibles auparavant.

La modélisation explicite de S ne vise donc pas l'exhaustivité, mais la mise en visibilité. Elle rend analysables ces structures qui,

autrement, sont présumées comme immuables et qui, précisément pour cette raison, possèdent le plus grand levier historique.

2.8. Ce que S est — et ce qu'il n'est pas

Les mécanismes de coordination S ne sont ni des institutions, ni des acteurs, ni des idéologies. Ils ne sont pas non plus assimilables à la culture ou à la morale. S désigne plutôt les primitives communicationnelles et coordinatrices élémentaires auxquelles l'action sociétale recourt.

Ces primitives ne définissent pas *ce qui* est fait, mais *comment* la coordination sociétale est fondamentalement possible. Elles déterminent quelles formes d'ajustement, d'attribution, de synchronisation ou d'engagement sont réalisables.

S est en cela neutre vis-à-vis des rapports de pouvoir concrets. L'existence d'un mécanisme de coordination n'implique ni centralisation ni hiérarchie. La monnaie, la propriété ou la mesure du temps peuvent apparaître dans des contextes sociétaux très différents et y être intégrées de manières diverses.

Ne relèvent explicitement pas de S :

- les organisations ou institutions concrètes,
- les contenus normatifs moraux concrets et les systèmes de normes,
- les récits culturels ou les systèmes de valeurs,
- les acteurs individuels ou collectifs.

Une précision s'impose : le mécanisme abstrait de l'auto-obligation morale — compris comme un système de règles de comportement généralisées opérant indépendamment de l'observation sociale — est un élément de S . Les contenus concrets de ces normes, leur inscription religieuse et leur manifestation culturelle relèvent en revanche de R . Cette distinction entre mécanisme abstrait et manifestation concrète s'applique à tous les éléments de S .

S n'est pas non plus assimilable à la technologie en général. Des technologies de base comme le feu, la roue ou les sources d'énergie peuvent également être conçues comme des primitives, mais élargiraient inutilement le champ de ce modèle. Elles peuvent être intégrées sans difficulté, mais ne sont pas décisives pour le noyau poursuivi ici.

S n'est donc pas un modèle explicatif complet de l'ordre sociétal, mais une abstraction ciblée. Elle isole les structures profondes qui rendent possible la coordination sociétale, sans en fixer d'emblée la configuration concrète.

2.9. Le rôle formel de S

Formellement, nous considérons S comme un ensemble de primitives sans ordre interne — sans hiérarchie, sans pondération ni dépendance fonctionnelle entre les éléments. Cette sous-détermination fait partie du modèle.

S n'est pas déterministe : l'existence d'un mécanisme de coordination n'impose pas un ordre spécifique, mais ouvre des options

qui peuvent être réalisées ou ignorées dans R . La question de savoir quelles combinaisons sont stables n'est pas une question de définition, mais de dynamique.

S fonctionne comme une couche structurelle profonde. Les changements dans S sont rares, mais lourds de conséquences : ils ne modifient pas des institutions isolées, mais les conditions sous lesquelles des institutions peuvent être formées de manière cohérente.

2.10. L'espace X

Nous désignons par X l'ensemble de tous les états sociétaux possibles :

$$X = \{x = (E, S, R)\}.$$

Cet ensemble comprend *toutes* les combinaisons, aussi irréalistes soient-elles :

- les états historiquement réalisés,
- les états contrefactuels,
- les états futurs, aujourd'hui inimaginables,
- les combinaisons instables ou incohérentes.

Les états qui ne seraient jamais stables dans des conditions réelles — par exemple parce que E ne permet pas certaines primitives ou parce que S n'admet aucune manifestation cohérente dans R — appartiennent néanmoins à X . Ils existent en tant que possibilités

théoriques, même s'ils n'ont jamais été historiquement réalisés ou s'effondreraient immédiatement.

Ce modèle permet donc également l'histoire contrefactuelle. Des questions telles que « Que se serait-il passé si le téléphone avait existé dès le Moyen Âge? » peuvent être formellement décrites au sein de X , indépendamment de leur plausibilité ou de leur stabilité.

2.11. X ontologique et épistémique

L'espace X est ontologiquement extrêmement vaste. Il comprend toutes les combinaisons concevables et inconcevables de E , S et R .

Notre capacité d'imagination, en revanche, est limitée. Nous ne pouvons penser que les primitives que nous connaissons historiquement ou que nous commençons tout juste à entrevoir, par exemple à travers les smart contracts ou le post-quantum computing. Au-delà — par exemple pour des développements technologiques de grande portée comme les interfaces cerveau-puce — notre intuition échoue.

Nous distinguons donc :

- un X ontologique : l'espace de tous les états possibles,
- un X épistémique : le petit fragment que nous sommes en mesure de concevoir.

Pour la suite de cet ouvrage, cette distinction n'a qu'une importance limitée. Nous opérons conceptuellement toujours avec le X ontologique. Le fait que notre pensée ne puisse suivre cet espace que partiellement est une limitation humaine, non un défaut du modèle.

2.12. États de sous-ensembles de la société

La notion d'état sociétal ne se limite pas à l'humanité dans son ensemble. Un état $x \in X$ peut tout aussi bien être appliqué à des sous-ensembles arbitraires de la société.

Ainsi, nous pouvons considérer un état se rapportant à l'Afrique en 1975 et le comparer à un état du Brésil en 1983. À première vue, il semble que l'on restreigne l'état géographiquement. En réalité, ce n'est pas un espace qui est restreint, mais un sous-ensemble d'acteurs et d'institutions qui est focalisé. L'état ne décrit pas un territoire, mais la constellation sociétale considérée : ses conditions environnementales, ses mécanismes de coordination et ses manifestations concrètes.

Les notions géographiques ne servent ici que de marqueurs heuristiques. Elles ne désignent pas des unités homogènes, mais renvoient à des structures sociétales qui se chevauchent et sont partiellement indépendantes. Au sein d'un même territoire, plusieurs états différents peuvent coexister simultanément, ne se recoupant que partiellement.

Le modèle permet donc explicitement :

- la comparaison de sous-espaces sociétaux différents à des moments différents,
- l'analyse d'états parallèles au sein d'un même espace géographique,
- l'examen de sociétés ou de réseaux non territoriaux.

Il apparaît ainsi clairement que X n'est pas un espace de lieux géographiques, mais un espace de constellations sociétales. Ses éléments ne sont pas des pays ou des régions, mais des états structurés de coordination humaine. Le choix du sous-ensemble considéré est une décision analytique, non une détermination ontologique.

Toutes les notions introduites jusqu'ici et toutes les constructions qui suivent — en particulier la structure topologique de l'espace X qui sera présentée — se transposent sans difficulté à de telles focalisations sur des sous-ensembles sociétaux. Les ouverts, la convergence, les frontières ou la continuité sont définissables indépendamment du fait qu'un état concerne l'humanité dans son ensemble ou un sous-ensemble quelconque. Cette focalisation est puissante, mais dans le langage des mathématiques, elle est *obdA triviale*.

Pour des raisons de lisibilité et de focalisation conceptuelle, nous renonçons à expliciter systématiquement cette extension. Sauf mention contraire, les énoncés portant sur X désignent toujours aussi bien les espaces d'états globaux que les espaces d'états restreints correspondants. La généralisation nécessaire est implicitement maintenue dans la suite.

2.13. Ce qui peut déjà être décrit

Bien que la notation introduite jusqu'ici soit volontairement minimale, elle permet déjà une description étonnamment précise de constellations historiques très diverses. Sans hypothèses supplémentaires, on peut formuler aussi bien des évolutions à long terme que des projets sociétaux échoués ou instables.

Considérons à titre d'exemple l'espace de la Belgique actuelle vers l'an 300. Les primitives S disponibles comprenaient des formes simples d'administration étatique, un système monétaire rudimentaire, des rapports de domination personnels et des mécanismes de synchronisation locaux. La manifestation R qui en résultait consistait en des structures administratives lâches, une forte autonomie locale et un contrôle central limité.

En revanche, la Belgique vers l'an 2000 décrit un état dont le S est nettement transformé — l'État, la bureaucratie, la propriété, la monnaie sont techniquement, organisationnellement et communicationnellement bien plus performants que 1700 ans auparavant. Le R qui en résulte est un État-providence hautement différencié, doté d'une administration complexe, d'une économie fondée sur la division du travail et d'institutions stables.

Entre ces états ne se situent pas seulement des changements graduels, mais aussi des points de basculement abrupts. Des ruptures climatiques, des mauvaises récoltes ou des épidémies ont, par le passé, modifié E à plusieurs reprises de manière si profonde que les combinaisons existantes de S et R sont devenues instables et

ont basculé vers de nouveaux états. L'effondrement des structures sociétales de l'Antiquité tardive peut être décrit dans ce modèle comme la conséquence d'une transformation environnementale qui ne portait plus les manifestations sociétales antérieures.

Le modèle permet également l'analyse de projets sociétaux échoués ou instables. Le projet *Cybersyn* au Chili visait une manifestation sociétale R prévoyant un pilotage économique hautement centralisé, réagissant quasiment en temps réel. Or les primitives S alors disponibles — notamment la puissance de calcul, les communications et la saisie de données — n'étaient pas suffisamment développées pour porter ce R de manière stable.

Il en allait de même pour l'ambition de surveillance de la RDA. Le R visé d'un État omniprésent en matière d'information dépassait les possibilités du S analogique de l'époque. La tentative de compenser ce déficit par des moyens organisationnels a entraîné une mobilisation énorme de ressources, sans atteindre la stabilité souhaitée.

Des développements contemporains peuvent être décrits de la même manière. L'Inde a longtemps été caractérisée par un E et un S qui ne permettaient guère la formation d'un État-nation fortement centralisé et homogène. La stratégie actuelle, consistant à établir un nouveau R' au moyen de nouvelles primitives S' — en particulier la communication mobile, l'identité numérique et l'administration fondée sur les données —, peut être lue dans ce modèle comme une tentative délibérée de rendre pour la première fois viable une manifestation sociétale jusqu'alors non soutenable.

Tous ces exemples n'exigent aucun concept supplémentaire. Ils s'expriment entièrement dans la notation $x = (E, S, R)$. Le modèle ne prétend ni à la prédiction ni à l'évaluation. Il montre simplement que, avec quelques distinctions structurelles seulement, des constellations historiques très différentes deviennent comparables et descriptibles.

Question finale. Si des états sociétaux aussi différents sont descriptibles et comparables : quelle structure possède alors l'espace X lui-même, et comment peut-on saisir formellement les transitions, la stabilité et les ruptures entre états ?

3. L'espace topologique X

3.1. Problème : des états sans structure

Dans le chapitre précédent, l'ensemble X de tous les états sociétaux a été introduit. Chaque élément $x \in X$ est donné par un triplet

$$x = (E, S, R)$$

et décrit une constellation sociétale consistante à un moment donné.

Cela détermine quels états peuvent exister. En revanche, cela ne détermine pas dans quelle relation ces états se trouvent les uns par rapport aux autres. En particulier, il n'a pas encore été formalisé quand deux états sont considérés comme similaires, quand un changement peut être regardé comme incrémental et quand il y a rupture qualitative.

Sans structure supplémentaire sur X , l'histoire reste formellement un ensemble non ordonné de points. Les énoncés sur la stabilité, le changement ou les transitions ne peuvent alors être formulés que de manière narrative, sans précision conceptuelle. Il manque un fondement permettant de distinguer entre les ajustements internes d'un ordre et le passage à un autre ordre.

On recherche donc une structure mathématique sur X qui décrit les relations entre états sans introduire d'hypothèses sur les

séquences temporelles, les vitesses ou la comparabilité quantitative. Cette structure doit être minimale et contenir exactement les informations nécessaires à l'analyse des ordres historiques.

3.2. Objectif : une structure sans mesure

La structure recherchée sur X doit permettre de saisir les relations entre états sociétaux sans mesurer ces relations. En particulier, aucune hypothèse sur les distances, les directions ou les paramètres temporels ne doit être introduite.

Pour l'analyse des ordres historiques, ce qui est déterminant n'est pas l'intensité de la différence entre deux états, mais le fait qu'ils appartiennent ou non au même ordre. Un changement peut être considérable sans quitter l'ordre en place, ou paraître minime tout en marquant une rupture qualitative. Cette distinction ne peut être saisie de manière fiable par des moyens quantitatifs.

L'objectif est donc une structure qui regroupe les états selon leur appartenance structurelle. Cette structure doit permettre d'identifier des ensembles d'états à l'intérieur desquels des ajustements sont possibles sans qu'une réorganisation fondamentale devienne nécessaire.

En même temps, la structure doit être suffisamment ouverte pour ne pas imposer d'énoncés sur la dynamique ou la stabilité. Elle décrit exclusivement quels états vont ensemble, et non comment ou pourquoi les transitions ont lieu. Elle reste ainsi compatible avec des concepts ultérieurs, sans les anticiper.

3.3. Ensembles ouverts comme ordres sociétaux

Afin de saisir formellement les relations entre états sociétaux, nous introduisons la notion d'ensembles ouverts sur l'espace X .

Un ensemble ouvert $U \subseteq X$ désigne un ensemble d'états sociétaux qui sont structurellement compatibles entre eux. La compatibilité signifie ici que des transitions entre états à l'intérieur de U sont possibles par des ajustements des réalisations R , sans qu'une réorganisation fondamentale des primitives sous-jacentes S soit nécessaire.

À l'intérieur d'un ensemble ouvert, les conditions environnementales E peuvent changer, et des éléments de S peuvent également se déplacer, tant que ces changements peuvent être fonctionnellement absorbés dans R . Un état demeure dans le même ensemble ouvert aussi longtemps que son ordre sociétal peut être maintenu stable par des ajustements internes incrémentaux.

Les ensembles ouverts représentent ainsi des ordres sociétaux au sens formel. Ils regroupent des états qui, malgré des réalisations concrètes différentes, suivent la même logique structurelle. Les changements à l'intérieur d'un ensemble ouvert ne constituent pas un changement d'ordre, mais des modifications au sein d'un ordre existant.

L'attribution d'un état à un ensemble ouvert n'est pas une question de périodisation historique, mais une décision structurelle. Les ensembles ouverts ne sont pas nécessairement continus dans le

temps et ne sont pas liés à des espaces géographiques. Ils sont définis exclusivement par la compatibilité structurelle.

3.4. Robustesse des ensembles ouverts

Les ensembles ouverts ne doivent pas être compris comme des constructions fragiles, mais comme des régions robustes de l'espace des états X . Leur définition admet une grande variété de changements internes sans qu'un changement d'ordre devienne nécessaire.

Les sociétés peuvent absorber des changements dans les conditions environnementales E sur de longues périodes sans quitter leur ordre fondamental. De même, des éléments des primitives S peuvent se modifier ou s'étendre, tant que ces changements restent fonctionnellement compatibles avec les réalisations existantes R .

Cette robustesse explique pourquoi les sociétés peuvent souvent traiter le changement structurel de manière différée ou apparemment indifférente. Tant que des ajustements au sein de R suffisent, l'état demeure dans le même ensemble ouvert, même si les conditions aux limites se sont déjà considérablement déplacées.

Un changement d'ordre ne devient nécessaire que lorsqu'aucun ajustement interne supplémentaire n'est possible. L'ensemble ouvert perd alors sa capacité de support pour l'état considéré. Cette transition ne marque pas une étape graduelle, mais l'abandon de l'ordre en vigueur. La description formelle de cette transition sera précisée dans les chapitres suivants.

3.5. Ensemble vide et espace total

La structure que nous introduisons sur l'ensemble X repose sur une collection de sous-ensembles que nous désignons comme ensembles ouverts. Cette collection doit contenir deux éléments particuliers : l'ensemble vide et l'espace total X .

L'ensemble vide \emptyset est un sous-ensemble de X qui ne contient aucun état. Il ne possède pas de signification substantielle en termes d'ordres sociétaux ou de constellations historiques. Son existence est exclusivement une conséquence formelle de la structure choisie.

L'espace total X lui-même est également inclus comme ensemble ouvert. Il comprend tous les états sociétaux indépendamment de leur compatibilité structurelle. Cet ensemble ne décrit pas non plus un ordre concret, mais constitue le regroupement maximal de tous les états possibles.

L'inclusion de \emptyset et de X ne sert pas l'interprétation, mais la clôture formelle de la structure considérée. Elle garantit que l'ensemble des ensembles ouverts est entièrement défini sous les opérations examinées ci-après.

3.6. Réunion d'ensembles ouverts

La structure des ensembles ouverts sur X doit être fermée sous la formation de réunions. Cela signifie : pour toute famille d'ensembles

ouverts $(U_i)_{i \in I}$, leur réunion

$$\bigcup_{i \in I} U_i$$

est également un ensemble ouvert. Concrètement : lorsqu'une réunion $U = U_1 \cup U_2$ est formée, U contient l'ensemble des états qui appartiennent soit à l'ordre U_1 , soit à l'ordre U_2 . Aucun nouvel ordre n'est défini ; un niveau commun de considération est ouvert pour plusieurs ordres existants.

L'opération de réunion ne fait aucune assertion sur les transitions entre les ensembles réunis. Elle permet de regrouper différents ordres sociétaux sous un concept commun et de considérer des constellations historiques à différents niveaux d'abstraction. Elle sert l'abstraction, non la dynamique.

3.7. Intersection d'ensembles ouverts

La structure des ensembles ouverts sur X doit être fermée sous les intersections finies. Cela signifie : si U_1, \dots, U_n sont des ensembles ouverts, alors leur intersection

$$\bigcap_{k=1}^n U_k$$

est également un ensemble ouvert. L'intersection décrit des états qui appartiennent simultanément à plusieurs ordres — des constellations dans lesquelles différentes logiques structurelles sont simultanément à l'œuvre. De tels états hybrides ne sont ni des exceptions

ni instables par définition, mais formellement bien définis. L'intersection ne décrit pas un mouvement entre ordres, mais leur validité simultanée.

3.8. Topologie et espace topologique

En mathématiques, une topologie désigne une structure formelle par laquelle on détermine quels sous-ensembles d'un ensemble donné sont considérés comme ouverts. Une topologie n'est liée ni à des distances, ni à des mesures, ni à des directions. Elle détermine exclusivement quels éléments peuvent être considérés comme appartenant ensemble.

Formellement, une topologie sur un ensemble X consiste en une famille de sous-ensembles de X satisfaisant trois propriétés : l'ensemble vide et l'ensemble total X en font partie, les réunions quelconques de ces sous-ensembles en font également partie, et les intersections finies en font également partie.

Dans les sections précédentes, c'est exactement une telle structure qui a été construite. Partant de l'ensemble X de tous les états sociétaux, certains sous-ensembles ont été distingués comme ouverts : ceux qui regroupent des états structurellement compatibles. Il a été montré que ces ensembles ouverts contiennent l'ensemble vide et X , sont fermés sous les réunions et restent fermés sous les intersections finies.

Ainsi, une topologie est définie sur X .

L'ensemble X muni de cette topologie est appelé espace topologique. Cet espace ne contient aucune information sur les séquences temporelles ou les mécanismes causaux. Il décrit exclusivement quels états sociétaux peuvent être pensés ensemble, lesquels sont structurellement compatibles entre eux et lesquels ne le sont pas.

Concrètement, cela signifie : l'espace topologique permet de traiter les ordres sociétaux comme des régions connexes, de décrire les transitions comme des passages entre de telles régions et de nommer formellement les incompatibilités, sans émettre d'assertions sur la dynamique, la vitesse ou la direction.

L'espace topologique constitue ainsi le cadre structurel au sein duquel le développement historique peut être thématiqué de manière précise.

3.9. Pourquoi aucune structure supplémentaire

L'espace topologique décrit exclusivement les voisinages structurels entre états sociétaux. Il ne fait aucune assertion sur la distance entre deux états, la direction dans laquelle une évolution se déroule ou la vitesse à laquelle elle se produit.

En particulier, l'espace X n'est pas un espace métrique. Une métrique supposerait que les distances entre états sociétaux puissent être mesurées de manière significative et univoque. Cela impliquerait que les différentes dimensions de E , S et R soient comparables, pondérables et additionnables. Or, pour les états sociétaux, il

n'existe pas d'échelle canonique sur laquelle de telles distances pourraient être déterminées.

De même, X n'est pas un espace vectoriel. Un espace vectoriel présuppose que les états puissent être combinés linéairement et qu'il existe des opérations significatives d'addition et de mise à l'échelle. Or, pour les états sociétaux, il n'existe aucune opération bien définie qui permettrait de fusionner deux ordres en une moyenne ou d'interpoler un ordre de manière continue.

Le renoncement aux structures métriques ou algébriques n'est donc pas un défaut, mais une décision méthodologique délibérée. Toute structure supplémentaire imposerait des hypothèses de comparabilité, de linéarité ou de proportionnalité qui ne sont pas justifiables historiquement.

La topologie représente la structure mathématique minimale nécessaire pour parler de manière précise des ordres sociétaux, de leur appartenance commune et de leur délimitation. Tous les concepts ultérieurs ne sont introduits que là où ils sont substantiellement nécessaires et formellement justifiés.

3.10. Époques, ruptures et ordres structurels

Les concepts développés jusqu'ici permettent déjà de décrire avec précision des phénomènes historiques centraux. En particulier, les époques historiques, les ruptures ainsi que les phases de transition peuvent être saisies formellement, sans recourir à des récits centrés sur les événements.

Les époques historiques peuvent être comprises comme des ensembles ouverts. Elles englobent des familles d'états sociétaux qui sont structurellement compatibles. À l'intérieur d'un tel ensemble ouvert, les réalisations concrètes de R peuvent se modifier sans que l'ordre fondamental soit quitté. Réformes, crises et déplacements de pouvoir sont alors des mouvements internes au sein du même espace ouvert.

Une rupture historique ne se situe pas là où il se passe particulièrement beaucoup de choses, mais là où l'ordre existant ne peut structurellement plus être poursuivi. Topologiquement, cela signifie qu'il n'existe plus d'ensemble ouvert contenant à la fois l'état antérieur et sa continuation. La rupture apparaît alors comme un changement abrupt, bien que ses conditions aient souvent émergé sur le long terme.

L'introduction de l'imprimerie offre un exemple parlant. Pendant longtemps, les nouvelles possibilités techniques de l'impression ont existé parallèlement aux structures institutionnelles et culturelles en place. Cette phase peut être décrite comme une intersection d'ensembles ouverts : des états dans lesquels des logiques anciennes et nouvelles sont simultanément à l'œuvre. Ni le Moyen Âge n'avait pris fin de manière abrupte, ni les Temps modernes n'étaient déjà établis.

Ce n'est que lorsque la compatibilité structurelle entre la diffusion massive des textes et les ordres existants ne put plus être maintenue qu'une rupture survint. La Réforme ne marque pas une origine, mais un point de déstabilisation visible. La véritable rupture réside dans

l'impossibilité de continuer à prolonger de manière incrémentale l'ordre en vigueur.

L'opération de réunion permet de considérer conjointement différentes époques ou différents ordres à un niveau d'abstraction supérieur. Ainsi, des états historiques très différents peuvent être regroupés sous un concept commun, dès lors qu'ils n'ont pas besoin d'être distingués davantage pour une question donnée. L'intersection, en revanche, permet de nommer avec précision des constellations hybrides dans lesquelles plusieurs logiques d'ordre sont simultanément valides.

Il apparaît ainsi clairement que, même sans énoncé sur la dynamique ou le temps, l'approche topologique permet de distinguer et de nommer formellement la continuité historique, les ruptures et les phases de transition. Les concepts d'ensemble ouvert, de réunion et d'intersection suffisent pour saisir avec précision les structures centrales de l'histoire.

Question finale. La topologie développée jusqu'ici décrit quels états sociétaux vont ensemble et comment les ordres se délimitent les uns des autres. Elle distingue des espaces ouverts, leurs réunions et leurs superpositions, sans émettre d'assertions sur l'évolution ou la causalité.

Cependant, même sans dynamique, une question supplémentaire se pose : lesquels de ces ordres sont stables, où se situent leurs limites, et comment peut-on formaliser le fait que des états se concentrent autour de certaines structures ou échouent à leur contact ?

4. Continuité, convergence et surfaces limites

4.1. Problème

La topologie développée jusqu'ici décrit quels états sociétaux sont apparentés et quels ordres sont délimités les uns des autres. Les ensembles ouverts regroupent des états structurellement compatibles, leurs unions et intersections permettent l'abstraction et la superposition. Cette structure est entièrement statique.

Ce que cette description ne saisit pas encore, c'est la stabilité. La topologie seule ne distingue pas entre des ordres capables de perdurer sur de longues périodes et ceux qui n'apparaissent que de manière éphémère. Elle ne dit rien sur la question de savoir si des états se rassemblent à l'intérieur d'un ordre, s'ils s'accumulent à ses frontières ou si certaines configurations sont structurellement favorisées.

Historiquement, cette distinction est pourtant centrale. Certains ordres sociétaux se révèlent extraordinairement durables, d'autres se désagrègent rapidement ou restent instables. Ces différences ne peuvent s'expliquer par la seule appartenance à un ensemble ouvert.

Pour décrire ces phénomènes avec précision, il faut des concepts supplémentaires qui relèvent de la topologie elle-même. Ces concepts

doivent saisir la stabilité, la délimitation et la proximité structurelle, sans formuler d'emblée des énoncés sur les causes, les évolutions temporelles ou la dynamique.

L'objectif de ce chapitre est donc d'introduire les concepts topologiques nécessaires permettant de décrire la stabilité et les zones limites des ordres sociétaux, avant que l'étape suivante n'interroge les forces motrices du changement.

4.2. Ensembles fermés

Dans un espace topologique, les ensembles fermés ne sont pas définis de manière indépendante, mais comme compléments d'ensembles ouverts. Si $U \subseteq X$ est un ensemble ouvert, alors son complément

$$X \setminus U$$

est un ensemble fermé.

Transposé à l'espace des états sociétaux considéré ici, cela signifie : à chaque ensemble ouvert décrivant un ordre déterminé correspond un ensemble fermé qui comprend tous les états n'appartenant plus à cet ordre. L'ensemble fermé marque ainsi l'extérieur du domaine de validité de l'ordre considéré.

Les ensembles fermés sont, dans ce modèle, définis négativement. Ils ne sont pas décrits par des propriétés internes, mais exclusivement par leur délimitation par rapport à un ensemble ouvert.

En conséquence, ils sont largement indéterminés et épistémiquement inaccessibles. En règle générale, un ensemble fermé comprend une partie prépondérante de X , puisque les ensembles ouverts ne décrivent qu'une portion très restreinte et structurellement cohérente de l'espace des états total. Il n'est ni nécessaire ni possible de caractériser entièrement les états contenus dans un ensemble fermé.

La fonction des ensembles fermés ne réside pas dans leur analyse substantielle, mais dans leur effet délimitant. Ils définissent où un ordre prend fin, sans formuler d'énoncés sur ce qui se trouve au-delà de cette limite. Les ensembles fermés ne sont ni des espaces cibles ni des descriptions d'états futurs, mais des marqueurs formels du structurellement non-appartenant.

Les ensembles fermés permettent ainsi une distinction précise entre les états qui peuvent être décrits de manière pertinente à l'intérieur d'un ordre et ceux qui se situent en dehors de son domaine de validité. Ils constituent le préalable nécessaire pour saisir formellement les zones limites et les zones de transition.

4.3. Bord et surfaces limites

Pour tout sous-ensemble $U \subseteq X$, on peut définir en topologie son bord. Le bord d'un ensemble U , noté ∂U , est constitué de exactement les états qui ne se trouvent ni clairement à l'intérieur de U ni clairement à l'extérieur de U .

Formellement, le bord d'un ensemble est défini comme la différence entre son adhérence et son intérieur. Il comprend les points dans le voisinage desquels se trouvent à la fois des états appartenant à U et des états appartenant à son complément.

Transposé aux ordres sociétaux, le bord décrit la zone limite d'un ensemble ouvert. Ce sont les états qui appartiennent encore à l'ordre, mais pour lesquels apparaissent déjà des conditions qui ne sont plus que partiellement compatibles avec celui-ci. Le bord constitue ainsi la zone de transition entre l'intérieur d'un ordre et son extérieur structurel.

Contrairement aux ensembles fermés, le bord fait encore formellement partie de l'espace des états descriptible. Topologiquement, il est approchable par des états provenant de l'intérieur d'un ordre. En ce sens, le bord est accessible.

En pratique cependant, les états de bord se révèlent fréquemment épistémiquement instables. C'est précisément là où un ordre atteint ses limites structurelles que s'effondrent les concepts et les institutions par lesquels il se décrit lui-même. Les états de bord constituent ainsi souvent des singularités mathématiques du modèle : ils sont formellement définissables, mais se soustraient à une description substantielle stable.

Le bord ne décrit cependant encore aucune transition ni aucun mouvement. Il marque simplement qu'un ordre perd sa pleine validité. La question de savoir si les états au bord sont stabilisés, ramenés en arrière ou abandonnés ne peut être tranchée par le seul

concept de bord. Celui-ci identifie le lieu de la tension structurelle, non sa résolution.

4.4. Convergence

Dans un espace topologique, la convergence désigne la propriété d'une suite ou d'un réseau de points de se rapprocher d'un point déterminé. Le concept de convergence ne présuppose aucune métrique et ne formule aucun énoncé sur les distances, les vitesses ou les déroulements temporels. Il décrit exclusivement un rapprochement structurel à l'intérieur de l'espace.

Transposée aux états sociétaux, la convergence signifie que différents états s'alignent dans leur structure et se rassemblent au voisinage de certaines configurations. Ce rapprochement est purement formel : il décrit le fait que des états présentent des propriétés structurelles de plus en plus similaires, sans expliquer pourquoi cela se produit ni si ce processus est achevé.

Formellement, la convergence au sens topologique signifie ce qui suit : Il existe une suite d'états sociétaux

$$(x_i)_{i \in \mathbb{N}}, \quad x_i \in X,$$

et un état $x \in X$, tels que pour tout voisinage ouvert U de x , à partir d'un certain indice N , tous les termes de la suite se trouvent dans ce voisinage,

$$\exists N \in \mathbb{N} \forall i \geq N : x_i \in U.$$

Cette définition ne formule aucun énoncé sur ce qui engendre la suite, dans quel ordre ou à quelle vitesse elle est parcourue, ni si elle peut recevoir une interprétation temporelle. Elle décrit exclusivement un rapprochement structurel dans l'espace des états.

La convergence est ainsi un concept de stabilité, non de dynamique. Un état vers lequel de nombreux autres états convergent est structurellement favorisé, sans que l'on puisse en déduire une cause ou une finalité. La convergence décrit un motif, non un mouvement.

Historiquement, la convergence peut s'observer dans la formation d'ordres sociétaux stables. Des états initiaux différents peuvent, au cours de leur développement, se rapprocher de structures institutionnelles, organisationnelles ou juridiques similaires, sans que ce rapprochement soit planifié centralement ou consciemment visé.

Il est important de noter que la convergence ne formule aucun énoncé sur des points terminaux. Il n'est pas nécessaire qu'un état soit atteint ou fixé. Ce qui est déterminant, c'est uniquement que des états se concentrent structurellement sur certaines régions de l'espace topologique.

Le concept de convergence permet ainsi de décrire la stabilité à l'intérieur d'un ordre, sans formuler d'emblée des énoncés sur les transitions, les ruptures ou les forces motrices. Celles-ci ne seront introduites que dans les chapitres ultérieurs.

4.5. Continuité

En topologie, la continuité ne décrit pas un mouvement, mais une compatibilité structurelle des transitions. Une application entre espaces topologiques est continue lorsque les images réciproques d'ensembles ouverts sont des ensembles ouverts.

Formellement, cela peut être formulé comme suit : Une transition entre états est continue si, pour tout état considéré $x \in X$ et tout voisinage ouvert U de x , toutes les variations suffisamment petites de l'état se trouvent également dans U .

Topologiquement, cela signifie qu'il n'existe pas de plus petite modification bien définie. Il existe au contraire des graduations arbitrairement fines d'états à l'intérieur du même ensemble ouvert. Les « pas infiniment petits » ne sont pas, en ce sens, des distances mesurables, mais des modifications structurelles arbitrairement fines qui ne quittent pas l'appartenance à l'ordre.

Transposé à l'espace des états sociétaux considéré ici, la continuité signifie : Une transition entre états est continue si et seulement si de petites variations structurelles restent à l'intérieur d'un ordre. Tant que les états ne se déplacent qu'à l'intérieur du même ensemble ouvert, l'ordre fondamental est préservé.

La continuité décrit ainsi le changement incrémental. Les institutions sont adaptées, les pratiques modifiées, les règles ajustées, sans que les mécanismes de pilotage ou les conditions environnementales sous-jacents soient fondamentalement remis en question.

Historiquement, cela correspond aux réformes, aux optimisations et aux transformations graduelles à l'intérieur d'une époque.

Les transitions non continues sont en revanche des ruptures. Elles quittent tout voisinage ouvert de l'état initial et conduisent dans un autre ordre. De telles transitions ne peuvent être décrites comme le prolongement de développements existants. Elles marquent des discontinuités structurelles où les catégories existantes perdent leur pouvoir explicatif.

Le concept de continuité permet ainsi de distinguer précisément entre le changement à l'intérieur d'un ordre et le changement de l'ordre lui-même. Il rend visible que de nombreux processus historiques visent consciemment la continuité, tandis que les bouleversements se caractérisent précisément par le fait que la continuité ne peut plus être maintenue.

4.6. Ce que ces concepts rendent visible

Les ensembles fermés marquent l'extérieur d'un ordre, sans le décrire positivement. Une société paysanne de subsistance est un ensemble ouvert ; tous les états dans lesquels la division du travail, les marchés ou l'administration étatique jouent un rôle structurant – tout comme les interfaces cerveau-puce – appartiennent à son ensemble fermé, sans qu'il soit nécessaire de caractériser ces états individuellement.

Les surfaces limites marquent l'endroit où un ordre perd sa cohérence interne. Une société agraire prémoderne peut absorber

pendant longtemps la croissance démographique, les fluctuations climatiques ou les innovations locales. Ce n'est que lorsque ces changements ne peuvent plus être absorbés à l'intérieur des structures existantes que le bord est atteint. Il ne marque pas la transition, mais la fin de la réformabilité.

La convergence décrit le fait que des sociétés très différentes peuvent se rapprocher structurellement d'états similaires, sans que ce rapprochement soit intentionnel. L'exemple historique le plus parlant est la formation de l'État-nation moderne : malgré des points de départ culturels, religieux et politiques totalement différents, émergent partout des États territorialement délimités dotés d'une administration centrale, d'un ordre juridique unifié et d'un monopole de la violence revendiqué. Cet ordre agit comme un attracteur convergent dans l'espace des états sociétaux, sans que ses causes ou sa nécessité historique soient pour autant expliquées.

Les singularités désignent des états où les distinctions entre stabilité, bord et extérieur s'effondrent. En une singularité, il n'existe plus de voisinage ouvert permettant un ordre. Historiquement, de telles situations se manifestent comme des phases de désordre extrême : effondrement des institutions centrales, violence massive ou perte des mécanismes fondamentaux de coordination. La singularité n'est pas incompréhensible parce que le savoir fait défaut, mais parce que l'ordre lui-même ne fournit plus de structure viable.

Ensemble, ces concepts permettent de distinguer avec précision stabilité, épuisement, capacité de réforme et effondrement structurel – et rendent visible l'endroit où les descriptions sociétales butent nécessairement sur leurs propres limites.

4.7. Comment décrire aussi les organisations avec ces concepts

Le modèle développé jusqu'ici ne se limite pas aux sociétés dans leur ensemble. Chaque état sociétal $x \in X$ peut être restreint à des sous-ensembles arbitraires de la société. Outre les focalisations régionales ou temporelles, l'application aux organisations est particulièrement pertinente.

Les organisations peuvent en ce sens être décrites comme des états propres, enchâssés dans un ordre sociétal englobant. Elles disposent elles aussi d'un environnement E , de mécanismes de pilotage et de coordination S ainsi que de configurations institutionnelles et de pratiques concrètes R . Une entreprise, une administration ou un parti peut donc être modélisé comme un $x = (E, S, R)$ propre.

Les concepts topologiques introduits précédemment deviennent ainsi directement applicables aux organisations. Les ensembles ouverts décrivent des phases d'ordre organisationnel stable, dans lesquelles processus, rôles et circuits de décision sont alignés de manière cohérente. Tant que cet ordre porte, les organisations peuvent se développer de manière continue, par exemple à travers des réformes, des optimisations ou des ajustements incrémentaux.

La convergence au niveau organisationnel décrit des rapprochements structurels récurrents qui surviennent indépendamment des objectifs concrets, des personnes ou des contextes historiques. On peut citer par exemple la tendance à la bureaucratisation, à l'extension des fonctions administratives, au déplacement des fins vers les

moyens (goal displacement), à la formation de fonctions latentes, aux effets secondaires non intentionnels ainsi qu'à l'émergence d'oligarchies propres à l'organisation.

Ces phénomènes ne doivent pas être compris principalement comme des dérives. Ils résultent bien plutôt de la logique interne de la reproduction institutionnelle sous des conditions-cadres stables. Les organisations développent des structures qui assurent leur propre pérennité, stabilisent les processus de décision et réduisent la complexité. Dans la perspective topologique, ces développements apparaissent comme des mouvements de convergence à l'intérieur d'ensembles ouverts stables.

Des concepts tels que la loi de Parkinson, le goal displacement ou l'oligarchisation organisationnelle ne décrivent donc pas des pathologies singulières, mais des mouvements typiques dans l'espace des états des organisations. Ils marquent des attracteurs dont des organisations très différentes peuvent se rapprocher, tant que leurs conditions environnementales et leurs mécanismes de pilotage restent essentiellement constants.

Les surfaces limites marquent en revanche des situations dans lesquelles les ordres organisationnels perdent leur viabilité. Cela peut survenir par exemple en raison d'une complexité excessive, d'un déplacement des objectifs ou de changements externes de l'environnement. Dans ces zones de bord, l'ajustement continu devient de plus en plus impossible. Les décisions perdent leur efficacité, les boucles de rétroaction échouent, et l'organisation entre dans un état d'instabilité accrue.

La continuité au niveau organisationnel sépare ainsi la réforme de la rupture. Tant que les changements restent à l'intérieur d'un ensemble ouvert, l'organisation peut préserver son identité. Mais dès qu'une surface limite est franchie, surviennent des transitions non continues : restructurations, déplacements de pouvoir, scissions ou effondrements. Ces transitions sont structurellement comparables aux bouleversements sociétaux, mais se produisent à une échelle plus réduite.

L'application du modèle aux organisations montre que la topologie sociétale n'est pas seulement pertinente au niveau macrohistorique. Les mêmes concepts saisissent transitions, stabilités et ruptures à différents niveaux de l'ordre social. Les organisations n'apparaissent ainsi pas comme des cas particuliers, mais comme des instances localement focalisées du même espace structurel.

Question finale. La perspective topologique a montré comment les états sociétaux sont structurés, où les ordres sont valides, où ils prennent fin et comment réforme, épuisement et rupture deviennent formellement distinguables. Elle ne décrit cependant que la forme de l'espace, non son mouvement.

Une question centrale reste ainsi ouverte : Pourquoi les sociétés se rapprochent-elles de certains ordres, pourquoi persistent-elles pendant de longues périodes dans des états stables, et sous quelles conditions les quittent-elles à nouveau ? La topologie décrit où les transitions sont possibles ou impossibles, mais n'explique pas pourquoi elles se produisent.

Cette question dépasse la structure et requiert un concept supplémentaire.

5. X en tant qu'automate non déterministe

5.1. Motivation : de la structure au mouvement

La description topologique des états sociétaux développée jusqu'ici permet de distinguer avec précision les ordres, leur stabilité et leurs limites. Les ensembles ouverts décrivent des ordres cohérents, les surfaces frontières marquent leur épuisement, la continuité sépare la réforme de la rupture. Ces concepts expliquent où les transitions sont possibles ou impossibles.

Ce qu'ils n'expliquent pas, en revanche, c'est pourquoi les transitions ont lieu.

L'espace topologique X est structurel, mais inerte. Il ne contient aucune indication sur la raison pour laquelle une société quitte un état x , bien que celui-ci puisse encore être stable, ou sur la raison pour laquelle elle effectue une transition vers un autre état x' , bien que celle-ci soit associée à des risques, des pertes ou de l'incertitude. La topologie décrit des possibilités, mais pas de mouvement.

Historiquement, cette lacune est décisive. Les sociétés persistent souvent pendant de longues périodes dans des ordres, bien que des alternatives existent. Dans d'autres cas, elles effectuent des transitions abruptes, bien que les structures existantes semblent encore

fonctionnelles. Ni la stabilité ni l'instabilité seules n'expliquent ces décisions.

La notion de convergence ne suffit pas non plus à cet effet. La convergence décrit un rapprochement, mais pas une force motrice. Elle rend visible le fait que des états s'accumulent, mais n'explique pas pourquoi cette accumulation se produit ni pourquoi elle se traduit en mouvement.

Ce qui manque encore, c'est une description formelle du mouvement historique. En particulier, la question reste ouverte de savoir comment, parmi plusieurs états successeurs structurellement possibles, un cours historique concret émerge.

Une approche naturelle consisterait à introduire une variable temporelle explicite t et une dynamique dépendante du temps. Le développement sociétal pourrait alors être modélisé comme une trajectoire dans l'espace des états.

Cette approche est formellement possible, mais se révèle conceptuellement faible pour la description historique. Le temps physique est continu, homogène et donné de manière externe. Le développement historique, en revanche, est discontinu, dépendant de l'état et caractérisé par de longues phases de persistance ainsi que de courtes phases de réorganisation rapide. Une grille temporelle uniforme n'apporte ici aucun pouvoir explicatif supplémentaire.

Les tentatives de discrétisation du temps conduisent soit à des découpages arbitraires, soit ne font que reproduire la succession de changements d'état déjà identifiés. Le temps n'est alors pas expliqué, mais déduit de la séquence des états.

C'est pourquoi une autre approche est choisie dans ce qui suit. Le mouvement n'est pas décrit comme une fonction du temps, mais comme une succession de transitions entre états. Le focus se déplace d'une dynamique paramétrée par le temps vers une description structurelle des transitions possibles et de leur réalisation.

Le développement historique apparaît ainsi comme un chemin à travers un espace d'états discret. Le temps résulte implicitement de la séquence des transitions réalisées et non comme une grandeur de modèle autonome.

5.2. L'espace des états comme automate non déterministe

L'espace des états sociétaux X est interprété dans ce qui suit comme un automate fini non déterministe (NFA). Cette modélisation permet de décrire le mouvement sans variable temporelle explicite et sans règles de transition déterministes.

Un état $x \in X$ représente un ordre sociétal cohérent au sens topologique développé précédemment. Les transitions entre états ne sont pas déterminées de manière univoque, mais comprises comme un ensemble d'états successeurs possibles. Formellement, l'automate se compose de :

- un ensemble fini d'états X ,
- une relation de transition

$$\Delta \subseteq X \times X,$$

— ainsi qu'un état initial distingué $x_0 \in X$.

Pour chaque état $x \in X$, on a :

$$\Delta(x) = \{x' \in X \mid (x, x') \in \Delta\} \neq \emptyset.$$

L'ensemble des états successeurs possibles n'est donc jamais vide. Le modèle ne connaît ni états finaux ni fin de l'histoire. Le développement sociétal peut stagner, osciller ou se transformer, mais il ne s'interrompt pas.

Cette non-vacuité est garantie en particulier par les auto-transitions. Pour chaque état x ,

$$(x, x) \in \Delta$$

est admissible. La persistance n'est ainsi pas modélisée comme une absence de mouvement, mais comme une transition explicite.

L'automate est non déterministe : à partir d'un état x , aucun état suivant n'est déterminé de manière univoque. Plusieurs transitions peuvent être simultanément admissibles, sans que le modèle ne détermine laquelle d'entre elles est réalisée.

L'automate ne contient ni temps, ni hypothèse de progrès, ni fonction d'évaluation. Il décrit exclusivement quelles transitions sont structurellement possibles. Lesquelles de ces possibilités sont réalisées reste dans un premier temps ouvert.

Le NFA constitue ainsi la description minimalement structurée du mouvement historique : il saisit l'ouverture, le non-déterminisme et la stabilité, sans formuler d'hypothèses supplémentaires sur les causes, les objectifs ou les vitesses.

5.3. De la relation de transition à la chaîne de Markov

L'automate non déterministe décrit quelles transitions entre états sociétaux sont possibles. Il ne contient cependant aucune indication sur la plausibilité ou la fréquence de ces transitions. Toutes les transitions admissibles sont initialement équivalentes.

Pour décrire plus précisément le mouvement historique, la relation de transition Δ est maintenant munie de probabilités. L'automate non déterministe devient ainsi une chaîne de Markov.

Formellement, à chaque transition $(x, x') \in \Delta$ est assignée une probabilité de transition

$$P(x \rightarrow x') \in [0, 1]$$

de sorte que pour chaque état $x \in X$:

$$\sum_{x' \in \Delta(x)} P(x \rightarrow x') = 1.$$

Les probabilités sont dépendantes de l'état, mais non dépendantes du temps. La propriété de Markov signifie : la probabilité de l'état suivant dépend exclusivement de l'état actuel x , et non du chemin parcouru auparavant.

Le mouvement historique est ainsi modélisé comme un processus stochastique. À partir d'un état x , plusieurs états successeurs

possibles s'offrent, mais avec des probabilités différentes. L'auto-transition $x \rightarrow x$ reçoit également une probabilité explicite et modélise la persistance dans un ordre.

Il est important de noter que ces probabilités ne représentent pas des décisions conscientes. Ce ne sont ni des règles d'action, ni des préférences, ni des objectifs. Elles condensent simplement l'inertie structurelle, la stabilité institutionnelle et les forces implicites qui favorisent ou inhibent une transition.

La chaîne de Markov ne décrit donc pas ce qui devrait se passer, mais comment les états sociétaux se poursuivent typiquement sous des conditions structurelles données. Elle fournit un langage formel pour la plausibilité historique, sans engendrer de déterminisme.

En même temps, le modèle reste ouvert : la chaîne de Markov décrit une distribution de futurs possibles, non un cours unique. Laquelle de ces possibilités est réalisée n'est toujours pas déterminée.

5.4. Pression sociétale et probabilités de transition constantes

L'introduction d'une chaîne de Markov suggère de concevoir les probabilités de transition comme variables. Intuitivement, on a l'impression que la pression sociétale s'accumule : plus longtemps une société persiste dans un état, plus une transition vers un autre état y semble probable.

Cette image intuitive est cependant mathématiquement trompeuse. Dans la modélisation utilisée ici, les probabilités de transition

$$P(x \rightarrow y)$$

sont constantes. Elles ne changent pas avec le nombre d'étapes déjà parcourues et ne dépendent pas du passé. Le temps n'émerge pas d'une modification des poids, mais exclusivement du déroulement continu de la chaîne.

Une question centrale se pose donc : comment modéliser la pression sociétale empiriquement observable, si les probabilités de transition elles-mêmes restent invariantes ?

La réponse est que la pression n'est pas modélisée comme une mémoire de la dynamique, mais comme une composante de l'espace des états.

Nous introduisons à cet effet une relation

$$\sim \subseteq X \times X$$

qui exprime l'*égalité structurelle*. Intuitivement, $x \sim x'$ si les deux états réalisent le même ordre sociétal au sens de S et R et sont donc associés au même ensemble ouvert, mais peuvent différer par des grandeurs de tension internes qui émergent au sein de cet ordre.

Formellement, cela peut être saisi en supposant une application

$$\pi : X \rightarrow \mathcal{O}$$

qui associe à chaque état une forme d'ordre (par exemple l'ensemble ouvert qu'il représente), et en définissant

$$x \sim x' \quad :\Leftrightarrow \quad \pi(x) = \pi(x').$$

La classe d'équivalence

$$[x] := \{x' \in X \mid x' \sim x\}$$

décrit alors tous les états portant le même ordre.

Au sein d'une telle forme d'ordre, un état varie cependant davantage. Nous ajoutons donc une coordonnée de pression

$$\delta : X \rightarrow D,$$

où D est un ensemble ordonné approprié (par exemple $D = \mathbb{R}_{\geq 0}$ ou un espace partiellement ordonné). Alors

$$x \sim x' \quad \text{et} \quad \delta(x') > \delta(x),$$

signifie que x' décrit structurellement le même ordre que x , mais avec une tension interne, une surcharge ou une instabilité plus élevée.

Une persistance sociétale ne doit donc pas être modélisée comme une auto-transition $x \rightarrow x$, mais comme une transition

$$x \rightarrow x' \quad \text{avec} \quad x \sim x' \quad \text{et} \quad \text{typiquement} \quad \delta(x') \geq \delta(x).$$

Du point de vue structurel, la société demeure dans le même ordre,

mais se déplace au sein de cet ordre à travers des états de tension croissante.

La propriété de Markov est entièrement préservée. La pression n'est pas une mémoire de la dynamique, mais une partie de l'état actuel. Les probabilités de transition ne dépendent toujours que de l'état momentané, c'est-à-dire en particulier de $\pi(x)$ et $\delta(x)$, et non du nombre de séjours antérieurs.

La pression sociétale n'est donc ni un compteur externe ni une variable temporelle supplémentaire. C'est une composante explicite de l'état. Le temps apparaît comme un parcours à travers l'espace des états, même lorsque l'ordre sociétal ne change pas, mais que seule sa charge interne augmente. Les transitions aux surfaces frontières n'émergent pas de probabilités variables, mais du fait qu'au sein d'un ordre, des états sont atteints pour lesquels d'autres transitions sont déjà plus probables dans le modèle.

5.5. Transitions sans état cible

Les transitions sociétales ne peuvent être raisonnablement comprises comme la recherche d'un état optimal. Le développement historique ne suit aucune connaissance d'un but ni aucune logique d'optimisation globale. Les sociétés ne se mettent pas en mouvement parce qu'elles savent où elles veulent aller, mais parce que la persistance dans l'état existant devient de plus en plus implausible.

Le mouvement ne naît pas d'une connaissance du but, mais de la comparaison. Une transition d'un état x à un état x' devient plus probable lorsque x' apparaît comme plus viable que x dans des conditions données ou attendues. Cette évaluation n'a besoin d'être ni explicite ni consciente. Elle peut être locale, partielle et contradictoire, et émerger de manière distribuée entre de nombreux acteurs.

Le focus analytique se déplace ainsi des états vers les transitions. Ce n'est pas l'état lui-même qui explique le changement historique, mais la relation entre deux états. Le mouvement émerge là où les ordres existants perdent leur plausibilité et où des constellations alternatives deviennent relativement plus connectables.

Cette connectabilité n'est pas normative. Elle n'implique aucun progrès, aucune amélioration morale et aucun but de l'histoire. Elle décrit simplement une tendance orientée : dans des circonstances comparables, la transition vers un autre état apparaît plus probable que le maintien dans l'état existant.

Dans la modélisation markovienne, cette logique ne se manifeste pas comme une règle de décision, mais comme une pondération des transitions. Les probabilités de transition codent quels mouvements sont typiquement plausibles sous des conditions structurelles données, sans déterminer quelle transition est réalisée.

5.6. La fitness comme lecture relationnelle des transitions

La chaîne de Markov munit les transitions d'états possibles de probabilités. Ces probabilités sont initialement purement formelles : elles indiquent la fréquence ou la plausibilité d'une transition sous des conditions structurelles données, sans l'interpréter quant à son contenu.

Une interprétation possible de ces probabilités de transition consiste à les lire comme l'expression d'une *fitness* relative des transitions. La fitness ne désigne ici aucune structure mathématique supplémentaire ni aucune dynamique autonome, mais une interprétation des probabilités déjà introduites.

En ce sens, une transition de x vers x' est compatible avec la fitness lorsqu'une probabilité comparativement élevée

$$P(x \rightarrow x')$$

lui est attribuée. La fitness ne décrit pas une qualité absolue d'un état, mais une préférence relationnelle entre les états successeurs possibles. La fitness n'est pas une dynamique, mais elle marque la direction dans laquelle les transitions deviennent systématiquement plus probables sous des conditions données.

Il est déterminant que cette préférence reste strictement locale. La chaîne de Markov n'ordonne pas les états globalement et ne définit pas d'optimum. Elle évalue exclusivement les voisinages accessibles

d'un état actuel x . Il n'existe ni meilleur état ni point cible du développement sociétal.

Dans cette lecture, un mouvement orienté émerge sans introduire de téléologie. Les transitions ne sont pas choisies, mais simplement rendues différemment plausibles. Une fitness élevée n'implique pas de nécessité et une faible fitness n'implique pas d'interdiction.

Les probabilités de transition ne représentent ni des décisions conscientes ni des calculs rationnels. Elles condensent des inerties structurelles, des stabilités institutionnelles, des contraintes technologiques et des rapports de pouvoir implicites en un schéma stochastique.

Aucune forme concrète de F n'est fixée. La relation peut impliquer des critères arbitraires, tels que la productivité, la stabilité, le pouvoir, la capacité de survie ou d'autres critères d'évaluation. Le modèle reste délibérément agnostique quant au contenu de la relation de fitness.

L'existence d'une relation de fitness suffit pour modéliser un mouvement orienté dans l'espace des états. Qu'une transition soit effectivement réalisée n'est pas encore décidé par là. La relation de fitness décrit une force motrice, non une dynamique. Elle explique pourquoi certaines transitions apparaissent plus probables que d'autres, sans déterminer quelle transition est effectivement réalisée.

Le non-déterminisme du modèle est entièrement préservé. La chaîne de Markov délimite l'espace des futurs possibles sans le réduire à un seul chemin. La fitness agit de manière directrice, non décisive.

5.7. Ce que la fitness n'est pas

Pour éviter les malentendus, il est nécessaire de clarifier explicitement ce que la fitness ne signifie *pas*.

L'introduction d'une relation de fitness pourrait suggérer que le changement sociétal suit un processus d'optimisation déterministe. Si c'était le cas, une société choisirait à chaque instant aveuglément la transition promettant le gain de fitness immédiat le plus élevé. Le développement historique pourrait alors être décrit comme un algorithme glouton ou une procédure de hill-climbing qui optimise toujours localement.

Un tel déterminisme n'est cependant ni empiriquement tenable ni théoriquement nécessaire. La relation de fitness n'est pas une règle de décision, mais une relation d'évaluation. Elle n'ordonne pas les transitions de manière univoque et ne produit pas un futur singulier. Dans presque toutes les situations réalistes, il existe simultanément plusieurs états successeurs compatibles avec la fitness, qui apparaissent comme viables dans les conditions données.

Premièrement, la fitness n'est pas une fonction d'optimisation globale. Elle n'ordonne pas les états de manière absolue et ne définit pas de maximum. Il n'existe ni meilleur état ni but de l'histoire. La chaîne de Markov ne produit explicitement aucun ordre de rang sur X , mais seulement des préférences locales entre les états successeurs accessibles. Le développement sociétal ne suit donc aucun problème d'optimisation.

Deuxièmement, la fitness n'implique pas de téléologie. Qu'une transition soit plus probable qu'une autre ne signifie pas qu'elle serait nécessaire, sensée ou historiquement intentionnelle. La fitness décrit des tendances orientées, non des finalités. Le modèle ne connaît aucune vision téléologique, aucune notion de progrès et aucune direction normative.

Troisièmement, la fitness n'est pas une règle de décision. Les probabilités de transition ne représentent ni des décisions conscientes d'acteurs, ni une rationalité collective, ni une volonté agrégée. Elles condensent des conditions structurelles, non des actes de choix intentionnels. Dans le modèle, les sociétés n'agissent pas, elles se meuvent.

Quatrièmement, la fitness n'est pas une dynamique. Elle ne détermine ni quand une transition a lieu, ni à quelle vitesse elle s'effectue. La structure temporelle de l'histoire émerge exclusivement du chemin réalisé, non d'une modification temporelle des probabilités.

Enfin, la fitness n'est pas un principe cyclique. Le modèle ne contient ni compteur, ni phase, ni logique de récurrence. Le fait que des sociétés persistent pendant de longues périodes dans des états similaires ou atteignent de manière répétée des surfaces frontières similaires n'est pas l'expression d'un cycle, mais le résultat d'une similarité structurelle dans l'espace des états.

La fitness n'explique donc pas ce qui *devrait* se passer, mais seulement *pourquoi* certaines transitions apparaissent plus plausibles que

d'autres dans des conditions données. Elle délimite les possibilités sans les déterminer.

5.8. Le chemin historique réalisé

Les concepts introduits jusqu'ici décrivent l'espace des développements sociétaux possibles. L'automate non déterministe définit quelles transitions sont en principe admissibles. La chaîne de Markov munit ces transitions de probabilités.

L'ensemble ne décrit cependant pas encore l'histoire elle-même, mais seulement son espace des possibles.

Le passé humain effectif est un chemin unique, concrètement réalisé à travers cet espace. Formellement, c'est une suite

$$(x_0, x_1, x_2, \dots),$$

où pour chaque i , la transition

$$x_i \rightarrow x_{i+1}$$

est permise dans l'automate et munie d'une probabilité positive dans la chaîne de Markov.

Ce chemin n'est ni nécessaire ni optimal. C'est une réalisation parmi beaucoup de possibles. D'autres chemins auraient été possibles sous les mêmes conditions structurelles, mais n'ont pas été réalisés.

L'histoire n'est donc pas un objet du modèle, mais un résultat de son application.

Il est important de noter que le chemin réalisé ne possède aucune structure supplémentaire. Il ne contient aucune information sur les alternatives qui existaient, les transitions qui furent serrées ou les développements qui auraient presque eu lieu. Tout cela n'est visible que dans le modèle, non dans le cours réalisé lui-même.

Le temps historique n'émerge pas dans ce cadre d'une horloge externe, mais de la progression le long de ce chemin. Le temps est l'ordre des états, non un paramètre supplémentaire.

5.9. Déterminisme rétrospectif

Le chemin historique réalisé produit rétrospectivement l'impression de nécessité. Dès qu'une succession d'états s'est produite, elle apparaît comme sans alternative, tandis que les transitions non réalisées disparaissent de la représentation historique.

Cette nécessité n'est pas une caractéristique structurelle du modèle, mais un effet de la narration. Le chemin réalisé ne contient aucune information sur les alternatives qui existaient ou sur leur probabilité. La contingence est remplacée rétrospectivement par la causalité.

Le modèle sépare explicitement ces niveaux. Structurellement, il existe toujours un espace de transitions possibles avec des probabilités différentes. Historiquement, exactement un chemin est réalisé. La narrativité n'émerge qu'après cette sélection.

Le déterminisme est ainsi un phénomène non pas ontologique, mais narratif. L'histoire est orientée et descriptible de manière stable, sans être nécessaire ni téléologique.

5.10. Ce que ce modèle ne fait pas

Le modèle est délibérément maintenu minimal. Il n'est pas téléologique : il n'y a ni état cible ni critère de progrès. Il n'est pas déterministe : même des transitions à haute probabilité n'ont pas à être réalisées. Il n'est pas cyclique : des schémas récurrents peuvent apparaître, mais ne sont pas structurellement imposés. Il ne décrit pas de décisions d'acteurs : les probabilités de transition ne sont pas des préférences, mais de l'inertie structurelle condensée. Et il ne constitue pas une dynamique complète : quand et à quelle vitesse une transition s'effectue reste ouvert.

5.11. Ce que l'on peut penser avec ce modèle

Avec la modélisation du développement sociétal comme chemin à travers un espace d'états non déterministe, le regard se déplace des états vers les transitions. Ce qui est déterminant n'est pas la nature d'un état, mais quelles transitions sont plausibles, bloquées ou improbables à partir de celui-ci. Le mouvement historique émerge là où la persistance dans l'état existant perd en plausibilité relativement aux alternatives accessibles. Ce n'est pas la connaissance d'un but qui anime l'histoire, mais la comparaison.

Le modèle permet en outre de situer différentes approches de philosophie de l'histoire et de sciences sociales sur un plan formel commun. Les théories économiques, politiques, culturelles ou normatives ne décrivent pas des mondes historiques différents, mais des pondérations différentes du même espace de transitions. Elles expliquent pourquoi certaines transitions étaient considérées comme plausibles et d'autres non — sans qu'aucune de ces perspectives ne puisse déterminer de manière univoque le chemin historique.

Le modèle sépare ainsi strictement l'espace du possible, la distribution du plausible et l'unique cours réalisé. Il permet de penser l'histoire comme orientée mais ouverte : ni arbitraire, ni nécessaire.

Question finale. Le modèle décrit comment le développement historique émerge comme un chemin à travers un espace d'états possibles, sans déterminisme ni hypothèses téléologiques. Il n'explique cependant pas encore pourquoi certaines transitions sont favorisées, retardées ou empêchées.

Comment se déterminent, dans ce cadre, la direction et la vitesse du mouvement sociétal ? Quels mécanismes stabilisent les ordres, lesquels poussent les transitions en avant, et pourquoi les changements historiques ne se déroulent-ils ni de manière arbitraire ni de manière uniforme ?

6. Direction et vitesse du mouvement sociétal

6.1. Le problème de la réalisation

La modélisation du développement sociétal comme automate non déterministe et comme chaîne de Markov décrit quelles transitions entre états sociétaux sont structurellement possibles et quelle est la plausibilité respective de ces transitions.

Cela n'explique cependant pas encore comment les sociétés se meuvent effectivement.

En particulier, deux questions restent ouvertes. Premièrement : lorsque plusieurs états successeurs avec une probabilité de transition positive sont accessibles depuis un état donné, qu'est-ce qui détermine lequel de ces états se réalise ? Deuxièmement : qu'est-ce qui détermine la vitesse du mouvement sociétal, et pourquoi le changement ne s'accomplit-il ni arbitrairement vite ni ne reste-t-il durablement absent ?

L'automate non déterministe décrit l'ouverture, la chaîne de Markov la plausibilité structurelle ; les deux ensemble suggèrent des développements possibles, sans toutefois imposer un déroulement concret.

Historiquement, cette lacune est centrale. Les sociétés persistent souvent pendant de longues périodes dans des ordres établis, bien

que d'autres états soient accessibles et plausibles. Dans d'autres situations, des transitions abruptes surviennent, dont la direction et la vitesse concrètes ne sont pas explicables par la seule probabilité de transition.

Il faut donc un cadre conceptuel supplémentaire qui décrive comment, à partir de la possibilité structurelle et de la plausibilité probabiliste, émerge un mouvement historique concret : comment direction et vitesse se forment au sein d'un processus ouvert et non déterministe.

6.2. Direction sans connaissance du but

Lorsque plusieurs états successeurs avec une probabilité de transition positive sont accessibles depuis un état donné, se pose la question de la direction dans laquelle une société se meut effectivement.

Cette direction ne résulte pas d'un choix entre des alternatives explicitement comparées. Les sociétés ne se meuvent pas en pesant des futurs possibles et en se décidant consciemment pour l'un d'entre eux. Elles agissent, administrent, produisent, communiquent et réagissent au sein de leur ordre existant.

De cette opération continue émerge une transition vers un nouvel état, sans que celui-ci ait nécessairement été formulé comme objectif ou consciemment visé comme développement. La direction n'est donc pas le résultat d'une décision, mais un résultat émergent d'une auto-coordination permanente.

Des millions d'adaptations locales, de routines et de rétroactions s'imbriquent les unes dans les autres. Certaines trajectoires de développement se renforcent, d'autres perdent leur capacité de connexion. La transition réalisée apparaît souvent rétrospectivement comme nécessaire, alors que prospectivement elle n'était qu'une parmi plusieurs possibilités plausibles.

Cette auto-coordination ne présuppose ni espace public délibératif ni formation centralisée de la volonté. Elle peut se manifester dans des discours explicites, mais tout aussi bien dans des pratiques implicites, des règles institutionnelles, des rapports de pouvoir ou des normes informelles. Les systèmes fortement centralisés peuvent également être décrits dans ce cadre ; ils ne constituent pas un cas particulier, mais un point extrême des formes possibles de coordination.

La direction émerge ainsi à l'intérieur de l'espace des possibles ouvert par l'automate et la chaîne de Markov, sans être déterminée par une règle d'évaluation. Les probabilités de transition délimitent quels développements sont plausibles. Lesquels d'entre eux se réalisent résulte de la logique interne de l'ordre existant lui-même.

6.3. La vitesse comme propriété structurelle

Outre la direction, se pose la question de la vitesse du mouvement sociétal. Même lorsque des transitions sont structurellement pos-

sibles et probabilistiquement plausibles, il n'en découle pas qu'elles s'accomplissent immédiatement ou rapidement.

Les ordres sociétaux possèdent une capacité prononcée de persistance. Ils reproduisent leurs propres structures, rôles et attentes sur de longues périodes. Cette persistance n'est pas un état passif, mais le résultat d'une stabilisation active : des règles sont appliquées, des routines répétées, des institutions perpétuées.

Dans le modèle, cela correspond à des transitions où un état passe à des états structurellement similaires ou quasi identiques. Comme développé dans le chapitre précédent, cela est formalisé par la relation d'équivalence

$$x \sim x'$$

qui exprime que les deux états réalisent le même ordre.

La vitesse n'est donc pas comprise comme un mouvement le long d'un axe temporel, mais comme une propriété structurelle de la suite des transitions. Une société change lentement lorsque de nombreuses transitions s'effectuent au sein de la même classe d'équivalence $[x]$. Elle change rapidement lorsque les transitions vers des états $x' \not\sim x$, situés en dehors de l'ordre antérieur, deviennent plus fréquentes.

La stabilité possède en cela une valeur propre. Elle permet la prévisibilité, la coordination et la planification. Les rôles, attentes et obligations n'acquièrent de signification que s'ils sont fiables sur une certaine durée. Un ordre qui réalise immédiatement chaque nouvelle possibilité sape sa propre capacité de connexion.

En même temps, la vitesse n'est pas réductible à volonté. Lorsque l'environnement E se modifie ou que la pression interne s'accumule à travers la coordonnée de pression δ sur une longue période, la persistance durable peut elle-même devenir déstabilisante. L'adaptation n'est alors pas empêchée, mais simplement retardée, ce qui accélère et amplifie les transitions ultérieures.

Le mouvement sociétal n'est donc pas une optimisation unidimensionnelle, mais un équilibre permanent entre stabilisation et changement. Cet équilibre résulte des mécanismes internes de l'ordre existant, non d'une dynamique externe.

6.4. Structure formelle du mouvement

Le développement sociétal apparaît comme une suite

$$x_0 \rightarrow x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow \dots,$$

où chaque transition $(x, x') \in \Delta$ est structurellement autorisée et dotée d'une probabilité positive $P(x \rightarrow x') > 0$. Si $x \sim x'$, la société se meut au sein du même ordre ; si $x' \not\sim x$, il s'agit d'une transformation structurellement significative. Direction et vitesse émergent de la structure des transitions elles-mêmes. Le temps n'est pas une variable autonome, mais résulte implicitement du parcours de la suite.

6.5. Formation sociétale des attentes

Pour qu'une transition concrète émerge de la possibilité structurelle et de la plausibilité probabiliste, des processus sociétaux sont nécessaires, qui stabilisent, atténuent ou bloquent les attentes.

Ces processus opèrent au sein de l'ordre existant. Ils déterminent quels états successeurs possibles apparaissent pratiquement comme connectables et lesquels ne se réalisent pas malgré leur possibilité structurelle.

Les sociétés ne distinguent pas explicitement entre tous les états accessibles. Au lieu de cela, se forme un paysage implicite d'attentes : certains états font l'objet de spéculations, d'expérimentations ou d'anticipations, d'autres à peine ou pas du tout. Souvent, le seul horizon d'attente activement stabilisé est la persistance de l'état actuel lui-même.

Cette formation des attentes n'est pas nécessairement un processus conscient. Elle se manifeste dans les discours, les institutions, les routines, les rapports de pouvoir ou le contrôle corporel. Le modèle ne présuppose ni langage ni délibération.

Les boucles de régulation sociétales agissent doublement. Elles limitent la direction en ne rendant pratiquement accessibles qu'une partie des états atteignables. En même temps, elles influencent la vitesse en retardant, accélérant ou stabilisant les transitions sous forme d'auto-transitions.

Dans des cas limites, ces boucles de régulation peuvent s’effondrer ou échapper à tout contrôle. La sur-stabilisation conduit à une immobilité factuelle, la sur-dynamisation à une perte d’orientation. Entre ces extrêmes, chaque société négocie en permanence sa propre mobilité.

Le changement sociétal n’est donc ni le résultat d’un plan ni le simple fruit du hasard. Il émerge du couplage entre possibilité structurelle, plausibilité probabiliste et formation sociétale des attentes.

6.6. Localisation du discours dans l’état

La dynamique de la formation sociétale des attentes a été décrite jusqu’ici comme un processus qui renforce, atténue ou bloque les transitions. Ce qui manquait cependant explicitement, c’est la question de savoir où ce discours sociétal se situe dans le modèle.

Cette localisation n’est pas optionnelle. Elle est structurellement nécessaire.

Le discours sociétal ne peut pas se situer en dehors de l’espace des états et il ne peut pas être un mécanisme supplémentaire à côté de l’automate ou de la chaîne de Markov. S’il était externe, il influencerait les probabilités de transition sans être lui-même partie de l’état. Cela violerait la propriété de Markov et introduirait une structure de mémoire implicite.

Le discours doit donc faire partie de l’état actuel x .

Plus précisément : il est une composante de l'enchâssement institutionnel, sémantique et normatif $R(x)$. Le discours décrit quels états sont descriptibles, pensables et légitimables, quelles transitions apparaissent comme connectables et quelles attentes sont stabilisées ou délégitimées. Tout cela ne sont pas des transitions, mais des propriétés structurelles de l'ordre existant.

Il en résulte que : le discours ne se déroule pas *entre* les états, mais *dans* ceux-ci. Il n'est pas un moteur du mouvement, mais une partie de l'ordre d'où le mouvement émerge.

Lorsque le discours se modifie, c'est l'état x lui-même qui se modifie. Et c'est seulement par là que se modifient les probabilités de transition vers les états successeurs possibles x' . La dynamique reste markovienne : les probabilités de transition dépendent exclusivement de l'état actuel, non de l'histoire du discours.

Cette précision clôt le modèle. Le changement sociétal ne naît pas d'un débat externe sur les futurs, mais de la structure interne d'un ordre qui détermine quels futurs deviennent plausibles à partir de lui.

6.7. Portée analytique

Le modèle développé ici ne fournit ni programme explicatif ni théorie historique. Il met à disposition une structure formelle dans laquelle des approches très différentes peuvent être décrites au même niveau.

Différentes théories du changement sociétal peuvent être lues comme différentes pondérations au sein du même espace de transitions. Productivité, pouvoir, stabilité, sécurité, capacité de charge écologique ou capacité de reproduction institutionnelle n'apparaissent pas comme des explications concurrentes, mais comme différentes perspectives sur la même structure.

Le modèle rend compréhensible pourquoi le développement historique est orienté mais ouvert, pourquoi la stabilité apparaît comme rationnelle sans être nécessaire, et pourquoi des alternatives étaient réelles même si elles ne se sont pas réalisées.

En même temps, il sépare les énoncés structurels des programmes politiques ou normatifs. Les énoncés sur l'ordre, la désintégration ou la sécurité ne doivent pas nécessairement être lus comme des exigences, mais peuvent être compris comme des descriptions de propriétés dynamiques des systèmes sociétaux.

Il devient ainsi possible de comparer différentes traditions de pensée au même niveau analytique, sans les classer normativement ni les opposer les unes aux autres.

Ce chapitre clôt ainsi la description formelle du mouvement historique : le développement sociétal apparaît comme un chemin réalisé à travers un espace d'états ouvert, dont la direction et la vitesse émergent de sa structure, non d'hypothèses téléologiques ou de prescriptions temporelles.

Question finale. Si le mouvement sociétal n'est déterminé ni par des buts ni par le temps, mais émerge de la structure des

transitions possibles : à quoi peut-on reconnaître qu'un ordre est en train de perdre sa propre mobilité?

Deuxième partie

Le Problème de Coordination Cognitive

7. Le S historique : modèle de calcul et lisibilité

Dans la section 2.5, le concept S a été introduit comme l'ensemble des contraintes structurelles sous lesquelles un ordre social peut émerger. Cette définition est restée volontairement abstraite. Elle était suffisante pour développer le métamodèle formel, mais insuffisante pour rendre compréhensible sa portée historique.

Pour comprendre le développement social, il est nécessaire de reconstruire S non seulement formellement, mais aussi en tant qu'espace structurel effectif. Ce chapitre remplit précisément cette fonction. Il ne décrit aucun déroulement historique ni aucune succession d'institutions, mais analyse un état structurel initial et son instabilité nécessaire.

Au centre ne se trouve pas la question de savoir *comment* les sociétés étaient historiquement organisées, mais sous quelles conditions un ordre social sans mécanismes de médiation est possible en premier lieu. Ce chapitre reconstruit donc une constellation limite de lisibilité sociale complète et montre pourquoi cette constellation se brise nécessairement avec la croissance de la taille du groupe.

Le modèle utilisé ici se distingue explicitement des approches explicatives morales ou normatives. L'action n'est pas comprise comme l'expression d'une autonomie individuelle intemporelle, mais comme un mouvement au sein d'un espace des possibles structurellement limité. Ce n'est pas la motivation, mais la lisibilité

qui constitue la variable explicative centrale — la lisibilité d'un graphe social qui, avec la croissance de la taille de la société, devient un goulot d'étranglement structurel.

7.1. Le modèle de calcul

En informatique, tout système formel commence par un modèle explicite du matériel sous-jacent, par exemple une machine de Turing. De même, la description d'un ordre social nécessite un modèle de calcul clairement défini. Sans un tel modèle, il resterait indéterminé quelles opérations sont possibles, quels coûts elles engendrent et quelles solutions structurelles peuvent être réalisées de manière stable.

Dans le cas de la machine de Turing, les processus internes sont connus ; elle constitue un modèle boîte blanche, dans lequel les opérations de calcul peuvent être explicitement décrites et comptabilisées. Pour le cerveau humain, en revanche, les connaissances neurobiologiques manquent pour le modéliser formellement de manière comparable.

Dans un modèle boîte noire, il est toutefois possible de quantifier quels événements sociaux externes un être humain peut observer, traiter et intégrer dans son action. Le modèle fait ainsi délibérément abstraction des processus cognitifs internes et se concentre exclusivement sur des grandeurs épistémiquement accessibles.

Nous modélisons une société comme un graphe social

$$G = (V, E),$$

où chaque nœud $v \in V$ représente un être humain et chaque arête $e \in E$ décrit une relation sociale ou une interaction entre deux êtres humains.

Le graphe social est conceptuellement toujours à comprendre comme complet. Entre chaque paire d'individus existe potentiellement une relation sociale, que ce soit par interaction directe, observation, rumeur, dépendance ou conséquences indirectes d'actions. Formellement, on a donc :

$$E = \{\{u, v\} \mid u, v \in V, u \neq v\}.$$

La capacité de calcul humaine peut désormais être modélisée comme la capacité à observer et évaluer épistémiquement des arêtes dans ce graphe. Un être humain individuel ne peut appréhender et prendre activement en compte qu'un nombre limité de k arêtes sociales.

La valeur concrète de k est secondaire ; ce qui est décisif, c'est uniquement que k est fini. Les différences intra-individuelles de k peuvent être négligées dans le modèle. Par souci de simplicité, nous supposons un paramètre k globalement valide, sans restreindre la généralité structurelle des considérations suivantes.

7.2. Paradis : lisibilité sociale complète

Considérons d'abord une société suffisamment petite pour que chaque membre individuel puisse observer et évaluer l'ensemble des relations sociales de manière complète.

Formellement, cela signifie que la capacité d'observation individuelle k est supérieure ou égale au nombre total d'arêtes dans le graphe social :

$$k \geq |E| = \frac{|V|(|V| - 1)}{2}.$$

Pour une valeur exemplaire de $k = 150$, il en résulte une taille de groupe maximale de

$$|V| = 17, \quad \frac{17 \cdot 16}{2} = 136 < 150.$$

Dans un tel groupe, l'ensemble du graphe social est épistémiquement intégralement appréhendable pour chaque individu.

Dans cet état, chaque membre peut observer de manière autonome chaque arête sociale : interactions, coopérations, conflits ou violations de règles sont visibles pour tous. Le comportement des acteurs impliqués peut être immédiatement évalué, par exemple par l'approbation, le soutien, la désapprobation ou la sanction.

Il est essentiel de noter que ces évaluations elles-mêmes constituent des actions sociales et génèrent ainsi à leur tour des arêtes dans le graphe social. Chaque évaluation est à son tour observée par les autres membres et évaluée de nouveau. Formellement, chaque action fait l'objet de $|V| - 1$ observations supplémentaires.

Il en résulte un système entièrement rétrocouplé d'observation et d'évaluation mutuelles. On pourrait modéliser formellement ce processus comme un système d'apprentissage par renforcement, dans lequel les stratégies d'évaluation sont ajustées par rétroaction sociale. Une telle formalisation est ici omise pour des raisons de présentation.

Ce qui est décisif, c'est uniquement que sous ces conditions, une convergence stable des stratégies d'évaluation est à attendre. Les écarts sont immédiatement visibles, les corrections interviennent sans délai, et les erreurs d'évaluation systématiques sont difficilement stabilisables de manière durable.

Cet état de lisibilité sociale complète constitue une constellation limite : un ordre social dans lequel aucune médiation institutionnelle supplémentaire n'est requise. Tous les mécanismes sociétaux ultérieurs peuvent être lus comme des approximations, des abstractions ou des solutions de substitution à cet état.

7.2.1. Propriétés émergentes de la lisibilité sociale complète

L'appréhensibilité épistémique complète du graphe social n'est pas seulement une condition formelle. Elle engendre une série de propriétés stables qui ne découlent pas de normes ou d'institutions, mais directement de la structure elle-même.

Premièrement, l'action sous ces conditions est strictement locale et autonome. Chaque individu agit sur la base de ses propres obser-

vations et évaluations de l'ensemble du système. Aucune instance médiatrice, aucune délégation et aucune autorité externe ne sont nécessaires pour coordonner le comportement social. L'ordre émerge directement de la perception et de la réaction individuelles.

Deuxièmement, la régularité est implicite. Les attentes concernant les comportements admissibles et inadmissibles n'ont pas besoin d'être codifiées explicitement. Elles émergent de l'observation continue d'actions concrètes et de leurs réactions sociales. Les règles ne sont pas écrites, mais vécues. Leur validité découle de la visibilité, non de la formalisation.

Troisièmement, il n'existe aucune séparation entre la pratique sociale et son évaluation. Observation, évaluation et réaction coïncident temporellement et structurellement. L'ordre social n'est pas quelque chose qui succède à l'action, mais fait partie de l'action elle-même.

Quatrièmement, l'information sociale est distribuée de manière symétrique. Tous les événements pertinents sont accessibles de manière égale à tous les membres. Il n'existe aucune position de savoir privilégiée, aucun processus caché et aucune asymétrie d'information systématique.

Cinquièmement, la confiance n'est pas un mécanisme autonome, mais une fonction directe de l'observabilité. La fiabilité ne naît pas de promesses ou d'institutions, mais de l'expérience répétée d'un comportement visible dans un système entièrement lisible.

Ces propriétés ne sont pas normatives. Ce ne sont pas des idéaux, mais des conséquences structurelles d'un graphe social intégrale-

ment observable. Elles définissent l'état de référence par rapport auquel tous les ordres sociétaux ultérieurs ne peuvent plus opérer que de manière approximative.

Nombre de ces propriétés ne deviennent reconnaissables que par la perte et la comparaison historique. L'énumération ne prétend pas à l'exhaustivité ; ce qui est décisif, c'est leur fonction structurelle. Tous les ordres sociétaux ultérieurs peuvent être évalués selon les propriétés qu'ils reproduisent, remplacent ou perdent durablement.

Le paradis ne fonctionne pas comme un idéal normatif, mais comme un benchmark structurel.

7.3. L'expulsion du paradis

L'état paradisiaque décrit précédemment ne désigne aucun lieu géographique ni aucun mythe historique. Il décrit exclusivement une constellation structurelle : la lisibilité sociale complète pour une taille de groupe finie.

Cette constellation n'est pas stable à l'échelle. Avec la croissance de la taille du groupe, la structure du graphe social se transforme fondamentalement.

Puisque le graphe social est toujours complet, le nombre de ses arêtes s'élève toujours à :

$$|E| = \frac{|V|(|V| - 1)}{2},$$

Le nombre d'arêtes croît de manière quadratique avec le nombre d'individus ;

$$|E| \in \mathcal{O}(|V|^2).$$

Dès des tailles de groupe modérées, cette croissance conduit à une augmentation explosive des relations sociales à observer :

- **Village** : $|V| = 1,000 \Rightarrow |E| = 499,500$
- **Ville** : $|V| = 100,000 \Rightarrow |E| \approx 5 \cdot 10^9$
- **Nation** : $|V| = 10,000,000 \Rightarrow |E| \approx 5 \cdot 10^{13}$
- **Population mondiale (2025)** : $|V| \approx 8 \cdot 10^9 \Rightarrow |E| \approx 3.2 \cdot 10^{19}$

La capacité d'observation individuelle k reste en revanche constante. Elle ne croît pas avec la taille du groupe. Ainsi, à partir d'un certain seuil, il s'ensuit nécessairement :

$$|E| \gg k.$$

À ce moment, la lisibilité sociale complète devient structurellement impossible. Aucun individu n'est plus en mesure d'observer l'ensemble du graphe social, de l'évaluer et de l'intégrer dans son action.

La question centrale est la suivante : Comment un être humain individuel doit-il employer son attention limitée lorsque la majeure partie des événements sociaux pertinents se situe au-delà de sa portée épistémique ? Quelles arêtes doivent être observées ? Lesquelles ignorées ? Et sur quelle base ces décisions doivent-elles être prises ?

La transition au cours de laquelle la taille du groupe $|V|$ dépasse structurellement la capacité d'observation individuelle k marque l'expulsion du paradis.

C'est seulement ici que commence à proprement parler ce que nous appelons l'histoire. Les quelque 6,000 dernières années peuvent se lire comme une longue succession de tentatives pour faire face à cette surcharge structurelle.

Ces tentatives se manifestent dans le développement de stratégies d'adaptation : des constructions sociales censées permettre, malgré des capacités individuelles limitées, d'assurer la capacité d'action, la coordination et la survie.

À ce point émerge simultanément une scission structurelle qui reste déterminante pour tous les ordres historiques ultérieurs : la séparation entre monde vécu et monde systémique.

Ce qui était auparavant directement expérimentable, observable et évaluable est désormais progressivement remplacé par des structures de médiation. L'ordre social ne naît plus uniquement de l'interaction directe, mais de mécanismes abstraits, de règles et de procédures dont le fonctionnement n'est plus que partiellement accessible à l'acteur individuel.

L'action continue de s'accomplir dans le monde vécu concret, mais sa coordination s'opère de plus en plus dans une logique systémique qui en est séparée. Cette séparation n'est pas un artefact culturel, mais une conséquence nécessaire de l'illisibilité structurelle de l'ensemble du graphe social.

Le matériel sur lequel opèrent tous ces mécanismes est clairement limité. Il se compose du cerveau humain, de la sensorique humaine, de la voix et de formes simples de stockage externe telles que les gestes, les signes ou l'écriture. Ces supports externes également restent liés à la perception humaine : ils doivent être produits manuellement, transmis et lus.

L'humanité tente ainsi, avec une infrastructure de calcul, de stockage et de communication extrêmement limitée, de maîtriser un graphe social qui dépasse ses capacités cognitives de plusieurs ordres de grandeur.

Tous les mécanismes sociétaux examinés par la suite sont des réponses à cette situation. Ils ne représentent pas des paradis alternatifs, mais des stratégies pragmatiques pour vivre avec l'opacité structurelle.

7.4. Perspectives d'évaluation

Avec le dépassement de la limite cognitive d'observation, il n'est pas encore déterminé *depuis quelle perspective* les relations sociales sont évaluées. Le modèle autorise fondamentalement différentes logiques d'évaluation.

Une perspective évidente est la perspective collective. Elle conçoit l'humanité comme un essaim cherchant à assurer sa survie commune. Les arêtes sociales sont évaluées selon dans quelle mesure un comportement observé contribue à la stabilité, à la capacité

de reproduction ou à la résilience du groupe. La récompense et la sanction s'effectuent relativement au bien commun.

Une seconde perspective, tout aussi évidente, est la perspective individuelle. Ici, chaque individu évalue les arêtes sociales selon le bénéfice ou le dommage personnel qu'un comportement engendre. La récompense et la sanction suivent l'intérêt personnel, le statut, la sécurité ou l'accès aux ressources.

Le modèle utilisé ici est agnostique à l'égard de cette distinction. Il ne présuppose ni motivation altruiste ni motivation égoïste et ne privilégie aucune des deux perspectives.

Au contraire, les mécanismes décrits ci-après sont largement *stables en perspective*. Ils fonctionnent aussi bien lorsque les acteurs évaluent principalement de manière individuelle que lorsqu'ils agissent de manière collectivement orientée.

Des mécanismes qui ne seraient stables que sous une perspective spécifique ne seraient pas historiquement viables. La stabilité des solutions décrites ne repose pas sur la morale, mais sur leur capacité structurelle à réduire la complexité sociale sous des capacités cognitives limitées.

Question finale. Mais par quels mécanismes concrets l'humanité a-t-elle tenté de remplacer la lisibilité sociale complète ?

8. Centralisation dans le S historique

Les sections suivantes traitent de la première et plus ancienne classe de mécanismes de coordination historiques : la centralisation et l'administration fondée sur la division du travail. Elles décrivent comment les sociétés ont répondu à l'illisibilité structurelle des grands graphes sociaux par des structures de délégation hiérarchiques.

Cette sélection ne prétend ni à l'exhaustivité ni à une discussion définitive de l'ensemble des avantages et inconvénients. Les structures considérées ici ne constituent pas un catalogue clos, mais un extrait fonctionnellement cohérent.

Pour le propos de cet ouvrage, il n'est pas déterminant de savoir quels mécanismes concrets existent ni comment ils sont conçus en détail. Ce qui est déterminant, c'est que de tels mécanismes existent et qu'ils possèdent chacun des propriétés structurelles très spécifiques. Ces propriétés ne sont pas des hasards historiques, mais découlent nécessairement de leur mode de fonctionnement sous les conditions aux limites de S .

Nombre des effets décrits ici ont déjà été analysés et évalués historiquement ou normativement par différents auteurs. Ces analyses ont toutefois été le plus souvent conduites dans d'autres cadres théoriques et sans modèle explicite des contraintes structurelles sous-jacentes.

À titre d'orientation dans l'histoire des idées, les noms des auteurs centraux sont donc mentionnés aux endroits appropriés. Une discussion détaillée de textes ou d'œuvres spécifiques n'est cependant pas l'objectif de ce chapitre.

La tâche du modèle consiste à mettre au jour la nécessité structurelle de ces mécanismes. Il n'explique pas des propriétés isolées, mais pourquoi de tels mécanismes émergent et demeurent stables sous les conditions données de S .

8.1. Reine

Dès que la taille d'une tribu dépasse un seuil au-delà duquel le nombre d'arêtes sociales excède la capacité d'observation individuelle, c'est-à-dire

$$|E| > k$$

la lisibilité sociale complète commence à se désagréger graduellement. Avec la croissance continue de la taille du groupe, on a bientôt

$$|E| \gg k$$

et la forme antérieure d'observation mutuelle directe devient structurellement impossible.

La tribu réagit en établissant une instance centrale unique : la reine.

La reine assume exclusivement le rôle d'instance centrale de communication et de coordination. L'essentiel n'est pas que toutes les

autres arêtes sociales disparaissent, mais que pour chaque membre de la tribu une arête déterminée devienne *impérative* : la relation à la reine.

Chaque membre doit constamment prendre en compte cette arête et lui accorder une priorité élevée par rapport aux relations concurrentes, car l'attribution des tâches, l'obligation de rapport et les flux de ressources transitent précisément par cette connexion.

Structurellement, cela garantit la formation d'un sous-graphe en étoile autour de la reine : la reine siège au centre, tous les autres nœuds sont reliés à elle par au moins une arête directe. D'autres arêtes entre nœuds non centraux peuvent continuer d'exister, mais restent fonctionnellement secondaires.

Cette étoile est un sous-graphe strictement plus petit de G , mais remplace fonctionnellement l'observation complète devenue impossible. L'information sociale n'est plus transmise horizontalement, mais verticalement.

Le déroulement quotidien suit un schéma simple. Chaque membre de la tribu entre en contact avec la reine au début de la journée et reçoit une tâche. À la fin de la journée, il retourne auprès de la reine et rend compte de ses activités et résultats.

Simultanément, la reine fait office de point central de collecte et de distribution. Les biens produits au cours de la journée lui sont remis. À partir de la quantité totale accumulée, elle attribue à chaque membre une part qu'elle juge appropriée.

Par cette construction, la tribu redevient capable d'agir au niveau agrégé. La coordination, l'attribution des tâches et la distribution des ressources sont médiatisées par un nœud unique.

La scalabilité de ce mécanisme est cependant structurellement limitée. La reine est elle-même un acteur humain doté d'une capacité d'observation finie. Dès que le nombre de membres de la tribu dépasse la capacité cognitive de la reine, c'est-à-dire

$$|V| > k$$

ce mécanisme devient lui aussi instable.

8.1.1. Performance et limites de la structure de la reine

La structure de la reine offre une **réduction radicale de la complexité** de l'interaction sociale en projetant le sous-graphe pertinent pour chaque membre de la tribu sur une arête unique hautement prioritaire. Au lieu d'observer un graphe social à croissance quadratique, l'orientation vers une instance centrale suffit. Cette réduction est brutale, mais efficace : elle rend l'action collective de nouveau possible dans des conditions de rareté cognitive extrême.

La structure de la reine introduit une **formation centralisée de la volonté**. Les décisions relatives à la répartition des tâches, à l'emploi des ressources et aux objectifs collectifs ne sont plus prises par des évaluations locales et autonomes, mais déléguées à une instance unique. La tribu accomplit ainsi la transition d'un essaim

auto-organisé à un ordre hétéronome. La capacité d'action ne naît plus de la coordination immédiate, mais de la subordination à une volonté formulée centralement.

La structure de la reine rend le **bien commun explicitement adressable**. Puisque les informations, les tâches et les ressources convergent centralement, des projets collectifs dépassant les perspectives locales peuvent être organisés. Ce mécanisme permet ainsi pour la première fois de formuler des intérêts collectifs en tant que tels et de les faire prévaloir face aux préférences individuelles.

Avec la coordination centrale émerge simultanément un **pouvoir vers l'intérieur et vers l'extérieur**. Vers l'intérieur, la reine possède la capacité de faire exécuter ses instructions et de sanctionner les écarts. Vers l'extérieur, la tribu peut se présenter comme une unité fermée, par exemple sous forme de violence organisée ou de dissuasion collective.

Avec le point central de collecte et de distribution, une **forme d'imposition** est implicitement introduite. La reine prélève les produits du travail individuel et décide de leur redistribution. Les ressources peuvent ainsi être réorientées, regroupées ou priorisées selon des critères supérieurs.

La structure de la reine engendre un **problème structurel de principal-agent**. L'instance centrale prend des décisions au nom de l'ensemble de la tribu, mais dispose de ses propres intérêts, préférences et lacunes informationnelles. Comme l'observation et le contrôle sont distribués de manière asymétrique, les écarts entre le mandat délégué et l'action effective ne peuvent être détectés

ou corrigés que de manière limitée. Ce problème n'est pas une défaillance morale, mais une conséquence nécessaire de la représentation centrale sous observabilité limitée.

En même temps émerge un **savoir de domination**. Puisque tous les rapports, observations et flux de ressources convergent vers l'instance centrale, la reine dispose d'une avance informationnelle par rapport à tous les autres membres de la tribu. Ce savoir n'est pas simplement agrégé, mais structurellement exclusif : aucun acteur individuel n'a accès à une vue d'ensemble comparable. La domination se stabilise ainsi non seulement par la violence ou la contrainte, mais par l'information asymétrique.

La structure de la reine dépend d'une **communication explicite**. Le travail, les observations et les écarts doivent être rapportés verbalement ou transmis par d'autres moyens symboliques pour être accessibles à l'instance centrale. Ce qui n'est pas exprimé, formulé ou documenté n'existe pas pour la coordination. Le savoir implicite, les subtilités situationnelles ou les activités non articulables se perdent ainsi systématiquement.

La structure de la reine est **extrêmement fragile**. Comme la coordination, l'agrégation du savoir et le pouvoir décisionnel sont concentrés en un nœud unique, il existe un point de défaillance unique prononcé. La défaillance, l'élimination ou la corruption de l'instance centrale entraîne immédiatement l'effondrement de l'ordre.

La structure de la reine possède une **limite de scalabilité dure**. Comme l'instance centrale ne dispose elle aussi que de capacités

d'observation et de traitement finies, sa charge croît linéairement avec le nombre de membres de la tribu. À partir d'un certain point, la quantité d'informations entrantes dépasse la capacité cognitive de la reine. Le mécanisme perd alors son effet coordinateur et devient lui-même une source de perturbations.

8.2. Bureaucratie & hiérarchie

Lorsque la tribu continue de croître, de sorte que

$$|V| > k$$

le mécanisme de la reine introduit précédemment atteint sa limite structurelle. L'instance centrale n'est plus en mesure de traiter elle-même toutes les arêtes pertinentes de communication, de coordination et de rapport.

La première réaction consiste à introduire une assistante qui prend en charge l'encadrement direct d'une partie des membres de la tribu.

Avec la croissance continue de la tribu, d'autres assistantes sont introduites. Chacune administre une partie disjointe des membres de la tribu et fait office d'interlocutrice principale pour ceux-ci. La reine se concentre finalement exclusivement sur la coordination de ses assistantes. Structurellement, un ordre à deux niveaux émerge.

Dans ce modèle également, la capacité cognitive de chaque acteur reste finie. La gestion d'autres personnes constitue une forme particulièrement exigeante d'observation sociale. Nous désignons le nombre maximal de subordonnés directement gérables par le paramètre b . Empiriquement, cette valeur se situe typiquement dans l'intervalle

$$4 < b < 12$$

.

La reine peut donc coordonner directement au plus b assistantes. De manière analogue, chaque assistante peut gérer au plus b acteurs subordonnés.

Lorsque la tribu continue de croître, de sorte que

$$|V| > b^2$$

, les assistantes sont elles aussi dépassées. La solution consiste à introduire un niveau de management supplémentaire. Les assistantes reçoivent à leur tour des assistantes. Il en résulte une structure étagée, arborescente.

Dans un ordre à trois niveaux, la reine gère jusqu'à b assistantes du premier niveau, qui gèrent chacune jusqu'à b assistantes du deuxième niveau, lesquelles encadrent finalement jusqu'à b membres de la tribu.

De cette manière, une tribu peut coordonner jusqu'à

$$|V| = b^3$$

membres, le nombre d'acteurs consacrés au management s'élevant à

$$b + b^2$$

.

Ce principe peut être poursuivi indéfiniment. Avec chaque niveau supplémentaire, la taille de groupe maximale gérable croît de manière multiplicative, tandis que la capacité individuelle d'observation et de management reste constante.

Structurellement, cette logique de délégation produit un arbre comportant trois types de nœuds :

- une racine, qui représente l'instance de coordination suprême,
- des nœuds internes, qui assument des tâches de management et d'intermédiation,
- des nœuds feuilles, qui représentent les membres directement gérés de la tribu.

La racine ainsi que les nœuds internes possèdent un fanout compris entre 2 et b . L'arbre n'est pas nécessairement strictement équilibré, mais ne devrait pas être fortement déséquilibré pour remplir sa fonction.

La structure résultante correspond ainsi à une structure de données bien connue en informatique : le B-arbre. Celui-ci se caractérise par le fait qu'il est relativement plat, avec une profondeur de

$$\mathcal{O}(\log_b |V|),$$

de sorte que même de très grandes structures restent appréhendables depuis le sommet. En même temps, les chemins de communication verticaux entre la racine et les nœuds feuilles sont maintenus à une longueur logarithmique.

L'opération la plus coûteuse dans une telle structure est sa réorganisation, en particulier le rééquilibrage après des modifications structurelles.

L'administration croît linéairement, mais plus lentement que la base opérationnelle : $I \approx \frac{1}{b}L$. Pour chaque groupe de b membres gérés, une assistante administrative supplémentaire est nécessaire.

Le mécanisme décrit peut être exprimé dans les termes des sciences administratives.

Premièrement, une organisation à division du travail des tâches de coordination et d'administration a été introduite. Cette décomposition du pilotage, nous l'appelons *bureaucratie*.

Deuxièmement, avec cette division du travail, une structure arborescente pyramidale a nécessairement émergé, dans laquelle responsabilités, obligations de rapport et pouvoirs de décision sont organisés de manière dirigée. Cette structure, nous l'appelons *hiérarchie*.

Les deux concepts ne sont pas identiques, mais structurellement couplés. Quiconque introduit une administration à division du travail invente nécessairement la hiérarchie par la même occasion.

Il convient de souligner que la structure présentée ici modélise une hiérarchie isolée. Dans la réalité, de tels arbres existent rarement de manière autonome.

En particulier, le sommet d'une organisation ne constitue qu'en apparence un nœud racine. Dans de nombreux cas, il est lui-même intégré dans une structure supérieure : les entreprises sont soumises aux bailleurs de fonds, les banques aux banques centrales, les appareils étatiques aux institutions supranationales ou aux dépendances géopolitiques.

Structurellement, il en résulte des hiérarchies en cascade, c'est-à-dire des arbres dont les racines sont à leur tour intégrées dans d'autres arbres. La logique décrite ici reste valide, mais s'imbrique sur plusieurs niveaux.

La racine supposée n'est donc souvent qu'un nœud interne dans une structure de pouvoir et de coordination plus englobante.

Manifestations institutionnelles La structure décrite ici n'est pas un exercice de pensée abstrait. Elle décrit des grandes organisations réelles.

Un État, une armée nationale, un régime de planification socialiste ou un groupe multinational du Fortune 500 se distinguent sur le plan normatif, idéologique et juridique, mais non dans leur structure de coordination fondamentale.

Dans tous les cas, on trouve une structure arborescente hiérarchico-bureaucratique dont la taille se situe typiquement dans des ordres de grandeur comparables. L'armée américaine, un grand État socialiste ou un groupe mondial opèrent structurellement comme des B-arbres de profondeur et de fanout similaires.

Les différences concernent la finalité, la légitimation et la forme de propriété. La structure de calcul sous-jacente reste identique.

Ronald Coase a montré dans *The Nature of the Firm* que les entreprises naissent parce que les transactions de marché engendrent des coûts. Recherche, négociation, contrôle et exécution des contrats requièrent de l'information et produisent des frictions.

Dans la terminologie utilisée ici, ces coûts de transaction peuvent être interprétés comme des coûts d'arêtes éphémères. Chaque transaction de marché engendre une nouvelle arête temporaire dans le graphe social, qui doit être observée, évaluée et sécurisée sur le plan épistémique.

L'entreprise remplace ces arêtes éphémères par des relations stables et institutionnalisées. Les arêtes sont fixées, les rôles sont définis, et la communication s'effectue le long de chemins prédéterminés.

Cette observation ne vaut pas seulement pour les entreprises, mais tout autant pour les bureaucraties étatiques. Les deux réduisent les coûts de la coordination sociale en transformant des marchés ouverts en sous-arbres fermés.

8.3. L'État comme bureaucratie étendue

Structurellement, l'État ne se distingue pas fondamentalement de l'entreprise. L'État possède cependant des fonctions supplémentaires qui le différencient de toutes les autres organisations hiérarchiques. Ces fonctions additionnelles ne concernent pas la

structure arborescente interne, mais le champ d'application et la profondeur de son intégration dans le graphe social G .

Premièrement, l'État dispose d'un **monopole de la violence**. Il est la seule structure hiérarchique autorisée à employer légitimement des moyens de contrainte physique vers l'intérieur et vers l'extérieur. Vers l'intérieur, cela signifie l'application des règles par la police, les tribunaux et les systèmes pénaux. Vers l'extérieur, cela signifie la capacité de mener la guerre. Cette capacité de violence stabilise la structure arborescente et assure sa capacité d'exécution face aux arbres concurrents.

Deuxièmement, l'État organise l'**adressabilité et l'identité**. Il administre les identités persistantes des personnes (état civil) et des choses (cadastre, registre des véhicules, registre des entreprises). Ces identités sont une condition nécessaire pour intégrer les nœuds de manière univoque dans des structures hiérarchiques. Sans attribution stable d'identité, la perception de l'impôt, l'attribution de la propriété, la conclusion de contrats et l'exécution judiciaire seraient impossibles. L'État fonctionne ainsi comme instance d'adressage primaire de toutes les organisations subordonnées.

Troisièmement, l'État fournit des **mécanismes de réputation et de règlement des différends**. Tribunaux, procédures administratives et registres publics permettent l'évaluation formelle du comportement et le règlement des conflits. Ces fonctions correspondent structurellement à la gestion de la réputation des plateformes modernes. Elles sont nécessaires pour stabiliser les transactions entre acteurs anonymes ou faiblement connectés.

Quatrièmement, l'État fournit une **infrastructure monétaire**. Monnaie, banque centrale, exécution des paiements et cadre juridique de la propriété constituent les conditions préalables au fonctionnement du mécanisme monétaire. Sans exécution étatique, la monnaie perdrait son acceptation générale. L'État n'est donc pas seulement utilisateur, mais condition constitutive du système monétaire.

Cinquièmement, l'État fournit une **infrastructure publique** pour tous les arbres subordonnés : sécurité, éducation, voies de communication, systèmes juridiques et cadres réglementaires. Cette infrastructure réduit les coûts de transaction et rend possible l'existence même de grandes entreprises.

L'État n'est donc pas simplement un B-arbre particulièrement grand. Il est la structure de plateforme prototypique de l'histoire. Il fournit les protocoles fondamentaux sur lesquels les autres organisations hiérarchiques opèrent.

8.3.1. Avantages et inconvénients

La structure bureaucratique-hiérarchique est le premier mécanisme connu qui fait passer de manière fiable l'ordre social au-delà des limites de la capacité d'observation individuelle. Par la délégation et la structure arborescente, la coordination devient possible même lorsque le graphe social sous-jacent est devenu épistémiquement illisible.

La bureaucratie permet une **spécialisation par division du travail** : la décomposition de tâches complexes en rôles spécialisés. La productivité ne naît pas d'un savoir exhaustif d'acteurs individuels, mais de compétences partielles coordonnées sous pilotage central.

Les structures bureaucratiques découplent l'organisation des acteurs individuels. Savoirs, processus et responsabilités sont institutionnalisés et restent reproductibles de manière stable à travers les générations.

La structure permet la formulation et l'exécution d'une volonté collective unitaire, même en présence d'intérêts hétérogènes au niveau opérationnel.

L'information est filtrée et agrégée le long de la hiérarchie. Au sommet émerge une image de situation comprimée qui permet de prendre des décisions sans présupposer une connaissance complète du graphe social.

La structure se prête à l'opérationnalisation de la contrainte : impôts, recrutement, punition et conduite de la guerre peuvent être organisés efficacement.

Des règles formalisées, des compétences et des procédures rendent le comportement prévisible. La coordination ne repose pas sur la confiance personnelle, mais sur la conformité institutionnalisée aux règles.

Dans des environnements stables et à évolution lente, la bureaucratie est hautement efficace. Elle est particulièrement adaptée aux processus répétitifs et aux tâches durablement constantes.

La structure possède une **scalabilité limitée**. Les ordres centralisés et hiérarchiques ne peuvent croître qu'en introduisant des niveaux de management supplémentaires. Comme le fanout de chaque nœud est cognitivement borné, la montée en charge n'est pas obtenue par l'efficacité, mais par la multiplication structurelle. Avec chaque niveau supplémentaire, les chemins de communication et les temps de réaction s'allongent.

La structure est caractérisée par une **inflexibilité extrême**. Les ordres hiérarchiques ne réagissent pas aux modifications des conditions environnementales par une adaptation locale, mais par la réorganisation de sous-arbres entiers. Compétences, lignes de rapport et pouvoirs de décision sont câblés de manière fixe et ne peuvent être modifiés qu'au prix d'un effort considérable.

En conséquence, la structure **performe extrêmement mal au regard de la loi d'Ashby de la variété requise**. La diversité de l'environnement auquel l'organisation doit répondre croît avec la taille et l'interconnexion du système. Or la variété interne de décision et de pilotage reste fortement contrainte par la capacité cognitive limitée des nœuds hiérarchiques. L'organisation ne peut donc pas fournir la variété nécessaire pour réguler adéquatement des environnements complexes et dynamiques.

La structure souffre à tous les niveaux d'une **problématique de principal-agent** prononcée. Objectifs, niveaux d'information et incitations ne sont pas distribués de manière identique le long de la hiérarchie. Les décisions sont prises aux niveaux supérieurs, tandis que l'exécution et le savoir situationnel se trouvent aux

niveaux inférieurs. Cette séparation engendre des distorsions systématiques : les rapports sont filtrés, les problèmes atténués et les succès surestimés.

De surcroît, un **problème structurel d'aléa moral** apparaît. Décisions et conséquences sont découplées le long de la hiérarchie. Celui qui décide n'en supporte souvent pas lui-même les conséquences négatives ; celui qui en supporte les conséquences n'a pas pris la décision. La responsabilité est ainsi fragmentée au point de n'être pratiquement plus imputable de manière univoque.

La bureaucratie hiérarchique engendre inévitablement une **perspective intérieur-extérieur** prononcée. Avec la croissance de l'humanité, plusieurs de ces structures organisées en pyramide co-existent, ne se percevant plus principalement comme parties d'un graphe social commun, mais comme des unités délimitées les unes par rapport aux autres. La communication interne est privilégiée par rapport à la communication externe, la loyauté est exigée vers l'intérieur. Le graphe social se désagrège ainsi épistémiquement en sous-graphes concurrents.

La structure hiérarchico-bureaucratique hérite de la **fragilité** de la structure de la reine. Bien que les tâches soient formellement distribuées, les compétences de décision et de pilotage restent fortement concentrées vers le haut. En particulier, le sommet de la hiérarchie constitue un point de défaillance unique structurel, vulnérable au chantage, à la corruption, à l'influence politique ou à l'élimination ciblée.

La structure hiérarchico-bureaucratique conduit nécessairement

à une **discrimination structurellement induite**. Les promotions s'effectuent par une succession de promotions discrètes, au cours desquelles de petits biais, des préférences implicites ou des différences d'évaluation minimales entrent en jeu. Ces effets s'accumulent le long des niveaux : un faible biais à chaque étape suffit pour produire un groupe fortement homogène au sommet de la pyramide. La discrimination n'est pas ici un échec moral primaire d'acteurs individuels, mais un résultat émergent d'une structure de sélection à étapes multiples.

La structure hiérarchico-bureaucratique engendre une **distribution exponentielle des revenus**. La raison n'en est pas la cupidité individuelle, mais la logique d'agrégation récursive de la structure elle-même. La création de valeur se produit essentiellement aux niveaux inférieurs, mais est transmise progressivement vers le haut le long de la chaîne de management. Comme chaque niveau retient une part fixe de la valeur créée aux niveaux subordonnés, le revenu disponible croît de manière multiplicative à chaque échelon hiérarchique.

Un exemple simple illustre l'effet. Soit le fanout $b = 8$ et le taux de prélèvement $f = 50\%$. Chaque nœud feuille produit une unité de valeur, en conserve 0,5 et transmet 0,5 vers le haut. Un manager du niveau suivant reçoit ainsi $8 \times 0,5 = 4$ unités, en conserve 2 et en transmet 2. On obtient donc un facteur de 4 par niveau hiérarchique.

Cette logique de distribution engendre en outre un **déséquilibre structurel de genre**. Comme les positions aux niveaux supérieurs

offrent un multiple des revenus des niveaux inférieurs, il est rationnel pour les ménages de se concentrer sur une seule carrière. En pratique, ce rôle est attribué au partenaire qui présente les interruptions biographiques les plus faibles.

La structure bureaucratique-hiérarchique conduit à une **formation sélective des vertus**. Comme la promotion s'effectue exclusivement le long des chemins de management verticaux, les comportements systématiquement récompensés sont ceux qui favorisent la carrière au sein de cette structure. Ce qui est déterminant n'est pas prioritairement l'excellence professionnelle, mais la capacité à signaler la loyauté vers le haut et à exercer le contrôle vers le bas.

Concrètement, la structure favorise des propriétés telles que la capacité d'adaptation envers les supérieurs, la conformité stratégique, la rétention d'information et la transmission ciblée de la responsabilité vers le bas. Simultanément, les comportements coopératifs, transversaux ou critiques envers le système sont négativement sélectionnés.

La structure façonne ainsi à long terme non seulement les organisations, mais aussi les profils de personnalité. Ce qui apparaît comme une vertu individuelle est en réalité le résultat d'un processus de sélection engendré par l'ordre hiérarchique lui-même.

La structure bureaucratique-hiérarchique engendre inévitablement une **séparation intérieur-extérieur** : l'espace social est segmenté en domaines internes et externes à l'organisation. L'évaluation morale ne s'oriente plus selon des critères universels, mais selon la

rationalité instrumentale de sa propre hiérarchie. Des actions sont considérées comme légitimes dans la mesure où elles servent les intérêts de sa propre structure, même si elles apparaissent nuisibles vers l'extérieur.

La **dégénérescence à long terme** des systèmes bureaucratihierarchiques a été abondamment décrite en sociologie des organisations.

Une observation centrale est la **loi de Parkinson** (C. Northcote Parkinson) : l'activité administrative tend à s'étendre indépendamment du volume de travail effectif. Les organisations croissent vers l'intérieur, parce que des niveaux, rôles et procédures supplémentaires sont structurellement récompensés.

Étroitement liée est la **dérive des objectifs** (*goal displacement*, Robert K. Merton). Les procédures formelles, indicateurs et règles, qui étaient à l'origine des moyens en vue d'une fin, deviennent eux-mêmes une fin en soi. Le succès se mesure à la conformité aux règles, et non à la résolution du problème initial.

Enfin, Robert Michels décrit avec la **loi d'airain de l'oligarchie** que les organisations complexes tendent inévitablement à la concentration du pouvoir au sommet. Les avances informationnelles, les monopoles décisionnels et l'autorecrutement du niveau dirigeant conduisent à la formation d'une couche dirigeante permanente.

Ces formes de dégénérescence ne sont ni des hasards historiques ni des défaillances morales d'acteurs individuels. Elles résultent nécessairement de la structure de la bureaucratie à division du travail sous capacité individuelle limitée de calcul et d'observation.

Question finale. La centralisation résout le problème de la lisibilité sociale limitée par la délégation — par la hiérarchie, la bureaucratie et les chemins de commandement. Cette forme de coordination est puissante, mais engendre des coûts structurels : pertes d'information, problèmes de principal-agent et inflexibilité.

Quels mécanismes permettent la coordination là où la hiérarchie explicite est trop coûteuse, trop rigide ou simplement absente — où la création de valeur distribuée doit s'effectuer sans chemin de commandement central ?

9. Monnaie et propriété dans le S historique

Là où la bureaucratie hiérarchique se heurte à des limites structurelles — face à une complexité croissante, à la distance spatiale et à la nécessité d'une coordination décentralisée — émergent deux mécanismes complémentaires : la monnaie et la propriété.

Tous deux opèrent sans chaîne de commandement centrale. La monnaie coordonne par des signaux de prix et abstrait la création de valeur en un token universel. La propriété stabilise l'utilisation de ressources rares par l'internalisation des incitations. Conjointement avec la bureaucratie, ils forment l'ossature structurelle de la coordination sociétale dans le S historique.

9.1. La monnaie

La monnaie complète la hiérarchie bureaucratique là où la coordination explicite se heurte à des limites structurelles. Avec la différenciation croissante de la société, la complexité de la création de valeur dépasse durablement les capacités de saisie centralisée. La monnaie accepte cette illisibilité épistémique et réduit radicalement les exigences imposées à chaque acteur individuel : chacun peut agir sans avoir besoin de connaître la structure de la création de valeur, l'identité des participants ou les effets à long terme de ses propres actions.

La mécanique est simple. Deux acteurs A et B négocient un prix p . A transfère p à B et reçoit en échange le bien g . Le prix est la seule information pertinente. L'origine du bien, la structure de la chaîne de valeur, l'identité d'autres participants — tout cela reste sans pertinence pour le mécanisme. La portée épistémique de chaque acteur correspond exactement à une arête dans le graphe social.

La monnaie n'est pas un bien consommable, mais un token d'accès transférable. Elle signale que le détenteur a précédemment fourni une contribution et légitime une consommation future — sans que la nature, le lieu ou le moment de cette contribution soient enregistrés. La fourniture de prestations et la consommation de prestations sont ainsi découplées à travers le temps, l'espace et les relations sociales. En tant que système cybernétique, la monnaie ne régule pas des processus ou des règles, mais les conditions épistémiques de la décision sociétale : non pas *ce qui* est fait, mais *selon quels critères* les décisions sont prises.

En tant que réseau d'information, la monnaie possède une variété extrêmement faible : un signal unidimensionnel, événementiel. Des états de fait hétérogènes — origine, conditions, risques, effets à long terme — sont comprimés en un seul nombre naturel. Cette réduction est la condition de la scalabilité, mais elle limite la profondeur de la coordination possible. Du couplage de nombreuses décisions épistémiquement limitées émerge un ordre décentralisé, émergent — un comportement d'essaim sans pilotage central, qui produit néanmoins une structure à grande échelle.

9.1.1. Finalisation temporelle de l'évaluation

Le mécanisme monétaire évalue les actions, les biens et les prestations exclusivement à un seul moment : l'instant de la transaction. Avec la clôture du paiement, l'évaluation est considérée comme finale. Des connaissances ultérieures, des perspectives modifiées ou des effets nouvellement apparus ne peuvent plus être intégrés dans l'évaluation initiale.

Cette finalisation temporelle n'est pas une décision conceptuelle, mais une nécessité structurelle. Dans les conditions d'une communication limitée et d'une absence d'adressabilité globale, une réévaluation continue des transactions passées serait organisationnellement ingérable. La monnaie clôt l'évaluation afin de rendre la coordination possible.

L'évaluation humaine est en revanche fondamentalement dynamique. Les actions sont rétrospectivement reclassées, contextualisées et corrigées dès que des informations supplémentaires deviennent disponibles. Cette forme d'évaluation processuelle ne peut pas être représentée dans le mécanisme monétaire.

La conséquence est un découplage systématique entre l'action et ses effets ultérieurs. Les effets négatifs qui ne se manifestent qu'avec un décalage temporel se situent en dehors de la période d'évaluation et restent invisibles pour le mécanisme. La monnaie ne possède ni mémoire ni possibilité de correction rétroactive.

Le mécanisme privilégie ainsi les effets à court terme, évaluables ponctuellement, au détriment des effets à long terme, processuels.

Cette limitation temporelle constitue une limite structurelle fondamentale de la coordination basée sur la monnaie.

9.1.2. Vision locale et cécité structurelle

Le mécanisme monétaire opère exclusivement au niveau des transactions directes entre deux acteurs. La portée épistémique pertinente est limitée aux contacts immédiats. Chaque acteur ne perçoit que son propre partenaire de transaction ainsi que le prix convenu.

Les parties plus éloignées de la chaîne de valeur restent invisibles pour le mécanisme. Ni les contributions en amont ni les effets en aval d'une action ne sont saisis ou communiqués. La monnaie ne possède aucune représentation du graphe social ou économique au-delà des arêtes individuelles.

Cette vision locale est la condition de la scalabilité du mécanisme. Elle permet la coordination même lorsqu'une vue d'ensemble globale est structurellement impossible. En même temps, elle engendre une cécité systématique à l'égard des effets qui surviennent en dehors de la transaction immédiate.

Les acteurs affectés qui ne participent pas directement à une transaction ne peuvent pas faire valoir leurs intérêts dans le processus décisionnel. Les dommages, charges ou risques qui concernent des tiers n'apparaissent pas comme information pertinente. Le mécanisme ne connaît que des relations d'échange bilatérales.

La limitation locale de la vision fait que les effets traversant l'espace, la distance sociale ou les frontières institutionnelles ne peuvent

pas être adressés. Les effets externes ne résultent pas d'un comportement fautif d'acteurs individuels, mais sont une conséquence nécessaire d'une forme de coordination qui ne traite que de l'information locale.

9.1.3. Agrégation unidimensionnelle et perte d'information

Le mécanisme monétaire agrège des informations hétérogènes en une seule valeur scalaire : le prix. Des aspects qualitativement différents d'un bien ou d'une action sont fusionnés en un seul nombre réel et rendus ainsi comparables.

Cette agrégation concerne des informations de nature très diverse, par exemple sur les conséquences écologiques, les conditions sociales, les risques, les alternatives ou les effets à long terme. Le mécanisme fait entièrement abstraction de leur structure interne et les projette sur une échelle unidimensionnelle.

La réduction qui en résulte est radicale. Elle permet un traitement rapide, la comparabilité et la capacité de connexion, mais s'accompagne d'une perte d'information structurelle. Des états de fait multidimensionnels sont réduits à une forme qui ne peut plus représenter leur diversité interne.

S'y ajoute une seconde limitation structurelle : le prix n'est communiqué qu'au moment d'une transaction ou d'une tentative de transaction. Le débit d'information du système est donc extrêmement

faible. Mesuré en bits par seconde, seules des valeurs numériques isolées sont échangées sporadiquement entre deux acteurs.

Le réseau de transactions monétaires n'est donc pas seulement unidimensionnel, mais aussi basse fréquence. L'information circule ponctuellement, non de manière continue.

Selon la loi de la variété requise d'Ashby, un système ne peut réguler que les états de l'environnement dont il peut représenter la variété en interne. La combinaison d'une représentation unidimensionnelle et d'un faible débit d'information limite considérablement la variété effective du mécanisme monétaire. La structure complexe de la création de valeur sociétale dépasse durablement cette capacité de représentation et de transmission.

Les modèles théoriques de marchés efficients, tels qu'ils ont été décrits notamment par Hayek, présupposent implicitement que les signaux de prix reflètent suffisamment rapidement et suffisamment précisément toutes les informations pertinentes dans le réseau. Dans ces conditions, le système s'auto-équilibrerait en permanence.

Empiriquement, cependant, on observe que des dysfonctionnements systémiques d'allocation, des bulles spéculatives et des crises surviennent de manière récurrente. Dans de telles situations, la coordination implicite par les signaux de prix échoue. La circulation de la monnaie doit alors être relancée par des interventions externes, comme Keynes l'a proposé.

Le modèle de Hayek décrit ainsi une constellation limite théorique de traitement optimal de l'information. Le système monétaire

historiquement réalisé opère cependant dans des conditions informationnelles nettement plus restrictives. Ses limites structurelles ne sont pas des défauts moraux, mais des conséquences directes de son architecture informationnelle réduite.

Un exemple particulièrement parlant de cette limitation structurelle est fourni par une crise économique. Lors d'une crise, il est frappant de constater que souvent peu de choses changent dans les fondements réels de la production : la planète est la même, le territoire est le même, la population avec ses compétences est toujours présente, les machines, les infrastructures et le savoir continuent d'exister. Ce qui se grippe en revanche, c'est la circulation de la monnaie.

La soi-disant crise économique est ainsi moins un effondrement de la capacité de production réelle qu'une défaillance du réseau d'information et de coordination basé sur la monnaie. Lorsque le token ne circule plus, les relations d'échange s'interrompent, bien que la capacité sous-jacente de création de valeur demeure inchangée. La crise apparaît comme économique, mais elle est structurellement un problème de communication. Et celui-ci est inhérent au mécanisme monétaire.

9.1.4. Absence de formation de volonté et non-adressabilité structurelle du bien commun

Le mécanisme monétaire ne possède aucun lieu où une volonté collective pourrait être formulée ou articulée. Les décisions émergent de manière décentralisée à partir de transactions locales et sont

coordonnées exclusivement par des boucles de rétroaction implicites.

Les prix agrègent des dispositions individuelles à payer, mais non des objectifs, des préférences ou des délibérations normatives. Le mécanisme ne peut donc ni fixer de priorités, ni mettre en balance des valeurs concurrentes, ni poursuivre des finalités explicites. La coordination s'effectue sans formation d'objectifs.

Le bien commun présuppose cependant la possibilité de formuler des intérêts collectifs, de les discuter et de les faire prévaloir face aux incitations individuelles. Cette forme de formation explicite de volonté n'est pas structurellement prévue dans le mécanisme monétaire. Des objectifs communs ne peuvent au mieux émerger que comme sous-produits non intentionnels, jamais comme résultats délibérés.

Le mécanisme monétaire produit ainsi un ordre sans finalité. Il coordonne les actions de manière efficiente, sans pouvoir distinguer entre des résultats socialement souhaitables et indésirables. La non-adressabilité du bien commun n'est pas une défaillance du mécanisme, mais une conséquence nécessaire de sa structure décentralisée et implicite.

9.1.5. Défaillance en cas de concentration

Le mécanisme monétaire présuppose implicitement que le médium de pilotage — la monnaie elle-même — circule de manière suffisamment distribuée. Ce n'est que lorsque de nombreux acteurs

disposent de pouvoir d'achat que la coordination décentralisée peut avoir lieu. Une concentration extrême de la monnaie sape structurellement cette condition.

Deux mécanismes favorisent une telle concentration. Premièrement, la monnaie engendre des possibilités d'influence politique. Le capital peut être employé pour influencer les règles, l'accès aux marchés ou les conditions institutionnelles, ce qui stabilise ou étend les positions patrimoniales existantes. Il en résulte une rétroaction positive entre pouvoir économique et pouvoir politique.

Deuxièmement, le capital suit, sous l'effet des intérêts composés, une dynamique exponentielle. Sous intérêts composés, le patrimoine croît selon

$$K(t) = K_0(1 + r)^t,$$

où de faibles différences initiales conduisent, sur de longues périodes, à des positions structurellement dominantes. Au-delà de certains seuils, le rattrapage devient pratiquement impossible pour les acteurs ultérieurs, indépendamment de leur capacité individuelle. Cette dynamique agit tant au niveau individuel qu'intérgénérationnel et entre économies nationales.

Lorsqu'une forte concentration survient, deux problèmes structurels apparaissent.

Premièrement, la monnaie perd sa **fonction de pilotage**. Lorsque seuls quelques acteurs disposent d'un pouvoir d'achat significatif, le mécanisme ne peut plus fonctionner comme système de coordination distribué. Une grande partie des nœuds du graphe social ne

dispose plus de tokens suffisants pour articuler efficacement ses préférences. La situation ressemble à un réseau en anneau à jeton dans lequel un seul nœud retient durablement le médium de pilotage. La coordination n'est alors plus distribuée, mais unilatérale.

Deuxièmement, il se produit une **perte de traitement distribué du savoir**. Le mécanisme de marché n'agrège que les informations qui s'expriment dans une demande solvable. Si le pouvoir d'achat est fortement concentré, les prix reflètent principalement les préférences de quelques acteurs. Le savoir distribué dans le reste du système n'entre plus dans la formation des prix. L'agrégation décentralisée du savoir, qui confère au mécanisme de marché sa performance, est structurellement réduite. Il en résulte une forme d'appropriation privée du savoir, fonctionnellement analogue à la concentration centralisée de l'information dans les systèmes bureaucratiques.

La défaillance en cas de concentration n'est donc pas un problème moral, mais structurel. Un mécanisme de coordination dont le médium de pilotage se concentre durablement perd les propriétés qui l'avaient initialement rendu performant.

9.2. Usage communautaire et propriété

Un bien peut être utilisé et géré collectivement par une communauté. Il s'agit typiquement d'une ressource limitée, par exemple un pâturage ou un champ, dont le rendement dépend du mode et de l'intensité de son utilisation.

Deux grandeurs sont déterminantes pour la stabilité d'un tel usage communautaire. Premièrement, il doit être possible de saisir quelle contribution les membres individuels apportent à la conservation et à l'amélioration du bien, par exemple par l'entretien, le travail ou l'investissement. Deuxièmement, il doit être observable dans quelle mesure les membres individuels prélèvent des rendements du bien.

Dans des communautés très restreintes, cette observation est possible. Les contributions et les prélèvements sont visibles, les écarts sont perçus et des sanctions sociales peuvent être efficaces. Dans ces conditions, un bien utilisé collectivement peut être géré de manière stable, sans règles formelles ni comptabilité explicite.

Lorsque la communauté s'agrandit, le nombre d'arêtes sociales pertinentes dépasse cependant la capacité d'observation individuelle. Pour l'acteur individuel, il devient impossible de discerner combien les autres investissent ou prélèvent. Il n'existe plus d'instance capable de saisir ces deux grandeurs de manière fiable.

Dans cette situation, les incitations se déplacent systématiquement. Les investissements dans le bien produisent des effets positifs pour tous, mais ne sont plus reconnus ou honorés de manière fiable au niveau individuel. Les prélèvements, en revanche, restent largement invisibles et ne sont plus effectivement sanctionnables.

La conséquence est une structure d'incitations asymétrique : il apparaît une incitation positive au prélèvement et aucune incitation efficace à l'investissement. Le comportement individuellement rationnel conduit à une diminution des contributions et à une

augmentation des prélèvements. Le bien utilisé collectivement est surexploité et perd progressivement sa productivité.

Cette dynamique n'est pas une défaillance morale d'acteurs individuels, mais une conséquence structurelle d'une capacité limitée d'observation et de communication. L'usage communautaire ne s'effondre pas malgré un comportement rationnel, mais précisément en raison de sa rationalité locale.

9.3. La propriété comme substitut de la communication

L'instabilité décrite de l'usage communautaire peut être corrigée par une intervention structurelle simple : le bien est décomposé en parties disjointes, et chaque partie est mise à la disposition exclusive d'un seul acteur.

Avec cette attribution naît la propriété. Un acteur obtient le droit d'usage exclusif sur une partie clairement délimitée du bien. Les autres membres de la communauté sont exclus de l'utilisation de cette partie. Le propriétaire dispose ainsi d'un monopole sur l'investissement et le prélèvement.

Grâce à cette exclusivité, la nécessité d'une observation sociale disparaît. Le propriétaire n'a besoin ni de saisir les contributions des autres ni de contrôler leurs prélèvements. Les deux grandeurs précédemment critiques — investissement et utilisation — sont réunies en une seule personne.

La structure des incitations change fondamentalement. Les investissements bénéficient exclusivement au propriétaire, de même que ses prélèvements en supportent seuls les conséquences à long terme. Les effets positifs et négatifs ne sont plus distribués, mais internalisés.

La propriété remplace ainsi la communication par la structure. À la place de la concertation communautaire intervient l'attribution de responsabilité exclusive. L'effort de coordination est minimisé en excluant les conflits potentiels plutôt qu'en les résolvant.

Le bien peut être géré de manière stable dans ces conditions. Non pas parce que le bien commun serait adressé, mais parce que les incitations individuelles et la conservation à long terme du bien sont structurellement mises en concordance.

9.4. La propriété comme algorithme de théorie des jeux

La propriété n'est pas un concept moral ou juridique au sens strict, mais un mécanisme de théorie des jeux destiné à stabiliser l'utilisation et l'investissement dans des conditions d'observabilité limitée.

Le mécanisme transforme un problème d'interaction collective en un ensemble de problèmes indépendants à un seul joueur. Par

l'attribution exclusive d'un bien, décision, responsabilité et conséquence sont réunies en une seule personne. Les interdépendances stratégiques entre acteurs sont structurellement réduites.

Dans une perspective de théorie des jeux, la propriété internalise les effets externes. Les investissements augmentent l'utilité future exclusivement pour le propriétaire, tandis que la surexploitation ne nuit qu'à lui seul. Les stratégies dominantes se déplacent ainsi du prélèvement à court terme vers la conservation et l'amélioration à long terme du bien.

L'algorithme ne nécessite ni communication ni coordination entre acteurs. Il ne présuppose aucun accord sur une distribution équitable, aucune formation explicite d'objectifs et aucune application de normes communautaires. La stabilité résulte uniquement du couplage des incitations individuelles aux conséquences à long terme.

La propriété n'adresse donc pas le bien commun au sens d'une finalité collective. Elle engendre cependant des effets socialement avantageux en assurant la productivité de biens individuels et en empêchant leur dégradation. L'ordre ne naît pas d'une décision commune, mais de l'individualisation structurelle de la responsabilité.

9.5. Avantages et effets non intentionnels du mécanisme de propriété

Les avantages du mécanisme de propriété découlent directement de ses objectifs de conception. La propriété est explicitement construite de manière à permettre la stabilisation de l'utilisation de biens rares dans des conditions de capacité limitée d'observation et de communication. L'exclusivité, l'internalisation des effets et les incitations à l'investissement à long terme ne sont pas des effets secondaires, mais des résultats intentionnels de l'algorithme.

Les effets problématiques de la propriété ne font en revanche pas partie de cette finalité. Ils ne résultent pas d'une mauvaise application ou d'une défaillance morale d'acteurs individuels, mais de l'application à long terme d'un mécanisme hautement spécialisé dans des contextes sociétaux complexes. Contrairement aux avantages, les inconvénients de la propriété ne sont pas explicitement conçus, souvent reconnaissables historiquement avec retard seulement, et structurellement complexes. Ils ne concernent pas la fonctionnalité du mécanisme lui-même, mais son interaction avec la croissance, le temps, l'inégalité et les intérêts collectifs.

Les sections suivantes sont donc consacrées à l'analyse systématique de ces effets non intentionnels. L'objectif n'est pas une évaluation normative de la propriété, mais la compréhension de ses limites structurelles dans les conditions de S .

9.5.1. Effet indirect sur le bien commun

Le mécanisme de propriété adresse principalement les incitations individuelles. Il optimise l'utilisation de biens individuels en liant pouvoir de décision, responsabilité et rendement à une seule personne. Les objectifs collectifs ou les priorités sociétales ne sont pas prévus dans le mécanisme lui-même.

Le bien commun n'émerge donc pas directement sous le régime de la propriété, mais tout au plus indirectement. Des biens plus productifs peuvent, en agrégat, générer une utilité sociétale, sans que cette utilité soit explicitement visée ou pilotée. Le bien commun est un effet secondaire possible, non un paramètre cible de l'algorithme.

Le bien commun n'est cependant pas la réunion des intérêts individuels. Il présuppose la capacité de mettre en balance des intérêts individuels concurrents et de les subordonner de manière situationnelle. Cette forme de priorisation collective ne peut être structurellement accomplie par la propriété.

Le mécanisme de propriété engendre ainsi de l'efficacité au niveau des ressources individuelles, mais ne possède aucun canal d'action direct pour adresser le bien commun.

9.5.2. Absence de couplage entre pouvoir de décision et compétence

Le mécanisme de propriété détermine qui a le droit de décider d'une ressource, mais ne dit rien sur l'aptitude de cet acteur à gérer ladite ressource. Le pouvoir de décision est couplé à la possession, non au savoir, à la capacité ou à la clairvoyance.

La propriété peut être acquise par achat, héritage ou attribution historique, indépendamment de la compétence du propriétaire. Le mécanisme ne contient aucun dispositif de sélection ou de correction qui empêcherait de manière fiable une mauvaise gestion.

Une utilisation improductive ou nuisible d'une ressource est donc structurellement possible et peut rester stable sur de longues périodes. Les conséquences négatives ne frappent pas exclusivement le propriétaire, mais fréquemment aussi des tiers ou la société dans son ensemble.

La propriété garantit que quelqu'un est responsable, mais ne garantit pas que cette responsabilité soit exercée avec compétence.

9.5.3. Dépendance au sentier temporel et transmission héréditaire

La propriété est conçue pour durer. Une fois attribuée, elle persiste sur de longues périodes et est fréquemment transmise de génération en génération. Les attributions antérieures se prolongent ainsi durablement dans l'avenir.

Cette persistance temporelle engendre une dépendance au sentier. Des distributions initiales aléatoires, historiques ou contingentes ne sont pas corrigées, mais structurellement stabilisées. Le mécanisme ne contient aucune possibilité interne de révision ou de réévaluation des attributions antérieures.

Par la transmission héréditaire, la propriété se découple progressivement du résultat de décisions individuelles. Le pouvoir de décision et la détention de ressources sont transmis sans que l'utilisation actuelle, le besoin ou la compétence soient pris en compte.

La propriété fonctionne ainsi comme un réservoir de distributions passées. Le temps n'agit pas de manière compensatoire, mais de manière amplificatrice, en consolidant les différences existantes.

9.5.4. Accumulation et concentration au fil du temps

La propriété possède une dynamique récursive : la propriété existante facilite l'acquisition de propriété supplémentaire. Les ressources, la sécurité et l'accès au capital augmentent la capacité d'acquérir des biens supplémentaires et de diversifier les risques.

Cette dynamique agit de manière cumulative. Sur de longues périodes, elle conduit à une concentration croissante de la propriété entre les mains de quelques acteurs. Le mécanisme ne contient aucun effet d'amortissement ou de compensation inhérent qui limiterait cette évolution.

La concentration qui en résulte n'est pas le produit de mauvaises décisions individuelles, mais une conséquence systémique de la

logique de la propriété elle-même. La propriété se reproduit, indépendamment de l'efficacité d'utilisation ou du besoin sociétal.

Avec une concentration croissante, le caractère du mécanisme se transforme. La propriété ne sert plus principalement à stabiliser des ressources individuelles, mais devient un instrument de contrôle sur d'autres ressources.

9.5.5. Dynamique patrimoniale exponentielle et impossibilité structurelle de rattrapage

La dynamique temporelle de la propriété n'est pas linéaire, mais exponentielle. Le patrimoine existant engendre du patrimoine supplémentaire, par exemple par des rendements, des intérêts ou des mécanismes d'amplification comparables. La croissance est proportionnelle au stock existant.

Les processus exponentiels évoluent de manière quasi plate sur de longues périodes. Les différences entre acteurs apparaissent d'abord faibles et socialement peu remarquables. Cela crée l'impression d'une stabilité et d'une durabilité à long terme du mécanisme.

À partir d'un certain point, cependant, la dynamique s'accélère brusquement. Les écarts de patrimoine ne croissent alors plus lentement, mais de manière accélérée. Les acteurs dépourvus de patrimoine initial significatif ne peuvent structurellement plus combler cet écart, indépendamment de leur performance individuelle ou de leur épargne.

Cette impossibilité de rattrapage vaut tant au niveau individuel qu'au niveau collectif. Des individus aussi bien que des sociétés ou des États entiers ne peuvent plus compenser les différences patrimoniales existantes par la croissance ou des gains de productivité.

L'inégalité passe ainsi d'un problème de distribution à une impossibilité dynamique. Le temps n'agit pas de manière compensatoire, mais comme amplificateur des asymétries existantes.

9.5.6. Absence de rendement pour le bien commun des gains de productivité

Le mécanisme de propriété engendre des gains de productivité au niveau des ressources individuelles. Ces gains ne sont cependant pas liés à une transmission ou à une utilisation sociétale. Le mécanisme ne contient aucune règle selon laquelle les rendements supplémentaires devraient revenir au bien commun.

Au contraire, les gains de productivité sont fréquemment réabsorbés. Les excédents augmentent la marge de consommation individuelle des propriétaires ou alimentent une accumulation supplémentaire. Des effets rebond font que les gains d'efficacité ne se traduisent pas par des améliorations proportionnelles du bien-être sociétal.

Avec l'accroissement de la détention de ressources, les rendements supplémentaires sont soumis à une utilité marginale décroissante. Des possibilités de consommation supplémentaires procurent une utilité additionnelle faible, tandis que simultanément des besoins fondamentaux d'autres acteurs restent insatisfaits.

Le mécanisme optimise ainsi la productivité des biens, mais non la distribution de leurs rendements. Les effets escomptés à moyen terme pour le bien commun ne se matérialisent que de manière limitée ou restent absents.

9.5.7. Usage catégoriellement erroné d'un mécanisme puissant

Le mécanisme de propriété est un instrument hautement efficace pour stabiliser l'utilisation de ressources rares et rivales. Son efficacité a conduit au fil du temps à l'élaboration d'un cadre institutionnel étendu, en particulier dans le système juridique. Titres, contrats, tribunaux et mécanismes d'exécution confèrent à la propriété une grande robustesse et une forte capacité d'application.

Cette force institutionnelle favorise cependant une erreur catégorielle : la propriété est appliquée à des objets pour lesquels les conditions du mécanisme ne sont pas remplies. L'algorithme est généralisé alors que ses conditions de validité sont violées.

Propriété intellectuelle. Le savoir, les idées, les œuvres culturelles ou les logiciels ne sont pas des biens rivaux. Leur utilisation par un acteur n'exclut pas les autres et ne crée pas de problème de prélèvement. Des investissements continus dans la conservation du bien ne sont pas non plus nécessaires. La finalité centrale du mécanisme de propriété disparaît.

L'application de l'exclusivité engendre dans ce contexte une rareté artificielle, sans résoudre un problème réel de coordination. La propriété n'est pas employée ici pour stabiliser l'utilisation, mais pour imposer l'exclusion. Le mécanisme agit de manière inadaptée.

L'esclavage. L'application du concept de propriété aux êtres humains constitue un cas limite catégoriel. Les êtres humains ne sont ni des biens, ni des ressources, ni des objets d'optimisation. Leur traitement comme propriété nie l'autonomie, la dignité et la capacité d'action propre.

Historiquement, cet emploi du mécanisme de propriété a été largement garanti par des titres, des contrats, des tribunaux et des institutions. Cela ne renvoie pas à une défaillance fonctionnelle du mécanisme. Au contraire : la propriété a rempli sa fonction coordinatrice également dans ce contexte, en attribuant clairement contrôle, investissement et rendement et en maintenant le système stable sur de longues périodes.

La rupture se situe exclusivement au niveau moral. Un mécanisme fonctionnellement efficace a été appliqué avec succès à un objet pour lequel il est par principe inadmissible. Ici, la propriété n'échoue pas en tant qu'algorithme, mais en tant que principe moralement légitimable.

9.6. Coexistence, institutionnalisation et couplage structurel

Les mécanismes décrits dans ces deux chapitres n'existent pas historiquement de manière isolée. Bureaucratie, monnaie et propriété ne sont pas des formes d'organisation alternatives entre lesquelles les sociétés choisissent, mais des solutions structurellement couplées qui se stabilisent mutuellement.

La bureaucratie permet l'application de la propriété. Celle-ci définit à son tour des attributions exclusives de ressources à des acteurs individuels et crée ainsi les conditions de l'échange. La monnaie enfin abstrait cet échange en un token universel et permet une coordination décentralisée sur de grandes distances.

Sans pouvoir d'exécution bureaucratique, la propriété ne serait pas stable. Les contrats ne pourraient être imposés, les droits ne pourraient être protégés, les dettes ne pourraient être recouvrées. La monnaie perdrait dans un tel contexte sa fiabilité. Elle dépend structurellement d'une instance qui garantit l'exclusivité et sanctionne les violations de règles.

Inversement, une bureaucratie à grande échelle est difficilement opérationnelle sans monnaie. La planification centrale se heurte à ses limites face à une complexité croissante. L'approvisionnement décentralisé en biens, l'allocation flexible de la main-d'œuvre et l'organisation de chaînes de valeur différenciées nécessitent un médium de coordination scalable. La monnaie assume cette fonction.

La propriété enfin n'est ni exclusivement liée à l'économie de marché ni optionnelle. Les systèmes étatiques opèrent également avec des titres d'accès exclusifs, même lorsque ceux-ci sont ancrés institutionnellement plutôt qu'individuellement. La propriété du peuple n'est pas un accès communautaire au sens des communs, mais une forme institutionnalisée de disposition exclusive.

Il en résulte structurellement une relation récursive : la bureaucratie stabilise la propriété, la propriété rend la monnaie pertinente, la monnaie finance et étend la bureaucratie.

Les mécanismes ne se complètent donc pas seulement fonctionnellement, mais se conditionnent mutuellement. Ils forment un système clos d'habilitation réciproque. Leur robustesse historique ne s'explique pas par une supériorité normative, mais par ce couplage structurel.

Dans la réalité sociétale R , ces mécanismes ne restent pas neutres. Ils sont ancrés institutionnellement, engendrent des asymétries et deviennent des vecteurs de pouvoir. Des mécanismes de coordination se transforment en mécanismes de domination.

En particulier, la monnaie et la propriété possèdent une tendance marquée à l'accumulation. Les ressources accumulées peuvent être converties en influence politique. Le pouvoir politique stabilise à son tour les rapports de propriété et les avantages monétaires. Il en résulte une dynamique récursive dans laquelle pouvoir économique et pouvoir politique se renforcent mutuellement.

Les mécanismes développés dans le S historique ne structurent donc pas seulement la production et la création de valeur, mais à

long terme également l'ordre social, la distribution du pouvoir et les marges d'action. Leur combinaison engendre de la stabilité — et en même temps des tensions systémiques qui ne peuvent être entièrement résolues à l'intérieur du même espace mécanistique.

Question finale. Le monde ne se réduit pas à la création de valeur. Par quels mécanismes la coordination sociale et l'ordre sont-ils assurés en dehors des chaînes de création de valeur ?

10. Mécanismes complémentaires de l'ordre social

Dans les chapitres précédents, la bureaucratie, la monnaie et la propriété ont été décrites comme technologies centrales d'ordonnement du système S . Ces mécanismes permettent la mise à l'échelle, la coordination et la division du travail dans des sociétés vastes et anonymes. Ils opèrent principalement par des règles formelles, des symboles abstraits et des procédures institutionnalisées.

Ces technologies d'ordonnement ne sont cependant ni complètes ni suffisantes. Historiquement comme actuellement, elles ont toujours été intégrées dans d'autres mécanismes qui interviennent là où les institutions formelles atteignent leurs limites. L'ordre social n'a jamais été porté uniquement par la bureaucratie, la monnaie ou la propriété, mais toujours par une interaction de structures formelles et informelles.

Ce chapitre est consacré à trois de ces mécanismes complémentaires : la famille, la réputation (avec l'honneur comme cas particulier) et la morale. Leur point commun est qu'ils n'opèrent pas principalement par des procédures formelles, mais peuvent être compris comme des réponses fonctionnelles à la surcharge cognitive dans les grands systèmes sociaux. Ils réduisent la complexité non par l'institutionnalisation, mais par la proximité, l'observation collective ou l'auto-engagement.

Les sections suivantes analysent ces mécanismes non comme des évidences culturelles ou des idéaux normatifs, mais comme des éléments d'un Mechanism Design qui résulte des capacités de calcul limitées du cerveau humain. Ils complètent les technologies d'ordonnement décrites précédemment, sans les remplacer, et rendent visible comment l'ordre social est stabilisé également au-delà des institutions formelles.

10.1. La famille comme mécanisme de substitution de l'ordre social

La famille désigne dans ce contexte non pas une unité primitivement biologique ou généalogique, mais un petit groupe clairement délimité au sein d'un vaste graphe social. Ce qui est déterminant n'est pas la parenté, mais la taille du groupe et la lisibilité sociale.

Une famille est suffisamment petite pour qu'une observation sociale complète soit possible. Les actions, les motivations et les réactions des participants sont directement perceptibles par tous les membres du groupe. La rétroaction sociale s'effectue immédiatement, la responsabilité est personnellement attribuable, et le comportement peut être coordonné sans règles formalisées.

En ce sens, une famille peut prendre différentes formes concrètes. Une colocation, un groupe de rock en tournée, un petit atelier d'artisans ou un réseau d'amis proches remplissent dans ces conditions la même fonction structurelle. Le terme « famille » désigne

ici un algorithme d'ordonnement dans S , et non une catégorie culturelle ou biologique dans R .

Historiquement, cette structure est un vestige d'une phase où la complexité sociale était faible et le graphe social restait globalement petit. Dans cette préhistoire, la quasi-totalité des relations sociales était organisée sur un mode familial. Avec la croissance de la taille des sociétés, cette structure perd sa capacité de portée générale, mais reste localement efficace.

La famille fonctionne donc à la fois comme relique historique et comme mécanisme de substitution encore utilisé. Elle intervient là où les technologies d'ordonnement abstraites comme la monnaie, le droit ou la bureaucratie ne fonctionnent pas ou insuffisamment. Cela vaut en particulier pour la sphère domestique, pour le travail de soin, les liens affectifs et les engagements à long terme, qui ne peuvent être que partiellement traduits institutionnellement.

L'ancrage culturel de la famille varie fortement selon les époques et les sociétés. Les modèles de rôles, les rituels et les normes sont l'expression de cet ancrage dans R . Il faut cependant en distinguer strictement la structure sous-jacente dans S : un petit groupe entièrement lisible comme moyen de stabilisation de l'ordre dans des conditions de gouvernabilité formelle limitée.

10.1.1. Les avantages de la famille comme technologie d'ordonnement

L'avantage central des structures familiales réside dans la lisibilité sociale complète. Le groupe étant petit, les actions, les motivations et les réactions des participants sont directement observables par tous les membres. La rétroaction sociale s'effectue sans délai, la responsabilité est clairement attribuable, et le comportement n'a besoin d'être ni abstrait ni formalisé.

La famille permet l'ordre sans règles explicites. La coordination naît de la proximité, de l'interaction répétée et du savoir implicite sur les autres acteurs. Les normes ne sont pas fixées par écrit, mais adaptées de manière situationnelle et continuellement actualisées. Cela permet une grande sensibilité au contexte, qui fait défaut aux technologies d'ordonnement formelles.

Un autre avantage réside dans la robustesse face aux défaillances formelles. Les structures familiales interviennent là où la monnaie, le droit ou la bureaucratie ne sont pas disponibles ou pas raisonnablement applicables. En particulier dans la sphère domestique, dans le travail de soin et pour les engagements à long terme, la famille permet la capacité d'action au-delà de la logique contractuelle ou monétaire.

Enfin, la famille permet un couplage étroit entre action et conséquence. Puisque les effets de ses propres actions sont immédiatement perceptibles, cette structure favorise la prise de responsabilité sans abstraction morale. L'ordre ne naît pas d'une imposition externe, mais du lien personnel.

10.1.2. Les inconvénients de la famille comme technologie d'ordonnement

Les avantages de l'ordre familial sont indissociablement liés à sa petite taille. La famille n'est pas évolutive. Dès que le graphe social s'élargit, la lisibilité complète et la rétroaction immédiate se perdent. En tant que principe d'ordonnement général, la famille est donc inadaptée.

Du fait de cette forte limitation, la famille n'est pas adaptée à l'orchestration d'une création de valeur complexe.

La forte personnalisation des relations conduit en outre à des dépendances. Puisque l'ordre repose sur la proximité, la loyauté et le lien personnel, les asymétries de pouvoir ne peuvent être neutralisées. Les conflits sont difficiles à externaliser, car il n'existe ni procédures indépendantes ni instances formelles.

La famille est de surcroît hautement opaque. Les normes sont implicites, situationnelles et non explicitement justifiables. Cela entrave la critique, la réflexion et l'apprentissage systématique. Les comportements fautifs sont rarement analysés, mais traités émotionnellement, ce qui peut assurer la stabilité à court terme mais la bloquer à long terme.

Enfin, l'ordre familial dépend fortement de l'ancrage culturel. Les rôles, les attentes et les obligations sont fréquemment naturalisés et présentés comme allant de soi. De ce fait, des contingences historiques et des empreintes culturelles peuvent apparaître comme un ordre immuable. Ce qui stabilise localement peut avoir un effet

excluant au niveau sociétal et supplanter des formes d'ordonnement alternatives.

10.2. La réputation comme mécanisme de substitution de l'ordre social

10.2.1. La réputation comme processus de décharge cognitive

La réputation est un mécanisme de décharge cognitive des acteurs dans les grands graphes sociaux. Elle réduit l'effort d'observation individuelle en déplaçant le monitoring du comportement social des acteurs individuels vers la communauté.

Au lieu de devoir observer et évaluer soi-même toutes les arêtes pertinentes du graphe social, l'acteur recourt à des informations agrégées issues d'observations distribuées d'autrui. La réputation remplace ainsi le monitoring individuel par une statistique tenue collectivement.

L'effet de décharge ne provient pas de la réduction du graphe social, mais de la réduction de l'observation propre nécessaire. La complexité est préservée, mais condensée informationnellement et rendue accessible.

10.2.2. Le fonctionnement de la réputation

La réputation naît de l'externalisation de l'observation sociale vers une multitude d'acteurs. Chaque acteur n'observe qu'un petit segment du graphe social et accumule des expériences locales concernant le comportement d'autrui. Ces observations s'effectuent de manière décentralisée, non planifiée et sans vue d'ensemble complète.

Les observations individuelles sont accumulées socialement. Par la communication, la transmission d'expériences et l'interaction répétée, les impressions locales se condensent en un statut agrégé. Ce statut n'est pas le résultat d'une coordination consciente, mais émerge comme sous-produit de l'observation collective.

Pour l'acteur individuel, la réputation devient consultable. Au lieu d'observer lui-même le comportement, il peut accéder à l'état condensé produit par la communauté. La réputation fonctionne ainsi comme interface entre la décision individuelle et l'expérience collective.

Le mécanisme est de nature statistique. La réputation ne constitue pas une description complète d'un acteur, mais une agrégation grossière et sujette à des pertes d'information. Sa fonction ne réside pas dans la précision, mais dans une fiabilité suffisante pour réduire la charge cognitive lors du choix de partenaires de coopération.

10.2.3. Les avantages de la réputation comme technologie d'ordonnement

L'avantage central de la réputation réside dans sa capacité à réduire la surcharge cognitive sans simplifier le graphe social lui-même. La complexité est préservée, mais condensée informationnellement. Les acteurs peuvent prendre des décisions sans avoir à observer eux-mêmes toutes les interactions pertinentes.

La réputation permet l'ordre dans des systèmes ouverts, vastes et dynamiques. Puisque l'observation s'effectue de manière décentralisée et que l'agrégation n'a pas besoin d'être pilotée centralement, le mécanisme est hautement évolutif. Il fonctionne également là où la connaissance personnelle, le contrôle formel ou l'application institutionnelle font défaut.

Un autre avantage réside dans la capacité d'apprentissage du système. Puisque la réputation repose sur des observations répétées, elle peut s'adapter au fil du temps. Le comportement n'est pas jugé une seule fois, mais continuellement réévalué. Un comportement fautif ne conduit pas nécessairement à une exclusion permanente, mais peut être progressivement compensé par une action cohérente.

La réputation est en outre sensible au contexte. Elle peut opérer de manière spécifique à un domaine et refléter différents aspects du comportement, comme la fiabilité, la qualité ou la capacité de coopération. Contrairement aux techniques d'ordonnement binaires, elle permet une différenciation graduelle et des choix de sélection plus fins.

Enfin, les ordres fondés sur la réputation émergent avec des coûts institutionnels comparativement faibles. Puisque la sanction s'effectue principalement par l'attractivité et la disposition à coopérer, aucune application formelle n'est nécessaire. L'ordre n'est pas imposé, mais résulte de l'agrégation de l'expérience collective.

10.2.4. Les inconvénients de la réputation comme technologie d'ordonnement

Les avantages de l'ordre fondé sur la réputation s'accompagnent de risques structurels résultant de sa nature statistique. La réputation est nécessairement une agrégation grossière d'observations distribuées et donc susceptible de distorsion. Des événements isolés peuvent être sur- ou sous-pondérés, le contexte se perd, et des schémas comportementaux complexes sont réduits à des évaluations simples.

Puisque la réputation repose sur l'observation collective, elle est soumise à des dynamiques de troupeau. Une impression une fois établie tend à se renforcer elle-même, indépendamment de la performance ou du comportement actuel. Les réputations positives comme négatives peuvent ainsi devenir dépendantes du sentier et difficilement corrigeables.

Les systèmes de réputation sont en outre manipulables. Leur valeur étant élevée, des incitations apparaissent pour influencer délibérément les évaluations, simuler des comportements ou nuire stratégiquement à autrui. La qualité de l'agrégation dépend ainsi moins de la vérité que de la robustesse du système face à la manipulation.

Un autre problème réside dans le pouvoir sur l'agrégation. Celui qui décide quelles observations comptent, comment elles sont pondérées et comment la réputation est rendue visible, dispose d'un pouvoir de pilotage considérable. La réputation n'est donc pas neutre, mais toujours liée à des infrastructures, des plateformes ou des gatekeepers sociaux.

Enfin, la réputation déplace la responsabilité du jugement individuel vers des résultats statistiques. Les acteurs prennent des décisions sur la base de valeurs agrégées sans comprendre leur genèse. L'action apparaît rationnelle, mais peut renforcer des dérives systémiques, car la responsabilité individuelle disparaît derrière la statistique collective.

Addendum : L'honneur comme cousin de la réputation

L'honneur peut être compris comme un mécanisme étroitement apparenté à la réputation, qui opère dans des conditions de traitement de l'information fortement restreint. Comme la réputation, l'honneur sert à la décharge cognitive en remplaçant le monitoring individuel par une évaluation collectivement tenue. La différence ne réside pas dans la finalité, mais dans la forme de l'agrégation.

Alors que la réputation opère de manière continue, contextuelle et graduelle, l'honneur est normativement condensé et binaire. Il comprime l'observation collective en quelques seuils moralement très chargés. L'honneur ne décide pas de la qualité de l'action de quelqu'un, mais de la question de savoir si une personne est supportable ou non au sein de la communauté.

Un exemple classique d'un tel code d'honneur est la *Besa* albanaise. La *Besa* désigne une promesse publiquement reconnue, dont le respect détermine le statut social d'une personne. Celui qui tient la *Besa* est considéré comme honorable et digne de confiance ; celui qui la rompt ne perd pas seulement sa réputation, mais son existence sociale au sein de la communauté.

La *Besa* fonctionne ainsi comme une technologie d'ordonnement d'extrêmement faible complexité. Au lieu d'évaluer le comportement de manière continue, le monitoring se concentre sur quelques actions morales fondamentales. La communauté tient implicitement une statistique binaire : honneur intact ou honneur perdu. Cette forte compression permet l'ordre dans des conditions d'observabilité minimale, mais s'accompagne d'une forte escalade et d'une faible réparabilité.

L'honneur n'est donc pas une forme primitive de la réputation moderne, mais son cas limite normativement condensé. Il remplit la même fonction de décharge cognitive, mais sacrifie la résolution informationnelle au profit d'une efficacité sociale maximale.

10.3. La morale comme mécanisme de substitution de l'ordre social

10.3.1. Remarque préliminaire : Décharge normative sous surcharge cognitive

Dans les grandes sociétés, la complexité de l'environnement social ($|V| \gg k$) dépasse la capacité de traitement cognitif des acteurs individuels. La plupart des techniques d'ordonnancement y répondent en régulant le comportement par l'observation d'autrui : par des sanctions, la réputation, le contrôle institutionnel ou l'attente réciproque.

Le mécanisme considéré ici suit une logique différente. Il ne part pas de l'observation du comportement d'autrui, mais de l'auto-description de sa propre action. À la place de la perception sociale intervient une règle interne : non pas la question de ce que les autres font ou voient, mais de ce à quoi son propre comportement doit ressembler et quelles limites il doit avoir.

Cette règle opère indépendamment de la visibilité sociale et intervient en particulier là où l'observation externe, la sanction ou la rétroaction échouent. L'orientation ne se fait pas par rapport aux autres, mais par rapport à un critère généralisé pour son propre comportement.

En ce sens, le mécanisme fonctionne comme mode par défaut de l'orientation normative et permet la capacité d'action même dans des conditions où le contrôle social fait défaut.

10.3.2. La morale comme système de règles

La morale désigne un système de règles de comportement généralisées qui s'applique indépendamment des situations concrètes et des relations individuelles. Ces règles formulent des attentes envers sa propre action et définissent les comportements admissibles et inadmissibles.

Les règles morales ne sont pas descriptives, mais normatives. Elles ne décrivent pas comment on agit, mais comment on doit agir. Leur validité n'est pas liée à une observation concrète, mais est présumée comme fondamentale.

Le système de règles est découplé du sujet individuel : l'acteur ne suit pas les règles morales en raison de l'observation ou de la sanction, mais parce que les règles sont internalisées comme critère contraignant pour son propre comportement. La morale opère ainsi principalement comme auto-engagement.

Formellement, la morale peut être comprise comme un ensemble de règles déontiques stabilisées qui délimitent les espaces d'action sans nécessiter de délibération situationnelle ni de connaissance de l'environnement actuel.

10.3.3. Le fonctionnement de la morale

La morale remplit sa fonction ordonnatrice non par l'explication, mais par la réduction. Elle remplace l'observation sociale complexe par des règles simples applicables de manière interne.

Dans la mesure où les règles morales s'appliquent indépendamment de la situation, de l'interlocuteur et du contexte, elles déchargent de l'évaluation continue de l'environnement social. L'action devient possible sans avoir à anticiper les motifs, les attentes ou les réactions d'autrui.

La morale opère ainsi comme mécanisme de limitation de son propre espace d'action. Elle définit à l'avance quelles actions sont exclues et lesquelles sont considérées comme admissibles. Cette pré-structuration réduit l'effort de décision et permet la capacité d'action dans des conditions de forte incertitude.

En même temps, la morale stabilise les attentes dans la société. Puisqu'on peut supposer que les règles morales sont généralement connues, le comportement devient prévisible sans concertation directe. L'ordre naît non de la coordination, mais de l'auto-engagement parallèle.

10.3.4. Morale et éthique : logiciel d'action individuel et production normative

La morale existe exclusivement au niveau de l'acteur individuel. Chacun dispose d'exactly une morale, entendue comme système de règles internalisé qui guide son action concrète.

Il n'existe pas de morale collective ou universellement normative. Ce qui apparaît comme morale sociétale est le résultat de la synchronisation de morales individuelles par des sources éthiques communes, des institutions et l'application sociale.

L'éthique désigne en revanche le processus dans lequel les normes sont réfléchies, fondées et formulées. Elle n'opère pas de manière guidant l'action, mais produit des offres normatives qui peuvent être internalisées par les acteurs. L'éthique n'est donc pas elle-même une morale, mais la source dont la morale individuelle se nourrit.

10.3.5. Modes de production normative éthique

L'éthique auto-normative produit des normes sans prétention à la validité universelle. Elle répond à la question de savoir comment un acteur, dans des circonstances données, peut assumer la responsabilité de sa propre action. Les normes qui en résultent sont situationnelles, contextuelles et non transférables, mais débouchent toujours sur une morale individuelle.

L'éthique universellement normative produit des normes avec la prétention d'une validité générale. Elle vise la mise à l'échelle, la synchronisation et l'ordre social. Ces normes non plus ne deviennent pas directement efficaces, mais seulement par leur internalisation dans la morale des acteurs individuels.

10.3.6. Développement sociétal et différenciation éthique

Sociétés préhistoriques

Dans les sociétés petites et clairement délimitées ($|V| \ll k$), la complexité sociale est directement observable. L'éthique auto-normative

suffit pour orienter l'action individuelle.

Éthique et morale coïncident largement, car la production normative, l'internalisation et la rétroaction sociale s'effectuent de manière immédiate.

Franchissement de la limite cognitive

Avec la croissance de la taille des sociétés, l'environnement social dépasse la capacité de traitement cognitif des acteurs individuels. L'observation directe devient impossible, la rétroaction se retarde, la responsabilité devient diffuse.

La séparation entre monde vécu et monde systémique apparaît.

L'éthique universellement normative comme réponse au monde systémique

Le monde systémique engendre des angles morts : les actions déploient des conséquences qui ne sont plus appréhendables. L'éthique universellement normative tente de combler ces lacunes en formulant des normes à validité générale.

Ces normes sont transposées dans la morale individuelle par l'éducation, la religion, le droit et les institutions et synchronisent le comportement sans observation sociale directe.

La période axiale comme point culminant

Le concept de période axiale remonte à Karl Jaspers et désigne une période historique située approximativement entre le VIII^e et le III^e siècle av. J.-C. Durant cette période apparaissent, dans des régions du monde largement indépendantes les unes des autres, de nouvelles formes de réflexion normative qui marquent jusqu'à aujourd'hui la pensée éthique et religieuse.

Parmi les figures de la période axiale, on compte notamment : Confucius et Laozi en Chine, les Upanishads, le bouddhisme et le jaïnisme en Inde, les prophètes hébreux au Proche-Orient ainsi que Socrate, Platon et Aristote dans le monde grec. Malgré de grandes différences culturelles, ces penseurs et écoles développent des réponses structurellement comparables aux questions fondamentales de l'action humaine.

Le point commun de ces approches est qu'elles ne dérivent plus les normes principalement de la tradition, du mythe ou de l'ordre social immédiat, mais de la réflexion explicite. L'éthique devient visible comme processus autonome qui formule des critères généraux et revendique une validité au-delà des contextes locaux.

Dans le cadre de cet ouvrage, la période axiale peut être comprise comme point culminant historique de l'éthique universellement normative. Les grandes sociétés avaient à ce moment atteint une complexité qui dépassait l'observation sociale directe et la rétroaction. Les actions déployaient des conséquences qui n'étaient plus appréhendables pour l'individu.

L'éthique universellement normative répond à cette situation en formulant des règles généralisées censées s'appliquer indépendamment des relations concrètes. Ces règles ne visent pas l'adéquation situationnelle, mais l'évolutivité et la synchronisation de la morale individuelle dans des sociétés anonymes.

L'émergence quasi simultanée de ces formes de pensée sur différents continents n'est donc pas un hasard. Elle est l'expression d'un problème structurel commun : la surcharge cognitive des sociétés croissantes et la nécessité de stabiliser l'ordre au-delà du contrôle social direct.

L'ancrage religieux de la morale et de l'éthique

La morale et l'éthique comptent parmi les éléments d'un système social les plus difficiles à identifier. Cela tient au fait qu'elles ne sont pas principalement ancrées dans des institutions ou des procédures explicites, mais opèrent profondément intégrées dans la réalité sociale (*R*). Elles sont véhiculées par la culture, les pratiques, les rituels, les traditions et, sur de longues périodes, en particulier par les religions.

Ce profond ancrage rend difficile leur séparation analytique de l'action quotidienne et de l'évidence sociale. Alors que le droit, la monnaie ou la bureaucratie sont visibles et formalisables comme technologies d'ordonnement autonomes, la morale et l'éthique opèrent fréquemment de manière implicite, incarnée et habituelle.

Parmi ces médiums porteurs, les ancrages religieux revêtent une importance particulière. La religion ne fonctionne pas ici comme narcotique idéologique ou comme obstacle au progrès politique. Historiquement considérée, elle était avant tout un fondement nécessaire de l'ordre public dans des conditions de haute complexité sociale.

Les systèmes religieux fondent les règles morales fréquemment dans des mondes de référence comparativement simples. Dieu, le paradis, les représentations de l'au-delà ou un langage imagé fortement symbolique fournissent des modèles d'ordonnement de faible complexité. Ces mondes de justification ne sont expressément pas ancrés dans le monde social réel.

La raison en est non pas l'éloignement de la réalité, mais la nécessité fonctionnelle. Le monde social réel était caractérisé par des causalités retardées, non linéaires et distribuées et était donc inadapté comme référence normative. Une justification éthique dans le monde réel aurait présupposé un degré de vue d'ensemble, d'imputation et de compréhension qui était cognitivement irréalisable.

L'éthique nécessite donc un monde de justification de faible complexité dans lequel les actions peuvent être évaluées sans ambiguïté, la culpabilité et le mérite clairement attribués et les attentes normatives stabilisées. Les mondes artificiels religieux remplissaient exactement cette fonction et permettaient de synchroniser durablement la morale comme logiciel d'action individuel dans des conditions de surcharge structurelle.

10.3.7. Avantages de la morale comme technologie d'ordonnement

La morale réduit massivement les exigences cognitives : en projetant des situations sociales complexes sur des règles déontiques prédéfinies, elle permet la capacité d'action sans observation situationnelle, délibération ni connaissance des motifs d'autrui. Le comportement devient ainsi prévisible sans concertation permanente — l'ordre naît de l'auto-engagement parallèle. Puisque les règles morales sont efficaces indépendamment de la proximité personnelle, ce mécanisme est évolutif dans les grandes sociétés anonymes où le contrôle social direct échoue.

L'éthique universellement normative permet en outre la synchronisation d'une multitude de morales individuelles à partir d'offres normatives communes et engendre une cohérence sociétale à faibles coûts institutionnels. L'ordre est maintenu non par la contrainte, mais par l'internalisation.

10.3.8. Inconvénients de la morale comme technologie d'ordonnement

Les avantages fonctionnels de la morale s'accompagnent d'inconvénients structurels. Précisément parce que la morale réduit la complexité, elle perd nécessairement en sensibilité au contexte, à la situation et aux effets secondaires. Les actions sont évaluées comme justes ou fausses indépendamment des circonstances concrètes, même là où une délibération différenciée serait appropriée.

La morale déplace la responsabilité de l'acteur agissant vers des systèmes de règles, des commandements ou des autorités supérieures. À la place du jugement propre intervient l'orientation selon des normes prédéfinies. L'action peut ainsi paraître moralement correcte sans que la responsabilité des conséquences réelles soit assumée.

De plus, la morale bloque l'apprentissage systématique. Puisque les règles morales sont normativement fixées, elles ne sont pas falsifiables. Les écarts sont sanctionnés, au lieu d'être utilisés comme retour d'information pour l'adaptation. Les erreurs engendrent la culpabilité, non la connaissance.

La morale universaliste engendre en outre une surcharge structurelle. Puisque ses règles s'appliquent indépendamment de la réalité et du contexte, l'échec est inévitable. L'écart entre la norme simple et le monde complexe produit une déviation permanente, de la culpabilité et un besoin de justification.

Dans les conflits, la morale a un effet escalatoire. La déviation n'apparaît pas comme différence, mais comme injustice. Les conflits sont moralisés, non négociés. Cela accroît la polarisation et légitime l'exclusion plutôt que la compréhension mutuelle.

Enfin, la morale supplante d'autres techniques d'ordonnement. Là où l'auto-engagement moral assure l'ordre, le droit, les procédures et les compétences institutionnelles deviennent secondaires. La morale n'agit ainsi pas de manière complémentaire, mais en concurrence avec d'autres formes de gouvernance sociétale. Ce qui stabilise l'ordre peut en même temps bloquer son évolution.

10.4. Synthèse et perspectives

Aucun des mécanismes décrits ici n'est capable d'assurer l'ordre à lui seul. Famille, réputation, morale — tout comme bureaucratie, monnaie et propriété — n'ont historiquement jamais fonctionné de manière isolée, mais toujours en interaction. Ce sont tous des éléments de Mechanism Design qui ne procèdent pas de programmes politiques, mais des capacités de calcul limitées du cerveau humain : des réponses fonctionnelles à la surcharge, l'opacité et le manque de vue d'ensemble dans les grands systèmes sociaux.

Il est ainsi démontré que S existe comme système autonome — rempli de mécanismes concrets, non réduit à l'idéologie ou au récit culturel. L'énorme stabilité de ces mécanismes a porté l'ordre social sur une période de deux à six mille ans, après que l'être humain eut quitté l'état de transparence sociale complète.

Question finale. Mais que se passe-t-il lorsque S se transforme substantiellement pour la première fois ? Comment l'ordre social se modifie-t-il lorsque ces mécanismes qui ont compensé la surcharge cognitive pendant des millénaires perdent en efficacité ou sont remplacés par de nouvelles structures ?

Troisième partie

Le Numérique et sa Préhistoire

11. Le Digital

11.1. Le Digital comme nouvelle méga-époque

Nous avons vu que la réalité sociale R n'est pas donnée immédiatement, mais qu'elle est constituée par des mécanismes sociaux S . Nous avons également vu que ces mécanismes sont restés remarquablement stables dans leurs formes fondamentales au fil des millénaires.

Avec la numérisation, ce constat change. L'ensemble des mécanismes sociaux n'est, pour la première fois, substantiellement plus le même. Un nouveau S' émerge, qui ne peut être compris comme une variation continue, un développement ultérieur ou une recombinaison de l'ancien S .

Avec S' , la réalité sociale se transforme inévitablement elle aussi. Un R' émerge, dont la structure, les stabilités et les lignes de conflit ne sont plus comparables à l'ancien R .

Nous désignons ce nouvel état de l'ordre humain comme *le Digital*.

Le Digital n'est pas une nouvelle phase au sein de l'histoire, mais une méga-époque d'un genre propre. L'histoire humaine, de la préhistoire jusqu'aux premières décennies du 21^e siècle, forme une méga-époque cohérente : les configurations politiques, économiques et culturelles ont considérablement varié, mais se sont déployées à

l'intérieur d'un cadre structurel commun de coordination sociale, dont les mécanismes fondamentaux sont restés stables. La diversité interne de l'histoire masque cette communauté structurelle sans la dissoudre.

11.2. L'exosquelette épistémique

Le noyau structurel du Digital ne réside pas dans des technologies particulières, mais dans une transformation des conditions cognitives limites de l'action humaine.

Dans le S historique, la capacité d'observation individuelle k était biologiquement limitée. La communication était locale, le stockage rare, la perception sensorielle organique et la reconnaissance de motifs individuelle. Formellement, sur de larges pans de l'histoire, on avait :

$$|E| \gg k.$$

Des mécanismes sociaux tels que la bureaucratie, la hiérarchie ou la monnaie sont apparus comme des constructions de substitution, afin de maintenir la capacité d'action malgré cette cécité structurelle.

Avec la numérisation, cette condition limite se transforme fondamentalement. La technologie numérique agit comme un *exosquelette cognitif et épistémique*. Elle externalise des fonctions centrales du cerveau :

- communication globale,
- stockage externe (pratiquement) illimité,

- perception sensorielle techniquement étendue par la protocolarisation numérique,
- reconnaissance algorithmique de motifs dans de grands volumes de données (IA, Big Data).

Il en résulte une capacité d'observation élargie

$$k' = k_{\text{biologisch}} + k_{\text{technologisch}}.$$

Ainsi, k' atteint un ordre de grandeur tel que :

$$k' \approx |E|.$$

Pour la première fois depuis le franchissement du seuil cognitif, une lisibilité sociale complète redevient techniquement réalisable. Non par la perception individuelle, mais par l'agrégation systémique.

Dès lors, la nécessité structurelle des mécanismes de substitution historiques prend fin. Ils peuvent continuer d'exister, mais ne sont plus sans alternative. Le Digital ne marque donc pas une variation au sein de l'histoire, mais la réactivation d'une possibilité structurellement nouvelle : la lisibilité sociale globale sous des conditions de calcul non biologiques.

11.3. La transition vers le Digital

La transition ne s'accomplit pas comme un déplacement progressif, mais comme un changement d'espace des états. L'ancien S est

supplanté par un nouveau S' ; la réalité sociale R' qui en est constituée ne peut plus être comprise comme une variation ou une continuation de l'ancien R .

La rareté structurelle qui rendait nécessaires les mécanismes de l'histoire — $k \ll |E|$ — disparaît avec $k' \approx |E|$. Cette transition ne concerne pas des institutions particulières, mais les formes fondamentales de coordination, d'évaluation et de stabilisation.

Le Digital n'est pas un état homogène, mais un espace du possible : ce qui relie ses configurations, ce n'est pas leur forme institutionnelle, mais le cadre structurel commun sous lequel l'ordre social émerge.

Question finale. Si le Digital est une méga-époque autonome, dont la réalité sociale R' est constituée par un nouvel ensemble de mécanismes sociaux S' , la question suivante ne porte pas sur des technologies ou des institutions particulières, mais sur la structure de ces mécanismes eux-mêmes :

De quels éléments S' est-il composé, et en quoi se distinguent-ils fondamentalement des mécanismes sociaux de l'histoire ?