

Acta Europæana Systemica 9





Acta Europeana Systemica (AES)

Online journal of the European Union for Systemics (EUS)

Revue en ligne de l'Union Européenne de Systémique (UES)

Volume n°09 / 2019

**FROM RESISTANCE TO RESILIENCE:
SYSTEMS THINKING ABOUT TRANSITIONS**

**DE LA RÉSISTANCE À LA RÉSILIENCE :
LA PENSÉE SYSTÉMIQUE DES TRANSITIONS**

UES-EUS / AFSCET / S&O / HSSS / AIRS / SESGE

décembre 2019

(version en ligne)

ISSN 2225-9635



(version imprimée)

ISSN 2225-9627

EDITORIAL TEAM / ÉQUIPE ÉDITORIALE

Editorial Board / Comité éditorial

- **Andrée Piccq**, Responsible Publisher / Éditeur responsable (EUS)
- **Damien Claeys**, Editor-in-Chief / Éditeur en chef (EUS)
- **Pierre Bricage**, Honorary Editor / Éditeur honoraire (2011-2014)
- Staff / Équipe : ---

Orientation Board / Comité d'orientation

- **Nikitas Assimakopoulos**, President of the European Union for Systemics (EUS)
- **Andrée Piccq**, General Secretary of the European Union for Systemics (EUS)
- **François Dubois**, Président de l'Association Française de Science des Systèmes (AFSCET)
- **Claude Lambert**, President of the Asbl Systèmes & Organisations (S&O)
- **Rafael Lostado**, President of the Sociedad Española de Sistemas Generales (SESGE)
- **Gianfranco Minati**, President of the Associazione Italiana per la Ricerca sui Sistemi (AIRS)
- **Nikitas Assimakopoulos**, President of the Hellenic Society for Systemic Studies (HSSS)

Reading Committee / Comité de relecture

- **Nikitas Assimakopoulos**, Department of Informatics, University of Piraeus, Greece [EUS, HSSS]
- **Pierre Bricage**, Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA), France [EUS, IASCYS, WOSC, AFSCET]
- **Damien Claeys**, Faculty of architecture, architectural engineering, town planning, University of Louvain (UCLouvain), Belgium [UES, S&O]
- **Claude Lambert**, G.I.R.O.S. Organization, Belgium [S&O]
- **Gianfranco Minati**, Politecnico di Milano, University of Milan, Italia [AIRS]
- **Francisco Parra-Luna**, Francisco, Facultad de Ciencias Políticas y Sociología, Universidad Complutense de Madrid (UCM), Spain [IASCYS, SESGE]
- **Andrée Piccq**, G.I.R.O.S. Organization, Belgium [S&O, EUS]

ABOUT THE JOURNAL / À PROPOS DE LA REVUE

Aims & Scope / Objectifs et périmètre

Created in 2011 by the European Union for Systemics (EUS), *Acta Europeana Systemica* is an Open Access Journal without publication fees, publishing review papers on topics in all areas of systems thinking. The main objective of the journal AES is to promote systems thinking by providing keys to understanding the complexity of reality. Its mission is to promote the emergence, communication and deepening of systemic thinking. The existence of the journal AES is necessitated by the realization that the complexity of the society in which we live exacerbates the need to find the tools, methods, an epistemology that allows to understand the functioning of the phenomena around us and able to act. The journal AES is a place of reflection and exchange that confronts multiple practices, training and systems research. It supports in particular the approaches inter/pluri/multi/trans-disciplinary, openings to cultural diversity, field experiences and references to theoretical work.

Créée en 2011 par l'Union Européenne de Systémique (UES), *Acta Europeana Systemica* est une revue en accès libre et sans frais de publication, publiant des articles relus sur des sujets dans tous les domaines de la pensée systémique. L'objectif principal de la revue AES est la promotion de la pensée systémique en fournissant des clés de lecture de la complexité du réel. Elle a pour mission de favoriser l'émergence, la communication et l'approfondissement de la pensée systémique. L'existence de la revue AES est rendue nécessaire par la prise de conscience que la complexité de la société dans lequel nous vivons exacerbe le besoin de trouver des outils, des méthodes, une épistémologie qui permette de comprendre le fonctionnement des phénomènes qui nous entoure et ainsi pouvoir agir. La revue AES est un lieu de réflexion et d'échanges qui confronte de multiples pratiques, formations et recherches systémiques. Elle soutient notamment les approches inter/pluri/multi/trans-disciplinaires, les ouvertures à la diversité culturelle, les expériences de terrain et les références à des travaux théoriques.

A journal from the EUS / Une revue de l'UES

Founded in 1988, the European Union for Systemics (EUS) aims at promoting European research and practice of systemics. The EUS is a community of national scientific societies. The EUS seeks to establish, through its network of companies, a favourable environment to the evolution of systemics (including its theoretical foundations, its methods and its implementation) and its diffusion, in particular by promoting transdisciplinary exchanges.

Fondée en 1988, l'Union Européenne de Systémique (UES) vise à promouvoir au niveau européen les recherches en matière de systémique et de ses applications. L'UES est une union de sociétés savantes nationales. L'UES s'efforce de constituer, avec son réseau de sociétés, un contexte propice aux progrès de la systémique (qu'il s'agisse de ses fondements théoriques, de ses méthodologies ou de ses applications) et à sa diffusion, notamment en favorisant les échanges transdisciplinaires.

The general editorial line of the journal AES is defined by two members of the EUS and the presidents of the member societies of the EUS.

La ligne éditoriale de la revue est définie par deux membres de l'UES et par les président·e·s des sociétés membres de l'UES.

TABLE OF CONTENTS / TABLE DES MATIÈRES

Cover, Committees, Table of Contents / Couverture, comités, table des matières

Editorial - From resistance to resilience: Systems thinking about transitions

Éditorial - De la résistance à la résilience : La pensée systémique des transitions

Damien Claeys

pp.1-2

A cybernetic approach to organizational resilience

Victoria A. Zgouva, Dimitrios S. Varsos, Nikitas A. Assimakopoulos

pp.3-18

La résilience des territoires : Proposition d'un cadre d'étude systémique

Richard Cantin, Bernard Guézo

pp.19-34

Innovation et systèmes complexes

Francis Beau

pp.35-50

De l'anthropocène à la collapsologie : Revaloriser le contrat naturel

Damien Claeys

pp.51-68

Les ressources de la résilience pour naviguer en eaux troubles

Guy Koninckx

pp.69-76

From physics to biology by extending criticality and symmetry breakings: An update

Giuseppe Longo, Maël Montévil

pp.77-92

Surfing the complex interaction between new technology and norms:

A resistance or resilience issue?

Insights by the Viable System Approach (VSA)

Sergio Barile, Cristina Simone, Antonio La Sala, Marcelo Enrique Conti

pp.93-104

Systems thinking for the transition of existing technologies to blockchain technologies

Nikolaos Zoannos, Nikitas Assimakopoulos

pp.105-118

L'évaluation circulaire : Un modèle systémique pour permettre

aux organisations humaines de s'inscrire dans la durabilité

Andrée Piecq

pp.119-124

Les nouvelles formes d'organisation (NFO) :

Des systèmes homéostasiques de résilience stratégique

Alphonse-Christian Ivinza Lepapa

pp.125-136

La pensée systémique des transitions appliquée à l'est de la RDC :

Un modèle de la résistance à la résilience

Rodrigue Iyembo Nginda

pp.137-144

Les avatars processuels de la pensée systémique transitionnelle vers un système résilient et agile

Amédée Marie Andriamisa-Ramihone

pp.145-166

Couplages de résonance symbiotique et hétéro-organisation comme principes fondateurs

des systèmes complexes : Entre efficacité dissipative et résilience

Jacques de Gerlache

pp.167-202

Trajectoires académiques et facteurs psychosociaux liés à la réussite :

Le rôle de la résilience depuis une approche systémique

Miriam Aparicio

pp.203-220

L'humain de la terre au coeur de la crise de l'humanité : Une approche systémique de la santé de la terre à partir de la relativité cognitive et systémique

Richard Vitrac

pp.221-228

The public administration in front of current challenges in Greece and Europe

Georgia Chronopoulou

pp.229-232

EDITORIAL / ÉDITORIAL

Author(s) / Auteur(s) :

Prof. Damien CLAEYS

Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI)

Laboratoire Théorie des systèmes en architecture (tsa-lab)

Université catholique de Louvain (UCLouvain)

damien.claeys@uclouvain.be

FROM RESISTANCE TO RESILIENCE: SYSTEMS THINKING ABOUT TRANSITIONS

Developed in parallel with the emergence of Cartesianism in the 17th century, the concept of *growth* associated with the idea of *progress* was at the heart of Western ideologies until the 20th century and still strongly guides actions at the beginning of the 21st century.

This conception of the world is based on the mythical account of the origin of the human species – initially very vulnerable – which would have emerged from environmental pressures during a long and difficult growth process through the development and improvement of social and technological systems.

Although the merits of growth must be recognized as an evolutionary engine of the hominization process and of the analytical approach as the main source of development of modern sciences, this unique and constant race to evolution now clearly shows its limits. The negative effects of excessive progress are now clearly identified in socio-ecological systems. Moreover, since the earth's resources are limited, the infinite growth desired is definitely impossible.

Since the 1960s, the international scientific community has regularly demonstrated the reach – or even the exceeding – of critical thresholds in different dimensions of reality. However, at a given threshold, progress within any evolving system seems to become counterproductive and lead to its collapse. So it is urgent to study with a transdisciplinary perspective, both the ongoing process of the collapse of our civilization and what could succeed it.

In the era of the Anthropocene, the human species' footprint on the earth's ecosystem is disproportionate and the functioning of civilization is of unequalled complexity, further aggravated by the exponential digitization of reality. The development of strategies to deal with the intensified occurrence of hazards has become very difficult (a natural disaster, a burnout, a blackout, a computer virus, an epidemic...).

Faced with the emergence of a potential disaster, the modeller first has the reflex of assessing the *vulnerability* of the system in a negative way and trying to strengthen the system's immediate *resistance* to the direct negative effects of the hazard. This method is effective for a simple system whose modeler knows how it works, but not for the modeling of a complex dynamic system. In this case, the modeller must integrate the influence of short-term negative effects on the system and positively assess its *sustainability*, or its long-term *resilience* capacity, against the more global effects of the hazard, which will at the same time increase the system's creativity.

Whatever the complex dynamic system observed (ecosystems, individual psyche, neurological networks, energy networks, smart cities, building automation, economic exchanges, human groups, data management systems, political organizations, etc.), systems thinking provides practical tools and theoretical models to model them with the aim of making them more sustainable.

But how exactly do we define the multifaceted concept of *resilience*? How can we practically and/or theoretically demonstrate the beneficial impact of systemic thinking and models on the *sustainability* of complex systems?

DE LA RÉSISTANCE À LA RÉSILIENCE : LA PENSÉE SYSTÉMIQUE DES TRANSITIONS

Développé parallèlement à l'émergence du cartésianisme au XVII^e siècle, le concept de *croissance* associé à l'idée de *progrès* a été au cœur des idéologies occidentales jusqu'au XX^e siècle et il guide encore fortement les actions menées au début du XXI^e siècle.

Cette conception du monde se fonde dans le récit mythique de l'origine de l'espèce humaine – au départ très vulnérable – qui se serait extraite des pressions de l'environnement au cours d'un processus de croissance long et difficile grâce au développement et au perfectionnement des systèmes sociaux et techniques.

Bien qu'il faille reconnaître les mérites de la croissance comme moteur évolutif du processus d'homínisation et de l'approche analytique comme source principale de développement des sciences modernes, cette course univoque et constante à l'évolution montre maintenant clairement ses limites. Les effets négatifs du progrès à outrance sont maintenant clairement identifiés dans les systèmes socio-écologiques. De plus, les ressources terrestres étant limitées, la croissance infinie souhaitée est définitivement impossible.

Depuis les années 1960, la communauté scientifique internationale démontre régulièrement l'approche – voire même le dépassement – de seuils critiques dans différentes dimensions du réel. Or, à partir d'un seuil donné, le progrès au sein de tout système évolutif semble devenir contreproductif et mener à son effondrement. Si bien qu'il est urgent d'étudier avec une visée transdisciplinaire, à la fois, le processus d'effondrement en cours de notre civilisation et ce qui pourrait lui succéder.

À l'ère de l'anthropocène, l'empreinte de l'espèce humaine sur l'écosystème terrestre est démesurée et le fonctionnement de la civilisation est d'une complexité inégalée, encore aggravée par la numérisation exponentielle du réel. L'élaboration de stratégies face à la survenue intensifiée d'aléas est devenu très difficile (une catastrophe naturelle, un burnout, un black-out, un virus informatique, une épidémie...).

Confronté à l'irruption d'une catastrophe potentielle, le modélisateur a d'abord le réflexe d'évaluer de manière négative la *vulnérabilité* du système et de tenter de renforcer la *résistance* immédiate du système aux effets négatifs directs de l'aléa. Cette méthode est efficace dans le cas d'un système simple dont le modélisateur connaît le fonctionnement complet, mais ne l'est pas pour la modélisation d'un système dynamique complexe. Dans ce cas, le modélisateur doit intégrer l'influence d'effets négatifs à court terme sur le système et évaluer positivement sa *durabilité*, ou sa capacité de *résilience* à long terme, face aux effets plus globaux de l'aléa, ce qui augmentera par la même occasion la créativité du système.

Quel que soit le système dynamique complexe observé (écosystèmes, psyché de l'individu, réseaux neurologiques, réseaux énergétiques, villes intelligentes, domotique des bâtiments, échanges économiques, groupes humains, systèmes de gestion de données, organisations politiques...), la pensée systémique fournit des outils pratiques et des modèles théoriques pour les modéliser avec la volonté de les rendre plus durables.

Mais comment définir exactement le concept multiforme de *résilience* ? Comment montrer pratiquement et/ou démontrer théoriquement la portée bénéfique de la pensée et des modèles systémique sur la *durabilité* des systèmes complexes ?

A CYBERNETIC APPROACH TO ORGANIZATIONAL RESILIENCE

Author(s) / Auteur(s) :

Victoria A. ZGOUVA

Auditor in the Hellenic Court of Audit; CSAP Post graduate student

University of Piraeus, Department of Informatics

Court of Audit of the Hellenic Republic; Ministry of Justice, Transparency and Human Rights;

zgouva.vicky@gmail.com

Dimitrios S. VARSOS

Management system consultant; CSAP Lecturer

University of Piraeus, Department of Informatics; Hellenic Society for Systemic Studies (HSSS);

MSI Hellas Consulting Group

dvarsos@msi.gr

Nikitas A. ASSIMAKOPOULOS

Emeritus Professor

University of Piraeus, Department of Informatics; Hellenic Society for Systemic Studies (HSSS)

assinik@unipi.gr

Abstract / Résumé :

The modern organization operates in a dynamic environment where ambiguity and uncertainty abound. As an open social system that functions in a continuously evolving business context, the modern organization must determine the external and internal issues that are relevant to its purpose and its strategic direction, and continually align its governance and management models, in a manner that reflects the diversity of this context. Embracing an organizational resilience paradigm, augments traditional risk management efforts and promotes the optimization of key and enabling processes, across all functions and levels of the organization. On a practical level, organizational resilience can be instrumental in improving management performance and an impetus to anticipating future threats and opportunities. Moreover, it can reinforce the organization's capacity to monitor developing trends, as well as its ability to respond proactively to a variety of events, while learning from past successes and failures. Finally, implementing an effective internal control framework, combined with sufficient internal audit processes, will ensure that operational and tactical actions are aligned with strategic priorities that are consistent with the culture of the business, and in line with the organization's overall risk tolerance. In this work we make use of the cybernetic structure of the Viable System Model (VSM) to both identify and diagnose the pathologies commonly found in traditional organizations, and explore its practical potential, in developing and implementing redesign initiatives, which reinforce the organization's resilience and agility.

Keywords / Mots-clés :

Resilience theory, organizational resilience, Viable System Model (VSM), organizational design, systems approach, strategic adaptability.

1. INTRODUCTION

Resilience theory has become a prevalent issue in recent years. Nonetheless, there is divergent opinion relative to what exactly the term “*resilience*” denotes, and how organizations can embody resilience in their structures and functions. Organizational resilience refers to an entity's ability to anticipate, prepare for, respond, and adapt to incremental change and sudden disruptions, in order to achieve the intended results that are associated with its purpose. On a practical level, this definition implies the

capacity to "*bounce-back*" from failure, and to take advantage of lessons learned in a manner that turns potential threats into leveraged opportunities. Given the complexity that is embedded in the modern organization's environment, as well as the ever-present risk that is the effect of the uncertainty that emerges from this complexity, decision-makers must cultivate structural arrangements, which balance the necessary controls that preserve consistency of purpose, with the necessary adaptability and resilience that allows their organization to respond effectively to conditions in a state of constant unrest. In this context, resilience theory addresses uncertainty from a holistic perspective, through a structured process that supports decision-makers in identifying, managing, and monitoring the organization's critical risks, while ensuring that the process itself is continually improved as the business environment changes. In short, embedding resilience in the organization's structures and processes can be an effective management tool for assessing both the threats and the opportunities that arise from risk, contributing to the improvement of the organization's overall performance.

In this work, we explore the manner in which an organization can achieve resilience, and the practical means with which to integrate resilience into its structures and functions, thus maximizing its strategic capabilities. The cybernetic framework of the Viable Systems Model (VSM), is used to evaluate the traditional hierarchical edifice of organization. The model is a powerful tool that can be instrumental in identifying the functional incongruities and communication disconnects, which hinder synergies and the organization's overall resilience. A prerequisite to organizational transformation, is the cultivation of an adaptable culture that is propagated through flexible structures, which are built on open communication channels and people-centered tenets and values. In this regard, the organization is treated as a living system, which just like any other organism that is addressed by Darwinian theory of evolution: "it's not the strongest species that survive, nor the most intelligent, but the most responsive to change."

1.1 Paper Structure

This introduction is followed by a brief overview of common terms and concepts that are relevant to systems science, which we use throughout the article. We continue by describing the structural deficiencies of the traditional "top-down" type of organization. Then follows a brief description of the key components of resilience, and the four cornerstones on which organizational resilience is built. We then compare and contrast the basic tenets of traditional risk management and organizational resilience and highlight the significance of internal control and internal audit in enhancing organizational resilience. A brief description of the VSM and the principles on which the model is based is provided. The VSM, together with internal control processes are then employed to transform a traditional, into a resilient organization, describing the necessary interventions that should be carried out in its structure. The article concludes with a brief discussion of the advantages of an organization that is organized along the recursive structure of the VSM and remarks for future research.

2. A SYSTEMS APPROACH TO ORGANIZATIONAL RESILIENCE: A BRIEF OVERVIEW

2.1 The Organization Viewed as an Open System

An organization may be viewed as a purposefully organized *open system*, which is composed of a bounded set of interconnected and interdependent *elements* that work together in order to achieve one or more desired outcomes (e.g., Flood & Carson, 1988; Ackoff, 1999). As an integral part of a unified whole, each element affects and is affected by every other element in the set, and through its actions and interactions contributes to the function of the whole, relative to its desired outcomes (von Bertalanffy, 1950; Ackoff, 1999). *Function* refers to the production of the outcomes that define the organization's purpose (Ackoff, 1971). The network of interactions among the elements composes the

system's structure. *Structure*, therefore, refers to the connections that exist among the system's elements, which impose certain constraints on the system's function (Varsos and Assimakopoulos, 2018). Subsets of closely coupled elements and the relations that hold them together form *subsystems*, which perform specific functions as parts of the system's overall structure. The internal processes that exist among the system's elements, which determine the dynamics of the interactions that constitute the system as a coherent functional whole, are referred to as the system's *organization* (Maturana & Varela, 1980). A system is said to be *effective* when its structure has the capacity to realize through its function the system's overall desired outcomes. In turn, a system's *efficiency* is expressed as the ratio between the system's useful output to total input.

As an open social system, the organization interacts with its external environment, which is itself a higher order system of increased complexity that is composed of its own elements that can be arranged into subsystems (von Bertalanffy, 1950). An open system secures input from its environment in the form of material, information, and energy, and through its function transforms this input into output (products and/or services), which it then releases back to the environment. Figure 1 illustrates the organization as an open system with its boundaries and its relationship with the external environment.

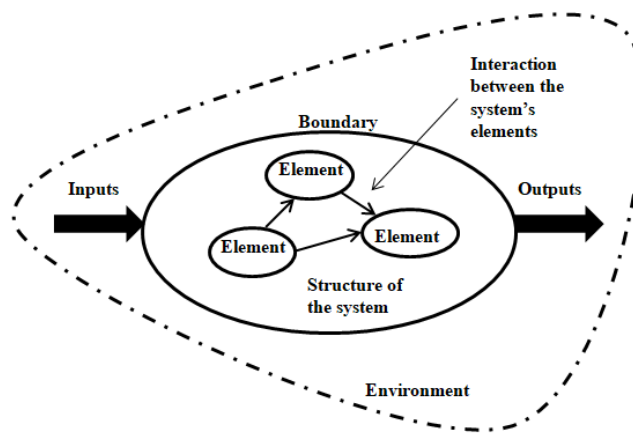


Figure 1. Organization as a simple open system.

2.2 The Traditional Approach to Organization and Management

Understanding the organization's structure is essential to the evaluation of its viability and in diagnosing the potential issues that hinder synergy, cohesion, and resilience. In a traditional top-down organization, work activities are grouped together along common areas of responsibility and executed with minimum attention given to functional integration, promoting a high degree of horizontal specialization (Scott & Davis, 2007). The activities carried out by the various operational units (e.g., divisions, departments, offices) are directed and controlled through a formal hierarchy of command and control, resulting in vertical differentiation. Official communication networks facilitate information transfer between the operational units consistent with the requirements of mandated policies and standardized procedures. The higher organization levels (or decision-making function) inform the operational units through formal instructions and/or commands that direct all product and/or service realization activities. Communication ascending from the operational units at the request of the decision-making function takes place in the form of formal reports, which are commonly associated with productivity results. Treatment of conditions that require attention is derived through the use of analytical methods that rely on cause and effect relationships. Interventions focus on increasing the efficiency of isolated work activities, functions, and/or structures, often at the cost of overall effectiveness. Barlas (2007) argues that any kind of a system (e.g., financial, social,

political, educational, biological or production), consists of many interrelated elements interacting in a meaningful way, so that it can presumably serve its purpose". He further argues, that "the structure creates the behavior" of the system (Barlas, 2007).

Change in the traditional top-down organization unfolds within the boundaries of existing rules and norms that govern structural and/or behavioral relationships, in an attempt to shift from one stable state to the next, through planned actions that progress in linear, incremental stages (Morgan, 1986). The decision-making function formulates change initiatives and passes them on to the operational levels for implementation. The initiatives target the "parts" of the organization that require action, with little attention given to long-term systemic results. Individuals with formal managerial and/or administrative authority control the deployment of change initiatives within the policy boundaries of the specific operational units (Varsos & Assimakopoulos, 2016). Employee engagement is pursued as an extension of organizational objectives and goals. In this context, little attention is paid to the "human" aspect of the organization, including individual needs and wants (Morgan, 1986). Thus, the focus centers on the technical character of the work activities performed, promoting optimal efficiency and increased productivity through the automation of manual labor, rigid hierarchical authority structures, and the elimination of redundancy (Varsos & Assimakopoulos, 2018).

It is not uncommon, however, for the various operational units that compose an organization, to have multiple purposes and pursue diverse goals. Moreover, the operational units function under varied conditions and are often subject to different environmental influences and risks. Managing these influences and risks is complicated further by the fact that a change initiative at one operational level or function, is likely to have unforeseen consequences and risks at other levels and functions, and different short- and long-term results (Assimakopoulos & Varsos, 2015). Consequently, excessive control often constricts the capacity of the operational units' ability to adapt to changing environmental conditions, and ultimately, the organization's overall agility and resilience to environmental perturbations (Varsos & Assimakopoulos, 2016). Thus, implementing an effective risk-based change strategy in response to environmental perturbations, at any level of the organization, requires an understanding of the systemic relationships that exist among the various system elements, both within the organization and between the organization and its environment (Assimakopoulos & Varsos, 2015).

2.3 Organizational Resilience: Overview of Terms and Concepts

The original notion of the term "resilience" stems from the Latin word *resilire* or *resilio* and means "jump back" or "bounce back" (Manyena, et.al., 2011; Alexander, 2013). Resilience is a ubiquitous concept, which has become increasingly popular in research across many disciplines (Sharifi & Yamagata, 2016), including economics (Arthur, et.al., 1999), sociology (Adger, 2000), healthcare and psychology, network and information security (Smith, et al., 2011), and urban and community planning. A resilience approach is also discussed for its vital role in guiding sustainable development policies and disaster risk management activities. Numerous approaches can be found in literature for resilience theory, which are not always consistent with each other, giving the term a polysemic character (Sharifi & Yamagata, 2016). Holling (1973) argues that resilience theory has its roots in the science of ecology, where it "determines the persistence of relationships within a system and is a measure of the ability of these systems to absorb changes of state variables, driving variables, and parameters, and still persist".

The "bouncing-back" behavior of ecological systems is similar to the behavior of systems in engineering resilience. Specifically, resilience refers to "the resistance of a system to disturbance [perturbations] and the speed by which the system returns to equilibrium" (Mavhura & Manyena, 2018).

Over the years, resilience theory has become increasingly popular in the fields of risk mitigation and business continuity management. Burnard & Bhamra (2011) define resilience as the ability of an element or a system to return to a stable condition after a disruption. Similarly, Denyer (2017) argues that a resilient organization is able to cope with the complexity, volatility, and uncertainty of its modern business context, by responding effectively to sudden disruptions, leveraging opportunities, as well as effectively adapting its function in a manner that improves its sustainable organizational performance.

3. THE ORGANIZATIONAL RESILIENCE APPROACH

3.1 The New Paradigm of Resilient Organizations

Given the ambiguity and uncertainty that is ever-present in the modern organization's business environment, the need to develop flexible and adaptive capabilities can be equated with survival. The structure of the traditional top-down organization often proves rigid and inflexible in addressing the increasing rate of change, as well as the complexity that is embedded in the organization's internal and external environment (Espejo & Gill, 1997). To this extent, the development of the distinct but complementary capabilities of strategic agility and resilience capacity is critical to the organization's capacity to deal with a continuously evolving business environment (Lengnick-Hall & Beck, 2009).

In systems terms, organizational resilience is not a condition that emerges from a static process. Instead, the process itself must change in response to the volatility of the external environment and as the capabilities of the organization transform over time. In this regard, the organization's ability to respond to unforeseen risks and develop its business continuity competences, is directly proportional to its increase of focus on resilient structures, and the investment made to support these structures (Gibson & Tarrant, 2010). Given that a genetic "fit for purpose" organizational resilience model is not available, both public and private organizations (of any size or structure) can develop and implement a resilience approach by applying to their individual circumstances a specific framework of principles, attributes and activities that are prescribed in guidelines and standards¹ published by prominent International Standards Organizations (NSW Government Treasury, 2018).

In short, building an agile organization that embodies organizational resilience, requires management intervention and reconfiguration of existing strategies, structures, processes, and technologies. An agile structure calls for building a dense network of empowered teams within a people-centered culture and implementing an interrelated network of coherent relations, which reflect and support the way in which the organization co-creates value for its stakeholders. It also requires adopting high standards of alignment, accountability, expertise, transparency, as well as maintaining coordination and collaboration within the organization. It is important to note that key to any restructuring initiative, is a focus on achieving the organization's goals and objectives effectively, while at the same time balancing stability and change in an uncertain and complex environment (Wouter, et.al., 2018).

¹ These Standards include: BS 65000:2014 "Guidance on Organizational Resilience" published by the British Standard Institution (BSI); ISO22316:2017 "Security and Resilience – Guidelines for Organizational Resilience"; and ISO 22301: 2019 "Security and Resilience – Business Continuity Management Systems - Requirements" published by the International Organization for Standardization (ISO).

3.2 The Four Cornerstones of Organizational Resilience

Long-term resilience requires a holistic approach in developing the organization's capabilities, which will enable it to thrive despite the complexity, the volatility, and the uncertainty of its business environment. Strategic adaptability, robust governance, and agile leadership are three key elements of a sound resilient structure. The interaction between these interdependent elements are paramount in managing the effects of a continually changing environment, taking measured risks with confidence, as well as responding effectively to opportunities and threats (Kerr, 2019). In this respect, organizational resilience would be more accurately defined as “a synonym for robustness” and “the graceful extensibility, when surprise challenges boundaries”, rather than just as “a rebound from trauma and return to equilibrium” (Woods, 2015). It is essential to the organization's survival, therefore, to maintain broad dynamic capabilities that will enable it to adapt with success to unstable and complex environmental conditions (Burnard, Bhamra, & Tsinopoulos, 2018).

In recent years, much attention has been paid to reducing the complexity of implementation of a resilient approach. Patriarca et.al. (2018) argue that organizational resilience emerges from a balanced combination of four non-linear and complementary cornerstones: (a) *anticipating* future threats and opportunities, (b) *monitoring* underway evolutions, (c) *responding* to any type of events and (d) *learning* from past failures and successes. Similarly, Denyer (2017) presented the *4Sight* model, which treats organizational resilience as a coherent system that consists of a four-stage structure (Table 1). Denyer (2017) also supports that the *4Sight* methodology can be combined with Deming's *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) cycle, in order to achieve an even higher level of organizational resilience. This is supported by the argument that if flexibility (provided by the *4Sight* methodology) is combined with consistency (provided by the PDCA cycle), organizations will be able to face large, complex issues, while simultaneously maintaining the continuous improvement of existing systems and processes.

Table 1: Comparing PDCA and 4Sight for Organizational Resilience. Source: Denyer (2017)

PDCA Cycle	4 Sight Approach
Plan (Defining policy, objectives and targets)	Foresight (Anticipate, predict and prepare the future)
Do (Implement plans within a structured management framework)	Insight (Interpret and respond to present conditions)
Check (Measure and monitor actual results against planned objectives)	Oversight (Monitor and review what has happened and assess changes)
	Hindsight (Learn the right lessons from experience)
Act (Correct and improve plans to meet and exceed planned results)	Act (Respond to and create disruptions and opportunities)

3.3 Risk Management vs. Organizational Resilience

According to Dahms (2010), “resilience is an organization's state of being, resulting from the management of uncertainty in a complex adaptive system”. Traditional risk management processes focus on identifying potential risks, rather than managing them. In this context, a key priority for decision-makers should be to identify *how* risk management can be integrated and leveraged in order to achieve a high level of resilience. The dynamic character of organizational resilience was underlined by Sutcliffe & Vogus (2003). They argue that resilience is developed over time by continually responding and mitigating risks, rather than reacting to specific interruptions or jolts. Moreover, Linkov, Trump & Fox-Lent (2016) compared risk and resilience management, concluding that resilience analysis focuses on the unknown, uncertain, and unexpected facts, at the scale of a system and not by looking at the various parts, taken separately. In other words, a resilience-based approach involves identifying potential threats to system stability and taking the necessary measures to

prevent long-term losses. Given the above, it can be inferred that resilience does not replace risk management. Rather, it can be said that it is the outcome of a sound risk management process, which promotes a new way of thinking that diverges from the traditional risk management perception. Another important aspect relative to resilience thinking is the varied approaches between risk and business continuity management. According to Krell (2006), risk management focuses on “pre-event” responses to perceived risks, while business continuity management focuses on the necessary processes that are implemented *after* an event or disaster occurs, so that the system can return to its normal operations as efficiently and effectively as possible.

3.4 The Value of Internal Control in Organizational Resilience

Internal control refers to a dynamic process, which is designed to support organizations in adapting to a complex, uncertain, and unstable environment (INTOSAI, 2004). An effective internal control system provides a powerful means of maintaining organizational resilience and cohesion during times of uncertainty and relative normality. Operational effectiveness and efficiency, together with reliable reporting, and compliance with legal and regulatory requirements, necessitate much more than rigorous adherence to policies and procedures. The key to an effective internal control system, is the contribution of management and personnel at all levels for addressing potential risks and providing a *reasonable assurance* that the mission of the organization and its general objectives are achieved (COSO, 2013). Reasonable assurance “equates to a satisfactory level of confidence under given considerations of costs, benefits and risks”, while it “reflects the notion that uncertainty and risk relate to the future, which no one can predict with certainty” (INTOSAI, 2004). Focusing on internal control and its important role to the fields of Enterprise Risk Management, the Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO) introduced in 2013 the *Internal Control Framework* (Figure 2), a management tool that is generally embraced by organizations and the stakeholders that are associated with their operation.

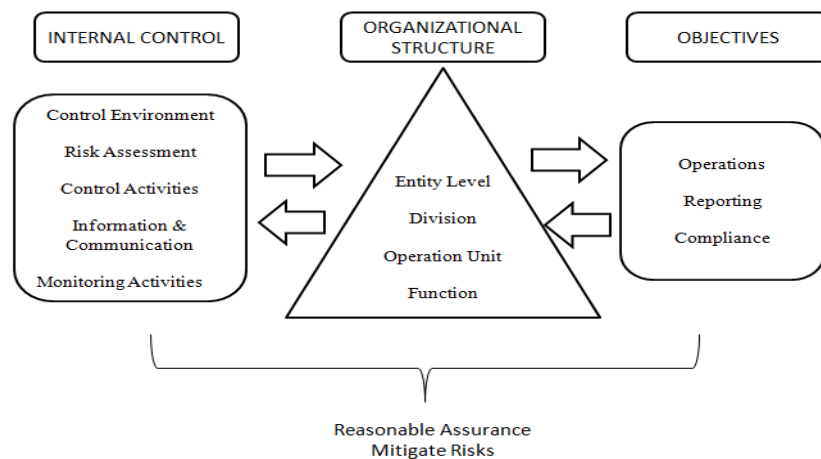


Figure 2. The Internal Control Framework by COSO (modified by the authors)

The structure of the five interdependent components of the framework, required for the achievement of the entity’s objectives (i.e., operations, reporting, and compliance), at every level of the organizational structure (i.e., entity level, division, operational unit, or functions), create a multidirectional iterative model, which can reinforce the organization’s capacity to manage change effectively (COSO, 2013). In summary, formal internal control processes within the traditional business management policies, build a robust risk management framework that assist organizations to increase their resilience capacity and strategic adaptability to changes in business, operating, and regulatory environments.

3.5 The Value of Internal Audit in Organizational Resilience

Internal audit differs from internal control, as it is geared to provide independent assurance about the quality of risk management, corporate governance processes, and systems of internal control, as well as for evaluating the overall risk-based management system implemented by the organization as a whole (Chartered institute of Internal Auditors, 2019). As an independent, objective, and consulting activity, internal audit acts as a catalyst by providing advice to executive management, relative to the improvement of operational efficiency and effectiveness (Gurama & Mansor, 2018). An effective internal audit system ensures that business risks are effectively addressed by management, and the alignment of risk mitigating actions relative to the strategic goals and objectives of the organization.

Strategic planning often fails as a result of a lack of a holistic understanding (on the part of decision-makers) in regard to the relations that exist between the desired outcomes and the necessary conditions that drive outcomes. Resources are mostly exerted, focusing on the desired outcomes, rather than on the conditions under which these outcomes are achieved (Varsos & Assimakopoulos, 2018). The complexity and volatility of the high-risk business environment should not be underestimated, as it relates to the viability of the organization. Instead, organizational capabilities should be developed to ensure tha

t the organization is going to be “future-proof” in a high-risk business environment. Moreover, internal auditing processes need to be implemented as a means to bridge the gap between the desired business resilience programs and the actual strategic goals of the organizations (Trollope, Atkinson, & Carbone, 2019). As illustrated in Figure 3, a resilience-based approach in risk assessment and the integration of an agile internal control framework within the organization’s structure, are two fundamental criteria for enhancing organizational resilience in the audit process.

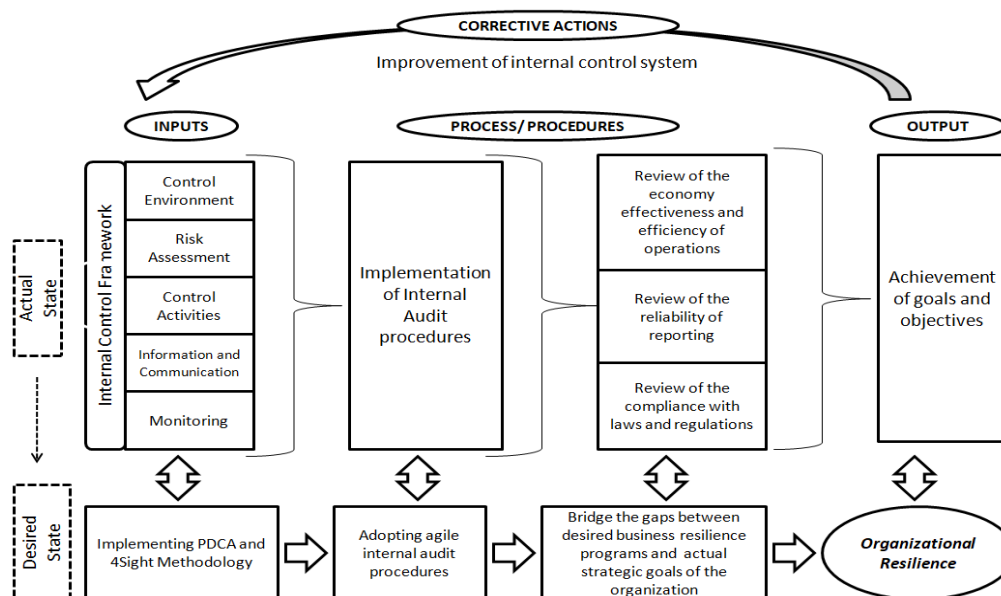


Figure 3. A systems view of the structural relationship between internal control and internal audit for enhancing organizational resilience.

4. THE VIABLE SYSTEM MODEL: A FRAMEWORK FOR UNDERSTANDING ORGANIZATIONAL RESILIENCE

4.1 The VSM: A Brief Overview

The VSM was developed by cybernetician Stafford Beer, and described in his book *Brain of the Firm* (1972). The VSM draws on the physiology of the human nervous system and makes use of an elegant cybernetic description to define a network of purposeful activities and processes, which are organized to meet the demands for survival in a dynamic environment. Further, the VSM defines the various elements that are necessary for creating viable organizations, through an adequate balance between horizontal and vertical forms of communication and control. The VSM should not be confused with a functionally based organizational structure that is typically articulated through a conventional organogram (Varsos & Assimakopoulos, 2018). The VSM draws on a number of fundamental tenets of cybernetics, including that of requisite variety.

4.1.1 The Principle of Requisite Variety

The Law of Requisite Variety holds that in order for a system to remain stable, the number of states of its control function must be at least equal to (or exceed) the number of states of the system being controlled (Ashby, 1956). Drawing on the Law of Requisite Variety, Beer argues that the variety of the environment axiomatically exceeds the variety of the operations, which in turn exceeds the variety of the metasystem that regulates or controls the operations. In order for the system to reach a homeostatic balance the metasystem needs to reduce (attenuate) the operations' variety and increase (amplify) its own variety in relation to the operations. In turn, the operations need to attenuate the environment's variety and amplify their own variety relative to the environment. The continuous loop structures that are illustrated in Figure 4, reflect an emphasis placed on homeostasis, which is sought as a balance through requisite variety (Varsos & Assimakopoulos, 2018).

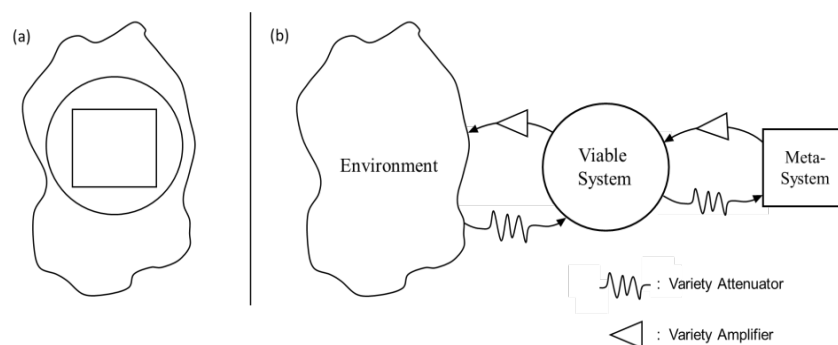


Figure 4. (a) The three fundamental components of the VSM. (b) Homeostatic Balance between the three components.
Source: Varsos & Assimakopoulos (2018).

4.1.2 The Principle of Recursion

The recursive nature of viable systems is based on Beer's Recursive System Theorem, which states that "in a recursive organizational structure, any viable system contains, and is contained in a viable system" (Beer, 1979). The principle of recursion supports that all viable systems are self-regulatory and self-organizing. They act autonomously with their environment, contributing to the production of a larger, also autonomous viable system. Consequently, viable systems are embedded in other viable

systems at increasing levels of complexity (Espejo, 1990). All systems are recursive in nature. In this regard, every operational unit should adapt autonomously to the conditions of its local environment, while contributing to the synergy and cohesion of the organization as a whole (Varsos & Assimakopoulos, 2018). Each operational unit's autonomy, therefore, should be constrained only to the extent that ensures that the synergy of the organization is not threatened (Zargar, Faghani, & Mahmudi, 2011).

4.1.3 The Five Subsystems

Beer explains that every viable organism possesses five necessary and sufficient subsystems interactively involved that maintain the system's identity independently of other organisms within a shared environment (Beer, 1979; Rioz, 2010). The use of the words necessary and sufficient implies that all five (interdependent) subsystems must be present in a viable system and that no more than the five subsystems are necessary for viability. The five subsystems (of equal importance) are illustrated in Figure 5 and described in turn below.

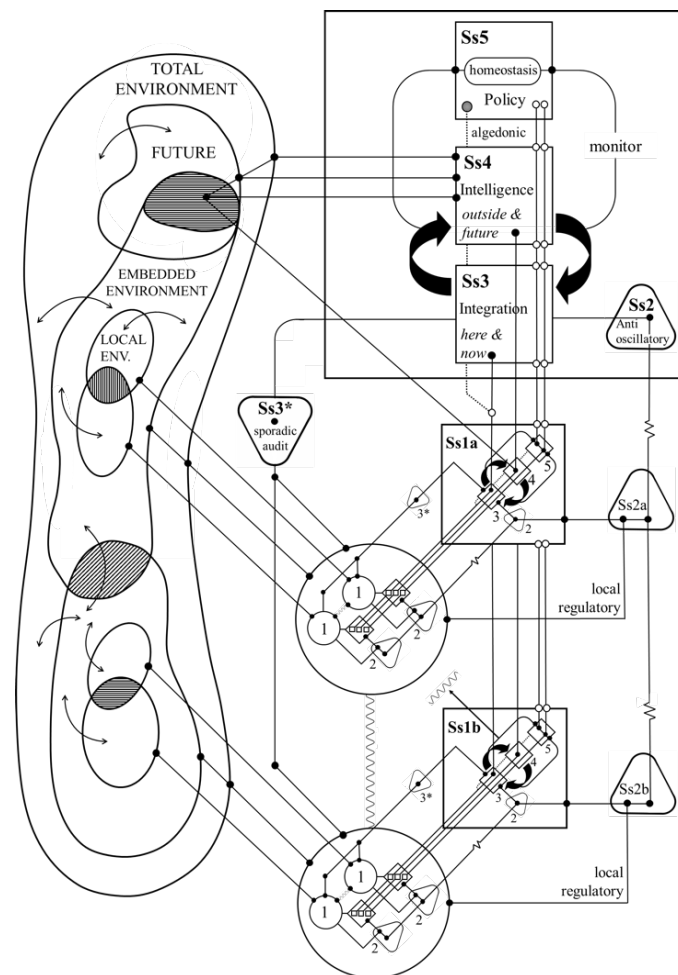


Figure 5. The Viable System Model. Source: Beer (1985).

- **System 1 (implementation)** comprises all the *primary units* (e.g., divisions, business units) or *operations* of the organization that carry out the organization's actual production and/or service provision activities.
- **System 2 (coordination)** consists of a control center for each primary unit, as well as a supervisory control center at the top management level. This system has the function of a cybernetic spinal cord and ensures that through *coordination-cooperation* the activities of the primary units will not be mutually inhibitory.
- **System 3(Integration)** provides day-to-day *optimization*, ensuring that the sum activities of the primary units are carried out as a coherent unity. Integration relates to the internal and immediate processes, which assure the viable system's stability, consistency and continuity.
- **System 3* (audit)** concerns the monitoring and *auditing* function of the viable system, through which only the most important and relevant (aggregated) information from the local management of each primary unit is received. This function is necessary to maintain control, thus satisfying the condition of requisite variety.
- **System 4 (intelligence)** maintains a constant link with the total environment and gathers *intelligence* relating to developments that are likely to be relevant to the system in the future. Afterwards, it formulates recommendations that allow the primary units to adapt to the new conditions.
- **System 5 (policy)** monitors the homeostat between the functions of integration (system 3) and intelligence (system 4), ensuring that an effective balance is achieved between the two and provides the overall governance (*policy*) function for the entire system. Finally, it provides a logical closure to the viable system by asserting its *identity* (Varsos & Assimakopoulos, 2018).

5. DEVELOPING ORGANIZATIONAL RESILIENCE THROUGH THE VSM

A viable organization, as expressed through the VSM, may be viewed as a complex multi-layered system that is composed of a bounded set of interconnected component parts (subsystems) that work together in order to achieve one or more desired outcomes. By virtue of their functions and interactions, the various subsystems contribute to the performance of the whole, even though they are functionally differentiated. Viability implies that the organization as a whole, and each subsystem of which the organization is composed, need to have the capacity to recognize and control its component parts and the relations that hold them together, to develop and implement effective communication networks and information flows among its component parts that reinforce cohesion and common purpose, and to harmonize its function with the internal and external contingencies that are relevant to their purpose (Varsos & Assimakopoulos, 2018). The VSM, through its recursive structure, can be used to diagnose the strategic gaps in the existing structure of any organization, so that viable solutions for improving their adaptive capacity can be identified, making them more robust and agile. In short, the recursive structure of the VSM should be embraced, and the 4Sight (*or other complimentary*) methodology applied to the management of each set of recursive processes, ensuring the coherent interactions of these processes, so as to achieve their intended results in accordance with the overall risk tolerance and strategic direction of the organization. Management of the processes, in each recursive level, and the system as a whole can be achieved using the PDCA cycle, with an overall focus on risk-based thinking, aimed at taking advantage of opportunities and preventing undesirable results.

5.1 Setting Goals and Objectives

A basic tenet of achieving organizational resilience, is identifying and communicating the need for change. This is carried out by assessing the current and the desired state of the organization, relative to the complexity of its internal and external business context. Having identified the boundaries, purpose, and relevant environment, of the structure that is targeted for change, a formal strategic plan needs to be developed, which includes the overall strategic goals of the initiative, and unambiguous targets in relation to the objectives that are sought. Management should develop and articulate a shared purpose, vision, mission, and values within the organization, as well as provide a coherent strategy for mitigating the actual and/or potential barriers to the plan's effective implementation. The plan should reflect specific principles, ethics, transparency and the responsible use of funds and resources (EFQM, 2012). Finally, the plan should enunciate the intervention rules and corporate and legal requirements, in a manner that ensures the creation of a shared culture of resilience, and the achievement of the organization's overall goals and objectives.

5.2 Aligning Operations to the External Environment

Strategic planning should include integration of innovative policies and forward planning, which are based on the organization's needs and the expectations of internal and external stakeholders (Walker, 1991). A formal cross-functional team with specific competencies, should explore viable solutions that are geared at increasing the organization's capabilities, within the context of both expected and emerging threats and opportunities. Business Intelligence (BI) technologies, like a technology portfolio, which support the organization's overall strategy, aiming at improving the agility of processes, projects and the organization, combined with the establishment and management of learning and collaboration networks, will help in gathering and analyzing data, as well as managing sufficient information and knowledge for effective decision-making (EFQM, 2012). Strategic decisions should be based on a sufficient understanding of the overall environment, and the organization's internal capabilities. Managing the organization's internal capacity, given the rate of change of its external business context, requires the cooperation and coordination among the various operations that compose the organization (Walker, 1991). In this context, the lack of a coherent strategy and/or ineffective processes, may contribute to a myopic assessment of the external business environment, which in turn may result in phenomena of "innovatism" or "conservatism", both of which are disadvantageous to the organization's viability. Should these phenomena emerge, it is management's responsibility to intervene, and restore the overall stability of the organization (Zargar, Faghani, & Mahmudi, 2011).

5.3 Balancing the Internal Environment

Having formulated the organization's strategic goals and objectives (within the overall risk that is embedded in its business context and in line with the organization's risk tolerance), the degree of autonomy of each operational unit should be determined as a function of the organization's overall purpose. This determination should be made by the organization's top management, avoiding the inadvertent preservation of an existing state, despite the presence of circumstances that warrant change, or the premature introduction of change despite a lack of capacity (on the part of each operational unit) to effectively absorb the change. Having achieved a balance between preservation and change, management needs to disseminate to each operational unit the organization's legal and corporate requirements, (thus granting identity), allocate the means necessary to achieve their operational mandate through resource bargaining (thus granting a reasonable degree of autonomy), and hold each operational unit accountable for outcomes achieved. Management then needs to

maintain an isometric bird's-eye-view of the operational units and provide integration and optimization, ensuring that the sum activities of their effort is carried out coherently. The effectiveness and efficiency of the processes that are carried out by the operational units should be verified through an internal control framework, combined with sufficient internal audit activities, thus ensuring that preventive and corrective actions are carried out, as circumstances warrant.

6. CONCLUSION AND FUTURE RESEARCH

In this work, an overview of organizational resilience was provided and the four cornerstones that define the concept were discussed. We additionally argued that resilience should be embraced as a holistic approach, which should be used to address both predictable and unforeseen risks, in a manner that augments traditional risk-management processes. Further, we stressed the significant role of the internal control and internal audit functions in integrating resilience into an agile organizational structure. We explored the dynamic character of organizational resilience with the use of the VSM, which provides a powerful alternative to the (top-down) hierarchical structures that often define the traditional approach to organization. The VSM embraces the position, which holds that an organization's viability is dependent on its ability to acclimate successfully to changing (internal and/or external) circumstances, as a unified whole. Moreover, the model exemplifies the importance of multidirectional information sharing and the significance of the information processing mechanisms, which transforms this information into valuable knowledge that can be used wisely to guide decisions and gage performance relative to desired outcomes. A model for the effective dissemination of information that promotes a resilient organizational structure, using the arrangements of the VSM, will be provided in a future publication.

RÉFÉRENCES

- ACKOFF, R.L. (1971). "Towards a system of systems concepts". *Management Science*, 17(11):661-671.
- ACKOFF, R.L. (1999). *Recreating the corporation: A design of organisations for the 21st century*. Oxford University Press, New York.
- ADGER, W.N. (2000). "Social and ecological resilience: are they related?". *Progress in Human Geography*, 24(3): 347-364.
- ALEXANDER, D.E. (2013). "Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13: 2707-2716.
- ARTHUR, W.B. (1999). "Complexity and the economy". *Science*, 284 (5411): 107-109.
- ASHBY, R.W. (1956). *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall, London.
- ASSIMAKOPOULOS, N.A. & VARSOS, D.S. (2015). "A methodological systemic scheme using causal loops for the design and control of organisational change (DCSYM-2)". *Int. J. Applied Systemic Studies*, 6 (1): 1-25.
- BARLAS, Y. (2007). *System Dynamics: Systemic Feedback modelling for Policy Analysis*. Encyclopedia of Life Support Systems: 1131-1175, Industrial Engineering Department, Boğaziçi University, Istanbul, Turkey. Retrieved November 22, 2019, from <http://web.boun.edu.tr/ali.saysel/ESc59M/BarlasEOLSS.pdf>.
- BEER, S.A. (1972). *Brain of the firm*. The Penguin Press, London.
- BEER, S.A. (1979). *The heart of enterprise*. John Wiley, London and New York.
- BURNARD, K. & BHAMRA, R. (2011). "Organisational resilience: development of a conceptual framework for organisational responses". *International Journal of Production Research*, 49(18): 5581-5599.

- BURNARD, K., BHAMRA, R. & TSINOPOULOS, C. (2018). "Building organizational resilience: Four configurations". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 65(3): 351-362.
- Chartered Institut of Internal Auditors (2019). "What is internal audit?". Retrieved December 4, 2019, from <https://www.iaa.org.uk/about-us/what-is-internal-audit/#diff>.
- Committee of Sponsoring Organizations of the Treatway Commission (COSO) (2013). *Internal control - Integrated Framework: Executive Summary*. Retrieved November 22, 2019, from <https://www.coso.org>.
- DAHMS, T. (2010). "Resilience and risk management". *Australian Journal of Emergency Management*, 25 (2):21-26.
- DENYER, D. (2017). *Organizational Resilience: A summary of academic evidence, business insights and new thinking*. BSI and Cranfield School of Management, Cranfield.
- EFQM Framework for Innovation Agencies (2012), INNO-Partnering Forum. Retrieved November 22, 2019, from <https://ec.europa.eu/easme/sites/easme-site/files/Paper-EFQM-framework-Innovation-Agencies.pdf>.
- ESPEJO, R. (1990). "The Viable System Model". *Systemic Practice and Action Research*, 3(3) :219-221.
- ESPEJO, R. & GILL, A. (1997). *The viable system model as a framework for understanding organizations*. Phrontis Limited & SYNCHO Limited.
- FLOOD, R.L. & CARSON, E.R. (1988). *Dealing with complexity: An introduction to the theory and application of systems science*. Plenum Press, New York.
- GIBSON, C. A. & TARRANT, M. (2010). "A 'Conceptual Models' Approach to Organisational Resilience". *Australian Journal of Emergency Management*, 25(2):6-12.
- GURAMA, Z. & MANSOR, M. (2018). "Internal audit effectiveness in tax administration: a model proposition". *Journal of Advanced Research in Business and Management Studies*, 12 (1): 70-73.
- HOLLING, C.S. (1973). "Resilience and stability of ecological systems". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 1-23.
- Internal Control Standards Committee (INTOSAI) (2004). *Guidelines for internal control standards for the public sector*. Brussels, Belgium.
- KERR, H. (n.d.). *Organizational Resilience: Harnessing experience, embracing opportunity* (Whitepaper). BSI, United Kingdom. Retrieved November 22, 2019, from <https://www.bsigroup.com/LocalFiles/en-GB/organizational-resilience/whitepaper-harnessing-experience-embracing-opportunity.pdf>.
- KRELL, E. (2006). "Business Continuity Management: Strategy". Society of Management Accountants of Canada (CMA-Canada).
- LENGNICK-HALL, C. A. & BECK T. E. (2009). "Resilience Capacity and Strategic Agility: Prerequisites for Thriving in a Dynamic Environment". Editors, Nemeth, C., Hollnagel, E.&Dekker S.. *Resilience Engineering Perspectives Preparation and Restoration Vol.2*, CRC Press, London.
- LINKOV, I., TRUMP, B.D. & FOX-LENT, C. (2016). *Resilience: Approaches to risk analysis and governance*. IRGC Resource Guide on Resilience. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center.
- MANYENA, B., O'BRIEN, G., O'KEEFE, P. & ROSE, J. (2011). "Disasterresilience: a bounce back or bounce forward ability?". *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 16 (5): 417-424.
- MATURANA, H.R. & VARELA, F.J. (1980). *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. D. Reidel Publishing, Dordrecht, Holland.
- MAVHURA, E. & MANYENA, B. (2018). "Spatial quantification of community resilience in contexts where quantitative data are scarce: The case of Muzarabani district in Zimbabwe". *Geo:Geography and Environment*, 5(2): 1-20.

- MORGAN, G. (1986). *Images of Organization*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- NSW GovernmentTreasury (2018). "Organizational resilience:Practitioner guide for NSW public sector organizations", *TPP18-07 Policy and Guidelines Paper*. Retrieved September 27, 2019, from <https://www.treasury.nsw.gov.au/sites/default/files/2018-09/TPP1807%20Organisational%20Resilience%20%20Practitioner%20guide%20for%20NSW%20Public%20Sector%20Organisations%20-pdf.pdf>.
- PATRIARCA, R., Di GRAVIO, G., COSTANTINO, F., FALEGNAMI, A. & BILOTTA, F. (2018). "An analytic framework to assess organizational resilience". *Safety and Health at Work*, 9(3): 265-276.
- RIOZ, J.P. (2010). "Models of organizational cybernetics for diagnosis and design". *Kybernetes*, 39 (9/10): 1529-1550.
- SCOTT, W.R., & DAVIS, G.F. (2007) *Organizations and organizing: Rational, natural, and open systems perspectives* (1st ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- SHARIFI, A. & YAMAGATA, Y. (2016). "On the suitability of assessment tools for guiding communities towards disaster resilience". *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18: 115-124.
- SMITH, P. *et. al* (2011). "Network resilience: a systematic approach". In *IEEE Communications Magazine*, 49(7): 88-97.
- SUTCLIFFE, K.M. & Vogus, T.J. (2003). Organizing for resilience. Positive Organizational Scholarship: Foundations of a new discipline. Cameron, K.S., Dutton, J.E. & Quinn, R.E., San Francisco: Berrett-Koehler, 94-110.
- TROLLOPE, C., ATKINSON, D. & CARBONE, M. (n.d.). "The role of the internal auditor in business resilience: 1303A-16 Business Resiliency Article". *The Institute of Internal Auditors*, Canada. Retrieved November 22, 2019, from <https://chapters.theiia.org/IIA%20Canada/Thought%20Leadership%20Documents/The-Role-of-the-Internal-Auditor-in-Business-Resilience.pdf>.
- VARSOS, D.S., & ASSIMAKOPOULOS, N.A. (2016). "A systems approach to alternative paradigms for organization and organizational change". *Int. J. of Applied Systemic Studies*, 6(4): 302-326.
- Varsos, D.S. & Assimakopoulos, N.A. (2018). "Viability and change in the twenty-first century organization: A cybernetic perspective". *International Journal of Applied Systemic Studies*, 8(2): 119-150.
- von BERTALANFFY, L. (1950). "An outline of general system theory". *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1(2): 134-165.
- WALKER, J. (1991). *The Viable Systems Model a guide for co-operatives and federations*. Retrieved November 29, 2019, from <https://www.scribd.com/document/136364750/Jon-Walker-VSM-a-Guide-for-Co-Operatives-and-Federations>.
- WOODS, D.D. (2015). "Four concepts for resilience and the implications for the future of resilience engineering". *Reliability Engineering & System Safety*, 141:5-9.
- WOUTER, A., DE SMET, A., LACKEY, G., LURIE, M. & MURARKA, M. (2018). *The five trademarks of agile organizationsreport*. Agile compendium, McKinsey & Company. Retrieved November 22, 2019, from <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Organization/Our%20Insights/Harnessing%20agile%20compendium/Harnessing-Agile-compendium-October-2018.ashx>.
- ZARGAR, S.M., FAGHANI, K. & MAHMUDI, G. (2011). "Assessing the role of the EFQM excellence model in organizational viability". *World Applied Sciences Journal*, 14(7): 987-995.

LA RESILIENCE DES TERRITOIRES : PROPOSITION D'UN CADRE D'ETUDE SYSTEMIQUE

Author(s) / Auteur(s) :

Richard CANTIN

Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Université de Lyon

Rue Maurice Audin 60120 Vaulx-en-Velin, France

richard.cantin@entpe.fr

Bernard GUÉZO

Cerema, Territoires et ville

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

2 rue Antoine Charial, 69003 Lyon

quezo.bernard@wanadoo.fr

Résumé

La gestion des territoires est confrontée à de nombreux défis du fait des changements globaux et de la dynamique d'urbanisation qui les affectent. Manifestant les limites des approches fonctionnelles et sectorielles, ce contexte sensible invite à investir les approches systémiques pour éviter ce que certains qualifient de catastrophe civilisationnelle.

Une de ces approches systémiques convoque la résilience comme mode d'action collective pour agir sur le futur des territoires. La résilience cherche en effet à influencer leur trajectoire dans un sens désirable, en associant les populations. Suscitant un véritable engouement, la résilience nécessite encore de stabiliser un cadre d'étude des espaces les plus exposés aux effets systémiques, en lien avec les changements globaux, en y adjoignant des leviers d'action.

L'objet de cet article est de répondre à ce besoin des gestionnaires en mobilisant différents travaux récents.

Trois séminaires organisés par le Cerema en 2016, 2017 et 2019 permettent de disposer d'un cadre de référence de la résilience des territoires exposés à des crises de natures multiples et devant relever des défis majeurs. Ce cadre de référence résulte des travaux collectifs des universitaires et de nombreux experts de plusieurs disciplines ayant mis en évidence l'apport des approches transversales.

En s'appuyant sur ces travaux, l'article propose un cadre d'étude systémique des territoires. Deux exemples sont utilisés : celui de Givors, espace urbanisé situé au sud de la métropole de Lyon et celui de Semarang, ville littorale indonésienne exposée aux aléas naturels dont la subsidence. En mobilisant ces deux cas représentatifs des défis à relever par les gestionnaires des territoires, l'article montre comment le cadre d'étude renvoie à la résilience.

L'article définit ce cadre en proposant plusieurs éléments caractéristiques d'un territoire exposé à de fortes interactions entre ses composantes humaines ou non humaines, à savoir : le cadre dominant, l'empreinte écologique, les notions d'espaces limites et d'espaces critiques, les types de perturbations, l'approche tripolaire et les leviers de résilience utiles aux gestionnaires.

Enfin, la résilience nécessite d'associer étroitement les populations. A ce titre, l'article aborde dans le cadre prédéfini la question de l'habitat résilient et de l'habitabilité des territoires, et suggère quelques perspectives pour que cette préoccupation soit prise en compte.

Mots-clés :

territoire, systémique, résilience, risque, changement, climat, urbanisation, Givors, Semarang

CONTEXTE, ENJEUX ET PROBLÉMATIQUE

Les travaux scientifiques documentent régulièrement les changements en cours des milieux physiques, naturels et humains (GIEC, 2019. ONU, 2019. IEA, 2019. EU, 2019. MTES, 2019).

Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, Ces changements dits globaux, parmi lesquels le changement climatique, traduisent l'impact de l'activité humaine sur le devenir de la Terre. Par son empreinte, cette activité modifie le monde. Les transformations planétaires enclenchées sont rapides, accélérées et cumulatives aboutissant à une moindre habitabilité du monde, ce que traduit le concept d'anthropocène (Crutzen et Stoermer, 2000).

Ces transformations soulèvent des défis majeurs en matière d'adaptation des populations, de capacité d'atténuation des effets de l'activité humaine et plus globalement de résilience des territoires et des organisations face aux perturbations et événements dommageables qui se produiront. Ces défis se posent à des échelles globales et locales. Tous les territoires y sont ou seront confrontés à court, moyen ou long terme.

L'anthropocène révèle l'ampleur des interactions non maîtrisées entre humains et non-humains alors que le développement industriel des derniers siècles s'est fait en séparant les fonctions (agriculture, industrie, services etc.) pour mieux les définir et les optimiser. Relever les défis nécessite par conséquent de reconsidérer le référentiel de connaissances pour y intégrer des approches systémiques sur lesquelles reposent les réponses à apporter aux défis posés.

Ce nouveau contexte de la relation de l'homme à son environnement questionne par conséquent les modalités d'aménagement et de gestion des territoires mises en œuvre depuis des décennies, dans leur capacité à prendre en compte les interactions qui se produisent entre urbanisation et milieux physiques et biologiques.

En France, les pratiques sont principalement déterminées par des outils de planification conventionnels tels que le Scot (Schéma de cohérence territoriale), le PLU (Plan Local d'Urbanisme) ou le PCAET (Plan climat-air-énergie territorial) (ADEME, 2019). Si ces outils peuvent intégrer un certain nombre d'exigences nouvelles comme par exemple reconsidérer la place de l'agriculture et des milieux naturels dans les choix d'aménagement, ils reflètent une fragmentation des problématiques territoriales qui rend difficile une vision systémique des changements globaux. Il semble que la connaissance scientifique produite sur les changements globaux et leur dimension systémique n'ait pas une valeur de découverte fondamentale sur laquelle fonder un nouvel outillage alors même qu'elle fonde un nouveau paradigme (Kuhn, 2008).

De ce fait, les gestionnaires des territoires sont démunis pour aborder certains espaces marqués par leur hybridité ou encore par les perturbations générées par l'interpénétration des milieux humains et naturels en présence, en lien avec des mutations d'échelle locale relevant souvent de dynamiques plus globales. Confrontés à des problèmes difficiles à appréhender, ils expriment un engouement autour du concept de résilience (Quenault, 2013). La question est par conséquent posée d'apporter aux gestionnaires des méthodes ou des outils de nature à les aider à appréhender ce type d'espaces.

Clarifier la notion de résilience dans son application à la gestion et l'aménagement des territoires est apparue comme une première étape à franchir vers la prise en compte des effets systémiques avant de proposer un cadre d'étude systémique. Cette première étape a fait l'objet d'une réflexion collective conduite par le Centre français d'études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (Cerema) lors de trois séminaires réunissant des universitaires et des experts de plusieurs disciplines (Cerema, 2017, 2018, 2019a, 2019b). Les travaux menés avaient pour objet de produire des éléments de référence issus d'un travail collectif, les experts étant différents d'un séminaire à l'autre, tandis que les représentants du monde académique étaient inchangés de façon à assurer la cohérence d'ensemble de la réflexion. Ces travaux ont conduit à chaque fois à définir la notion de résilience d'un territoire comme étant sa capacité à anticiper ou à faire face à des agressions de différentes natures en intégrant la population.

Un objectif du premier séminaire était d'analyser les conditions d'applicabilité du concept de résilience aux crises urbaines et territoriales (Cerema, 2017). Menée en septembre 2016 dans un cadre franco-allemand, cette analyse des mécanismes en jeu a montré l'importance de considérer le risque dans ses effets systémiques, dans sa capacité de muer, de muter et de changer d'échelle. Sauf à innover dans les réponses, les crises ont vocation à se propager en jouant sur les fragilités du système territorial et urbain. Celui-ci est en effet vulnérable aux transformations socio-économiques, aux changements environnementaux, aux évolutions sociétales, au cloisonnement des organisations et plus généralement à une insuffisance d'anticipation d'effets non désirés.

En prenant en compte ces fragilités, il est possible de prévenir la propagation des crises et des perturbations. Pour ce faire, enrichir les liens entre les scientifiques, les techniciens et les décideurs est primordial. Multiplier de la sorte les passerelles entre la politique, la gestion opérationnelle et la recherche ouvre des perspectives, favorise le recours aux nouvelles approches et technologies, donne leurs places à des solutions innovantes. Des modes de faire transversaux sont apparus importants tels que développer les relations et la coopération entre les acteurs, relier en réseau des entités de gestion distinctes, structurer un corpus de méthodes, partager des expériences ou se doter d'un référentiel de connaissances. Enfin, a été identifiée la nécessité pour les décideurs de se doter d'une vision stratégique conduisant à identifier des défis majeurs.

Doté de cette base conceptuelle, le deuxième séminaire tenu en octobre 2017 a analysé des cas concrets en France (Cerema, 2018). Deux territoires ont été étudiés : les Alpes-Maritimes au travers des inondations de 2015 et le Nord de Marseille exposé aux incendies de forêts au travers des événements d'août 2016. La boucle nord de la Seine a également été étudiée au travers de sa vulnérabilité à une crue centennale de la Seine. En lien avec ces exemples, recouvrant des situations très différentes, des configurations typées ont été identifiées recouvrant des processus dommageables d'échelles spatiales et temporelles très variables : local, étendu d'un côté, brutal, progressif de l'autre. Chaque configuration appelle des caractérisations différentes en matière de besoins de résilience. Plusieurs éléments de réponse ont également été identifiés dont le besoin d'intégrer les différentes échelles spatiales et temporelles, d'enrichir les liens entre les acteurs et d'assurer une veille anticipative pour développer les capacités d'agir.

En janvier 2019, le troisième séminaire a abordé les grands défis à relever par les territoires et les métropoles (Cerema, 2019a). Plusieurs de ces défis sont en lien avec les changements globaux. Les enjeux économiques et sociaux sont également présents. Les travaux menés ont confirmé que les stratégies à déployer devaient s'inscrire dans une approche globale, multiscalaire et intégrer les effets systémiques. Ces stratégies doivent recomposer les modes d'occupation de l'espace, mobiliser des solutions alternatives, organiser des fonctionnements en mode dégradé lorsque nécessaire. Il est également apparu utile d'identifier un ou plusieurs outils qui puissent être des vecteurs de résilience pour le territoire, au-delà de leur seule fonctionnalité.

Constituent des leviers de résilience ce qui permet de structurer des démarches transversales. Une nouvelle fois, les travaux ont mis l'accent sur le besoin de relier les acteurs, de valoriser les initiatives prises au-delà de leur domaine d'emploi initial, d'articuler des outils relevant de registres différents (par exemple, planification et aménagement opérationnel, gestion de l'eau et gestion des risques, etc.). L'activation de toutes ces passerelles démultiplie les possibilités offertes par les approches sectorielles en matière de réponses à apporter pour la résilience.

Il est ainsi apparu pertinent de combiner des technologies high-tech et low-tech, d'utiliser l'ingénierie pour analyser et représenter les vulnérabilités et simuler des situations critiques. Le nécessaire développement de modèles non-hiérarchisés peut recourir à des techniques de l'intelligence artificielle. Des référentiels sont à créer sur des problématiques qui en sont dépourvues, leur validation et leur actualisation devant systématiquement intégrer des confrontations in situ régulières à la réalité complexe et changeante des territoires.

Les travaux menés lors de ces trois séminaires ont confirmé le bien-fondé de mobiliser la notion de résilience pour traiter des interactions qui se produisent sur certains espaces complexes et exposés de ce fait à des perturbations de grande ampleur. Ils ont mis en évidence les limites des outils

conventionnels existants, le besoin de développer des processus de collaboration entre les acteurs, les difficultés d'associer la population. Ils ont révélé le besoin de proposer un nouveau cadre d'étude des territoires ouvrant sur la prise en compte des effets systémiques et de la vulnérabilité des populations.

Le présent article a pour objet de proposer les éléments de ce nouveau cadre à l'aide de deux études de cas approfondies ayant initié le cadre recherché. Ces études de cas permettent d'interroger les éléments d'une résilience de deux territoires exposés à une forte dynamique d'urbanisation mais confrontés à des configurations très contrastées. Le premier territoire est l'agglomération urbaine de Givors située près de Lyon en France, et le second est l'agglomération littorale de Semarang située sur l'île de Java en Indonésie.

En s'appuyant sur ces deux études et les trois séminaires du Cerema, l'approche systémique est mise en œuvre afin de dégager les notions d'espaces limites et d'espaces critiques qui façonnent un nouveau cadre d'étude de la résilience des territoires (Guézo, 2012 pour Givors, Cerema, 2017, 2018, 2019a, 2019b pour Semarang).

CAS D'UN TERRITOIRE URBAIN : GIVORS EN FRANCE

Située en France au sud de Lyon, excentrée dans le département du Rhône, à proximité immédiate des départements de la Loire et de l'Isère, l'agglomération de Givors connaît une activité industrielle importante dès le XVIII^e siècle (charbonnage, verrerie, etc.). Elle réunit les communes de Givors (19 312 hab. avec 1 114 hab. /km²) et de Grigny (9 615 hab. avec 1 672 hab. /km²) (INSEE, 2019). Intégrée en 2007 à la communauté urbaine devenue métropole de Lyon (1,4 million d'hab., soit 1850 habitants/km²), cette ancienne agglomération industrielle est une des 21 polarités urbaines de la métropole. A distance de trois concentrations urbaines (20 km de Lyon, 40 km de Saint-Etienne et 15 km de Vienne), elle forme un carrefour géographique générant par lui-même une polarité urbaine de petite extension mais d'importance régionale en matière commerciale et de transport interurbain.

L'agglomération de Givors s'inscrit dans le Scot 2030 de l'agglomération lyonnaise qui fixe des orientations générales en matière d'aménagement, d'habitat, d'environnement et de déplacement. Les deux communes disposent de PLU. Elles comptent plusieurs quartiers d'habitation avec de nombreux logements sociaux hérités d'un important passé industriel.

L'agglomération imbrique aussi dans un espace très resserré plusieurs types et niveaux de réseaux de transports. Elle est inscrite dans le périmètre du Syndicat Mixte des transports pour le Rhône et l'agglomération lyonnaise, autorité organisatrice des mobilités pour le territoire de la métropole de Lyon et pour le département du Rhône. Les réseaux multiscalaires ont évolué au fil du temps privilégiant successivement la voie d'eau, le fer, la route et, de nouveau le fer. Desservant l'agglomération, la ligne ferroviaire TER (Transport Express Régional) et TGV (Train à Grande Vitesse) entre Saint-Etienne et Lyon est une des lignes de province les plus fréquentées de France.

Cette configuration nodale a conduit à la concentration d'activités industrielles et commerciales. Elle a fait de l'espace givordin un pôle dit « d'équilibre » qui regroupe les services apportés aux territoires attenants (services publics de proximité, hôpital, gare TER d'importance régionale, etc.).

L'agglomération intercepte différents réseaux hydrographiques : le Rhône, le Gier, le Garon et les ruis des collines voisines au relief souvent marqué. Les infrastructures hydrauliques et de transport compartimentent fortement le tissu urbain. Les digues et les remblais associés aux voies ferrées, comme les passages routiers sous les voies, modifient les conditions d'écoulement des eaux lors des crues et affectent régulièrement les circulations urbaines.

Du fait de ces concentrations d'habitants, d'activités, de milieux naturels et de flux, le territoire urbain givordin est exposé à différentes perturbations (Figure 1). Celles-ci sont de trois types : le choc, le grippage et l'altération :

- Ayant des origines diverses, les chocs effectifs et potentiels sont de différentes natures : crises sociales liées à la déprise industrielle, risque d'accident industriel de type Seveso, accident de transport de matière dangereuse (fer, route), l'autoroute, le centre commercial des Trois-

Vallées, débordements soudains des rus envahissant le centre-ville, crues violentes de la rivière Gier et des cours d'eau le Garon et le Mornantet, affectant des quartiers d'habitation.

- Ce territoire connaît de fréquents effets de grippage, accident de son fonctionnement, par exemple lors de la saturation du parc de stationnement TER ou lors d'une coupure de l'autoroute liée à des travaux, un accident de circulation, une inondation par le Gier. Ces perturbations paralysent la circulation sur l'ensemble du réseau routier. La vulnérabilité liée à la mise hors service du pont autoroutier de Chasse-sur-Rhône affecte l'autoroute A7 et la mobilité à l'échelle métropolitaine. Les tentatives de créer un nouveau barreau routier de contournement nord de Givors n'ont pas abouti face aux réticences locales et aux difficultés d'obtenir un consensus territorial sur le projet.
- Ce territoire est aussi affecté par des altérations telles que par exemple des pollutions et des contaminations des agents naturels (terre, eau, air), des aménagements urbains et par le vieillissement des infrastructures (fer, route). Ces altérations résultent de la déprise industrielle (friches), de l'étalement urbain, des phénomènes de paupérisation (habitat insalubre), de l'augmentation du trafic routier et de la congestion automobile. Il est aussi sujet aux altérations lentes d'origine globale telles que le réchauffement climatique et la raréfaction de la biodiversité.

Ces différentes perturbations révèlent des interdépendances entre des composantes du territoire alors que celles-ci sont souvent considérées séparément dans leur gestion comme dans leurs évolutions. La juxtaposition des aménagements et des infrastructures de transport complexifie les conditions locales, révélant les dimensions systémiques du fonctionnement du territoire. Interfèrent fortement à Givors l'espace public géré par les collectivités territoriales, l'espace privé géré par les entreprises et les opérateurs, dont certains d'importance nationale et internationale, et l'espace social associé aux habitants eux-mêmes.

Dans ce morceau d'espace métropolitain (Ascher, 2009), l'espace urbain est dense mais aussi densément perturbé. Sa vulnérabilité se révèle en puisant dans l'histoire, en recourant aux enquêtes menées sur place, en tirant des plans (Guézo, 2012). Cette vulnérabilité est composite, faite de social, de topologie spatiale et de biologie, et des mouvements browniens qui s'y déploient. Elle affecte l'échelle locale mais également les échelles métropolitaine et régionale d'où le caractère critique de ce lieu, de cet espace.

Cet espace peut être qualifié de critique dès lors que sa complexité met en jeu les limites des politiques sectorielles gérant la ville et les risques. Cette criticité impose la mise en relation des gestionnaires aux différentes échelles tant pour des raisons d'enchevêtrement des enjeux que pour la recherche de réponses en matière de résilience.

L'observation de l'espace critique givordin montre des capacités de résilience de ce territoire. Par exemple, des travaux d'adaptation sont réalisés localement : reconstruction de ponts, création d'échangeur autoroutier, réalisation de nouveau franchissement, aménagements urbains. Les ouvrages anciens donnent lieu à des travaux de réhabilitation comme le pont autoroutier de Givors lors de l'été 2019. A l'échelle métropolitaine, la construction du barreau autoroutier de l'A89 au nord de Lyon déleste une partie du trafic des véhicules poids lourds et soulage la tension existante sur le nœud autoroutier givordin. Les collectivités publiques agissent pour réduire les risques technologiques et naturels (plans de prévention des risques, programmes d'actions de prévention des inondations). Les acteurs économiques se préoccupent d'une réorganisation foncière de la zone commerciale des Trois-Vallées, menacée par les débordements du Gier. Les structures de gestion se transforment ce que traduit particulièrement l'intégration de Givors à la métropole de Lyon en 2007. Les autoroutes, les voies ferrées et le fleuve Rhône, les activités économiques de niveau régional, national et international, qui y sont exercées, justifient cette intégration.

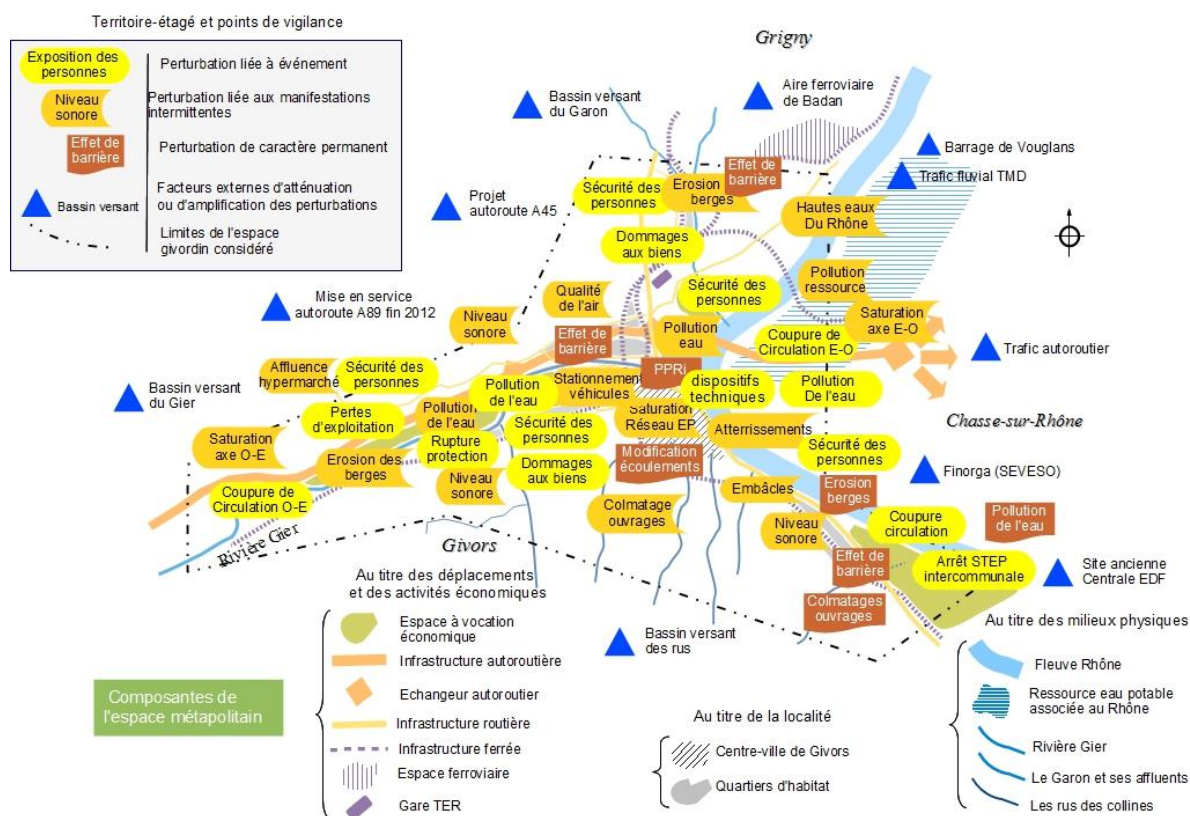


Figure 1. Représentation du territoire givordin sous l'angle des perturbations ou points de vigilance (Guézo, 2012)

La conclusion de l'analyse menée sur la criticité de ce territoire a montré qu'il manquait un monitoring de cet espace qui permette l'anticipation, la surveillance des évolutions, des contextes, des événements et des mutations ainsi qu'une gestion collective de la connaissance, la mise en relation organisée des acteurs publics et privés (Guézo, 2012). Cette transversalité, en faveur d'une lecture systémique de cet espace, permettrait de mieux coordonner les projets et d'anticiper des crises pouvant être d'extension métropolitaine même lorsque les événements ou évolutions qui se produisent semblent très locaux et très spécialisés.

Dans ce melting-pot de matérialités et d'immatérialités, de gestionnaires, de mouvements et de bouleversements, le quartier d'habitation reste celui dont la transformation est la plus hypothétique en matière de réduction des vulnérabilités et de résilience. C'est aussi ce que l'étude systémique montre. Il est une agrégation d'espaces privés ou privatifs.

Les habitants sont faiblement conscients des mutations qui s'opèrent dans leur environnement immédiat. Ils s'en remettent aux capacités de la collectivité publique à protéger leur quartier des aléas qui peuvent les affecter, au risque pour celle-ci de se trouver au banc des accusés lorsque les perturbations surviennent. Dans les cas les plus favorables, l'habitant adapte individuellement sa maison, son habitat, mais sans qu'une réflexion soit toujours produite à l'échelle du quartier ou du secteur urbain. L'autorité publique a pu être amenée à surseoir à des projets d'habitation voire à démolir des constructions lorsque le risque encouru a été jugé trop grand pour les habitants. La question reste posée de la voix des habitants qui ne disposent pas de ressources identifiées pour comprendre les transformations de leur environnement et qui peuvent se trouver confrontés à l'adversité sans y être préparés.

Ces constats font de l'agglomération de Givors un espace critique dans la métropole de Lyon, un territoire où sont identifiées des perturbations multiples (chocs, grippages et altérations). Il sollicite les échelles métropolitaine et régionale et interroge la vulnérabilité des quartiers d'habitation.

CAS D'UN TERRITOIRE LITTORAL : SEMARANG EN INDONÉSIE

Le second territoire est l'agglomération de Semarang, située en Indonésie, sur l'île de Java. Ancienne ville coloniale, Semarang s'est développée dans la plaine et vers le littoral à partir du XVII^e siècle en bénéficiant d'infrastructures hydrauliques créées par les Hollandais. Cette ville portuaire est un pôle économique desservi par la principale ligne ferroviaire qui relie Jakarta à Surabaya.

Située sur la grande route côtière du nord de l'île, elle connaît une forte dynamique d'urbanisation. Après avoir presque doublé au cours des années 1950 et 1960, la population s'est accrue entre 1999 et 2014 pour compter environ 1 730 000 habitants avec une densité de 4 600 hab./km². Cette forte croissance démographique, moindre aujourd'hui, se manifeste par un desserrement urbain important. En 2014, le taux d'urbanisation de la commune atteignait 44 % alors qu'il n'était que de 15 % en 1999. Délimitée au sud par des hauts reliefs volcaniques et au nord par la mer de Java, l'urbanisation s'est développée prioritairement vers le littoral, envahissant des espaces constitués de terrains sédimentaires compressibles, auparavant occupés par la mangrove (Figure 2).

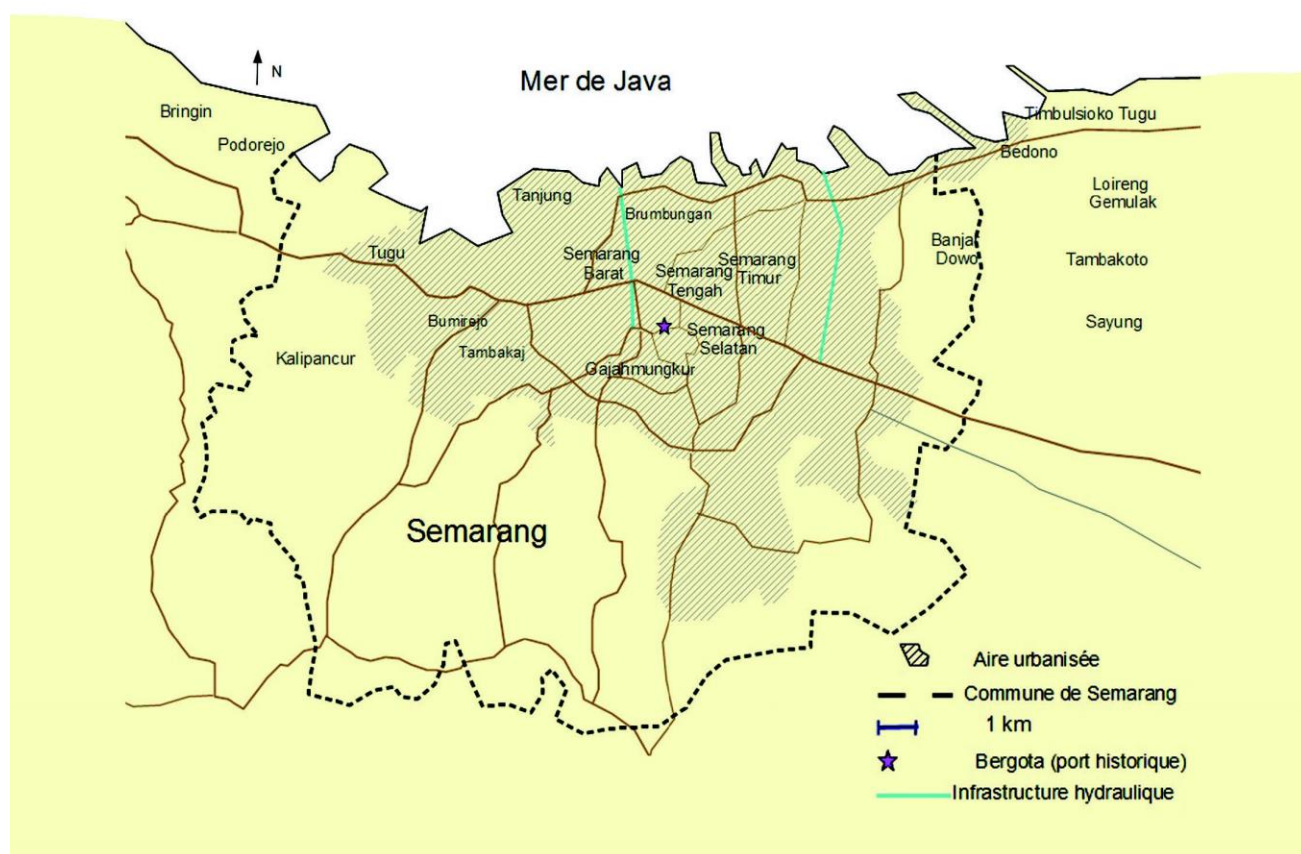


Figure 2. Semarang, un cadre géographique contraint (Guézo, 2012)

Le schéma de planification 2010-2030 prévoit la construction de plusieurs infrastructures routières sous forme d'anneaux périphériques pour réduire la congestion automobile et accompagner l'urbanisation de secteurs non construits. Il prévoit la création d'un écodistrict, la constitution d'un

dossier de candidature à l'inscription de la vieille ville au patrimoine mondial de l'UNESCO et une action de planification de mangroves sur le littoral.

Totalisant plus de 50 000 km de côtes de différentes natures, l'Indonésie est directement concernée par les changements globaux et la montée des eaux. Ses littoraux sont fragilisés par la croissance démographique et le développement des activités qui s'y concentrent comme à Semarang. La particularité de la bande côtière de Semarang est d'être exposée à une subsidence très active, pouvant atteindre un affaissement de 13 cm par an dans certains secteurs. Ce phénomène accentué par l'activité anthropique (remblaiement des terrains, pompages de l'eau souterraine) interagit avec d'autres phénomènes naturels comme la rehausse des niveaux marins, les inondations continentales et la transgression marine. La subsidence et les processus associés génèrent des effets dommageables aussi bien sur les activités économiques que sur les conditions de vie de la population.

Une étude réalisée par le Cerema et l'université Diponegoro de Semarang en concertation avec les acteurs locaux et des experts a permis de développer une vision globale des questions soulevées par la vulnérabilité de la bande côtière, en complétant les représentations partielles détenues préalablement par les différents acteurs (Cerema, 2019b). Une approche du fonctionnement systémique du territoire littoral de Semarang a été conduite (Figure 3).

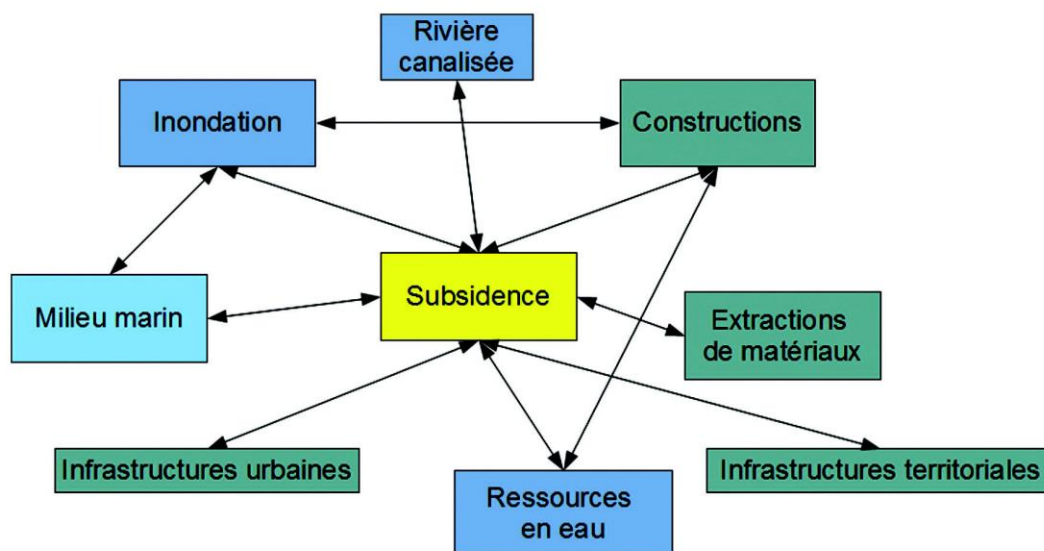


Figure 3. Représentation simplifiée des interactions au sein du territoire de Semarang (Cerema, 2019b)

Les éléments naturels et les activités humaines interagissent, et comme pour l'agglomération de Givors, les perturbations sont de 3 types :

- Choc : inondations continentales sous l'effet de précipitations intenses ;
- Grippage : désordres sur les infrastructures et les constructions pouvant aller jusqu'à affecter les services urbains, l'usage des bâtiments et des habitations, congestion du trafic ;
- Altération : subsidence des sols, extension des surfaces submergées par la mer, dégradation de la qualité de vie des populations résidentes exposées à des aléas permanents (par exemple, villages des pêcheurs).

A l'échelle de l'agglomération, les désordres sont tels que les seuils d'habitabilité sont atteints, compte tenu des possibilités techniques, économiques et environnementales. Ces désordres fixent des limites à l'urbanisation, alors que la demande locale est forte, du fait du desserrement urbain. Ces limites

tendent à réorienter la politique d'aménagement ou les demandes de construction vers d'autres secteurs moins exposés aux perturbations.

Cependant, la réorientation de l'urbanisation entraîne une déforestation qui favorise le ruissellement et l'érosion des sols notamment lors des événements pluvieux intenses. Ces phénomènes accentuent le remplissage sédimentaire des canaux et aggravent ainsi les inondations continentales de la bande côtière. Comme le montre la figure 4, l'habitabilité du territoire se dégrade suivant un processus d'auto-renforcement associant la dynamique d'urbanisation et les phénomènes naturels.

Pour lutter contre ces désordres, des aménagements sont réalisés mais ils sont insuffisants et peu efficaces : élimination des eaux superficielles, dragage des canaux et ouvrages de rétention des eaux (Cerema, 2019b).

Les entreprises adaptent leurs installations en ajoutant des remblais ou en reconstruisant des bâtiments. Leur délocalisation est difficilement envisageable tant par la difficulté de trouver des terrains adaptés que par le fait que ces établissements emploient de 30 à 50% de la population des quartiers populaires alentour. Certains immeubles de bureau situés en zone de forte subsidence sont abandonnés car ils ne peuvent être rénovés.

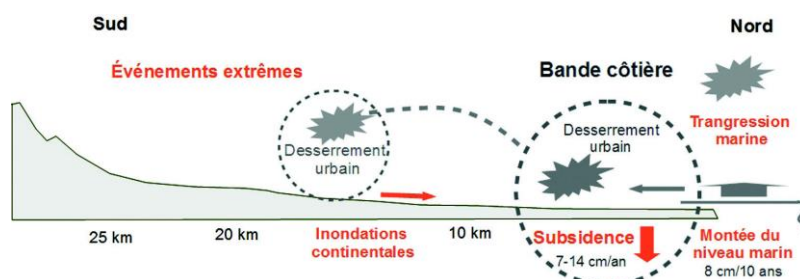


Figure 4. Processus d'auto renforcement des désordres affectant la bande côtière. Auteur B. Guézo (Cerema, 2019b)

Des habitations doivent être reconstruites en fonction des moyens des propriétaires et sans stratégie d'ensemble. D'autres peuvent subir les rehausses de terrain voisins ou de la voirie. La situation des quartiers d'habitation est contrastée. Certains habitants adaptent leur maison, d'autres subissent plus fortement les effets de la subsidence et de la rehausse du niveau marin.

Ces constats font de l'agglomération de Semarang un espace limite, sensible aux aléas naturels, sa configuration littorale illustrant une habitabilité menacée des espaces urbanisés. Impactée par les changements globaux, l'agglomération est aujourd'hui un territoire littoral en cours de fragilisation.

ÉLÉMENTS DE DÉFINITION D'UN CADRE D'ÉTUDE SYSTÉMIQUE

Ces deux cas d'étude permettent, en interrogeant l'habitabilité des territoires et les conditions de leur résilience, de définir plusieurs éléments constitutifs d'un nouveau cadre d'étude systémique des territoires.

Ces deux territoires ont en commun de générer une empreinte écologique activée par des processus dynamiques à différentes échelles, d'origine essentiellement locale pour Givors et d'origines locale et planétaire pour Semarang. Les interactions dynamiques sont permanentes et s'exercent dans des milieux humains comme entre des milieux humains et naturels. Elles évoluent à des échelles géographiques différentes jusqu'à l'échelle planétaire alors que les territoires préservent leur identité au fil du temps. Cette complexité issue d'interactions multiples suggère que ces territoires se comportent comme des systèmes et donc soient étudiés avec une approche systémique (Donnadieu et al. 2003. Durand, 1994, Le Moigne, 1994. Morin, 2007)

Avec l'approche systémique, il est possible de reconsidérer un territoire dans un environnement changeant comme c'est le cas de Givors et de Semarang. Selon la théorie générale des systèmes, un système peut se concevoir selon trois pôles : son être (dimension ontologique), son faire (dimension

fonctionnelle) et son devenir (dimension génétique) (Le Moigne, 1994). L'approche systémique invite ainsi à considérer un territoire par ce qu'il est, dans une vision statique prise à un instant donné, mais aussi par ce qu'il fait, ce qu'il subit et ce qu'il devient.

La réflexion sur le devenir d'un territoire par une planification pluriannuelle est nécessaire mais seule elle n'est pas suffisante car elle privilégie une vision statique et réductionniste qui n'intègre pas explicitement l'incertitude de la dynamique d'urbanisation et les effets multi-échelles et imprévisibles des changements globaux. Dans ce contexte, l'approche systémique fournit les éléments d'un cadre d'étude de la résilience des territoires qui sont synthétisés dans le tableau 1.

Parmi ces éléments, il y a l'identification des stades de la relation de l'homme à son environnement en considérant l'empreinte écologique (Wackernagel, 1995). En considérant cette empreinte, trois stades de la relation de l'homme à son environnement peuvent être proposés :

- Un premier stade se définit par une empreinte écologique dite « localisée », l'homme transforme son environnement immédiat sans modifier durablement les écosystèmes. Lorsque ses activités cessent, la nature reprend rapidement ses droits. Ce premier stade correspond à une configuration où l'activité de l'homme est centrée sur son habitat.

C'est le cas par exemple au pré-néolithique lorsque les activités humaines n'entachaient pas les agents naturels (terre, eau, air) à une échelle autre que locale. Le patrimoine rural bâti et les cités anciennes fournissent d'autres exemples d'une grande diversité d'habitats ayant une empreinte localisée.

Pour autant, à ce premier stade, les activités humaines n'intègrent pas toujours les risques comme les déchaînements de la nature ou les incendies urbains. Les habitants subissent parfois des calamités destructrices sans pouvoir les anticiper, faute de connaissances et de moyens d'observation.

- Un deuxième stade correspond à une empreinte écologique dite « passive » avec des transformations significatives du milieu naturel, par exemple avec un changement d'usage des sols dans le cas de la déforestation pour établir l'agriculture. Les transformations perdurent pendant plusieurs générations mais sans avoir un impact direct à l'échelle planétaire. Ce stade est celui où l'homme aménage les territoires pour satisfaire ses besoins grandissants.

Ce stade s'observe par exemple à la seconde partie du moyen âge, période gothique durant laquelle l'Europe connaît des bouleversements politiques, religieux et économiques majeurs. L'historien Jean Favier relève ce mouvement : « *Avec l'accélération de la croissance démographique et l'amélioration de la sécurité, l'expansion de l'homme dans l'espace naturel prend au XIII^e siècle son plus fort dynamisme* » (Favier, 1984).

Ce mouvement se développe de façon continue et s'amplifie avec la révolution industrielle. Au début du XIX^e siècle, l'exploitation du bois comme source d'énergie induit un déboisement généralisé des massifs montagneux. Les grandes crues des fleuves engagent l'action publique dans une lutte contre le déboisement propice au ruissellement et à l'érosion des sols. Néanmoins le développement des techniques incite l'homme à repousser les limites de son action en exploitant de plus en plus intensément les ressources naturelles considérées comme inépuisables.

A ce stade, les dommages produits par les catastrophes sont à relativiser par les gains de richesse obtenus à des échelles plus globales (Pigeon et Rebotier, 2017). Au fur et à mesure que les sociétés se sont organisées, réduire les catastrophes et compenser les dommages subis deviennent des perspectives économiquement viables, offertes par des dispositifs de prévention et par la réalisation de nouveaux aménagements.

- Un troisième stade correspond à une empreinte écologique dite « active » caractérisée par une massification de l'action anthropique. Les interactions entre l'homme et les agents naturels s'intensifient. Des seuils d'acceptabilité des écosystèmes sont franchis à différentes échelles jusqu'à l'échelle planétaire. Les écosystèmes sont sollicités ou altérés au-delà de leur capacité de régénération. Les impacts sont de trois ordres :
 - Augmentation des perturbations locales des milieux humains et biophysiques, de différentes natures ;
 - Propagation de perturbations au-delà de l'échelle locale jusqu'à l'échelle planétaire ;

- Altération en retour des milieux humains et biologiques, accentuation des phénomènes physiques.

Identifier la nature de la relation de l'homme à son environnement dans un territoire justifie une approche systémique compte-tenu de la forte propension des territoires à générer par des interactions multiples une empreinte écologique territoriale importante.

Un autre élément à considérer dans le cadre d'étude (Tableau 1) est le type d'espace associé à une empreinte écologique active générant des perturbations ne pouvant pas être appréhendées par la seule gestion territoriale conventionnelle. Deux types d'espaces peuvent être distingués : les espaces « critiques » et les espaces « limites ».

Illustré par le cas de Givors, l'espace critique est une configuration territoriale liée à la concentration des enjeux et des flux. Ce type d'espace, resserré par construction, met à défaut les dispositifs et les outils de gestion territoriale conventionnels. Il est dit critique car les perturbations qu'il génère sont susceptibles d'affecter différents milieux et donc le système territorial dans son ensemble.

L'existence des espaces critiques résulte de la dynamique d'urbanisation (Bairoch, 1985) qui s'est accentuée dans les dernières décennies à l'échelle planétaire au point de prendre rang comme composante du changement global. Cette transformation a alerté les urbanistes, et en 1995, le concept de « métapole » apparaît pour signifier la diffusion des métropoles dans les territoires (Ascher, 1995). En s'urbanisant, ces derniers connaissent en effet des mutations rapides qui, succédant à des décennies de croissance et de relative stabilité, désorientent les gestionnaires. Dans les dernières décennies, l'urbanisation a fragmenté les territoires entre des espaces qui se densifient à l'extrême et d'autres qui ont décroché, d'où les notions « d'hyper-ruralité » (Bertrand, 2014) ou « d'hyper-lieux » (Lussault, 2017) qui marquent l'inscription des territoires dans le monde « hyper-industriel » (Veltz, 2017).

Illustré par le cas de Semarang, le second type de configuration territoriale est l'espace limite. Il correspond à des espaces en interaction dynamique avec leur environnement naturel, lui-même aujourd'hui très influencé par les changements globaux. Localement, les interactions s'y produisent entre des composantes anthropiques et des composantes biologiques et physiques. Il s'agit d'espaces où l'urbanisation est particulièrement exposée aux contraintes et limitations écologiques. L'espace limite pose la question de son adaptation, particulièrement dans le contexte du changement climatique qui l'expose à des aléas naturels plus fréquents.

Certains espaces attractifs sont particulièrement exposés à ces effets limites, et pendant des siècles, l'urbanisation n'a cessé de repousser les limites de son environnement physique, mais aujourd'hui ce sont ces limites qui la repoussent (Pigeon, 2012). Par exemple, le changement climatique met en jeu la solidité des infrastructures techniques exposées à la fonte du pergélisol. Les espaces limites peuvent se manifester à petite échelle, au cœur des villes, avec par exemple les îlots de chaleur urbains activés lors des canicules. Toujours en relation avec l'environnement climatique, il y a aussi les territoires où le risque incendie s'amplifie chaque année, dès lors que l'urbanisation accroît ses interfaces avec la forêt, ces interfaces étant difficiles à défendre. En 2017, les ouragans Irma et Maria posent également la question de l'espace limite formé par les îles et les espaces côtiers comme autres interfaces entre les zones habitées et les milieux naturels affectés par le changement climatique.

Dans ce contexte, la résilience apparaît comme un mode d'action collective pour agir sur le territoire. La résilience cherche à influencer la trajectoire du territoire dans un sens désirable, en impliquant les populations (Cerema 2018, 2019a, 2019b. Cantin, 2018).

C'est en traitant sous l'angle de la résilience les espaces critiques et les espaces limites qu'il est possible de caractériser la vulnérabilité des territoires aux risques globaux. Pour les acteurs territoriaux, il s'agit d'identifier ces espaces et de connaître leur dynamique pour les prendre en compte dans les stratégies des collectivités publiques. Cependant, pour différentes raisons, notamment pour des raisons d'image, celles-ci hésitent à afficher la gestion des perturbations et des fragilités, alors mêmes qu'elles agissent souvent en leur sein pour les réduire et y faire face (Guézo, 2019).

Au vu des deux cas étudiés, un indicateur de cette résilience est la vulnérabilité des quartiers d'habitation et un second indicateur est la capacité des acteurs à coordonner leurs interventions, au titre de la prévention des perturbations en cas d'événement déclencheur.

La résilience invite à monitorer les espaces critiques c'est-à-dire à tisser le système urbain et territorial aux différentes échelles. Ce monitoring est un levier de la résilience lorsque les perturbations et leurs effets sont anticipés et minorés pour protéger les populations et pour éviter que la mise hors service d'un élément essentiel au système urbain ne porte atteinte à ses fonctions vitales. La redondance au sein des réseaux urbains, de même que leur durcissement, sont des techniques pratiquées depuis longtemps pour réduire leur vulnérabilité. Mettant en relation des systèmes distincts, des opérateurs ou des organisations qui s'ignorent habituellement car relevant de différentes échelles d'intervention, le tissage est plus élaboré. Cette transversalité permet la mobilisation de ressources initialement insoupçonnées. Elle est primordiale car les catastrophes se propagent dans les brèches que crée le cloisonnement. La limitation des risques de rupture en chaîne nécessite une action collective puissante (Guézo, 2019).

L'approche par les perturbations est un levier de résilience pertinent pour aborder les problématiques territoriales. Avec l'exemple de Givors, il est possible de distinguer différents types de perturbation : chocs, grippages et processus permanents d'altération. Les espaces critiques sont particulièrement propices à combiner ces perturbations avec le risque de générer des perturbations plus importantes affectant des territoires ayant une plus grande échelle. Quant à Semarang, un exemple de territoire exposé à un processus d'altération s'auto-renforçant au fil du temps est explicitement mis en évidence (Figure 4).

Pour favoriser la résilience de Semarang aux risques naturels, la création d'un observatoire de la bande côtière dans sa partie urbanisée est proposée (Cerema, 2019b). Pouvant être étendu à des communes limitrophes, cet observatoire vise à fédérer les acteurs, partager la connaissance et favoriser la concertation associant la population aux différents projets.

Au sein de l'observatoire, une composante relative à l'habitat résilient et à l'habitabilité territoriale doit permettre de constituer un nouveau corpus de connaissances interdisciplinaires visant à mieux connaître les constructions exposées aux risques, leurs fonctions, à améliorer les conditions de vie des habitants et à développer la résilience des populations. Elle doit permettre de répertorier les espaces les plus vulnérables, de dresser l'état des constructions, d'assurer leur suivi dans le temps, de renseigner la capacité des habitats à absorber les perturbations (chocs, grippages, altérations), de gérer les zones désaffectées et de développer la connaissance pour la mettre à disposition des acteurs territoriaux.

L'ensemble des éléments présentés ci-avant constitue une proposition de cadre d'étude systémique des territoires (Tableau 1).

Eléments du cadre d'étude systémique	Givors	Semarang	Commentaires
Cadre dominant	Urbain	Littoral	Approche systémique du territoire
Elément historique	A partir du XVII ^e siècle Passé industriel	A partir du XIX ^e siècle Passé colonial	Dynamique d'urbanisation
Empreinte localisée Stade 1 « habitat »	Faible conscience et capacité d'adaptation	Forte conscience et capacité d'adaptation	Empreinte localisée, contenue dans un même milieu « habitat » (A)
Empreinte passive Stade 2 « cause – effet »	Déprise industrielle entraînant des crises sociales et des friches	Desserrement urbain entraînant déforestation des reliefs et densification côtière	Liaisons Cause-Effet entre deux milieux A → B
Empreinte active Stade 3 « interaction »	Espace critique	Espace limite	Interactions et boucles rétroactives entre les milieux A → B → A

Perturbations	Effet en cascade Effet domino Changement d'échelle	Auto renforcement des processus Intensification des aléas	3 types : choc, grippage, altération
Approche tripolaire	Origine locale des perturbations	Origine locale et planétaire des perturbations	Dimensions ontologique, fonctionnelle et génétique
	Effets locaux et métropolitains	Effets locaux	
Levier de résilience/ point de vigilance	Monitoring / Vulnérabilité des quartiers	Observatoire / Accentuation des perturbations	Impliquer les acteurs et associer la population Action collective

Tableau 1. Eléments d'un cadre d'étude systémique de la résilience des territoires

BILAN ET PERSPECTIVES

Les changements globaux observés à l'échelle planétaire transforment les territoires. Ils génèrent localement des configurations multidimensionnelles difficiles à appréhender par les dispositifs conventionnels de gestion territoriale. Les connaissances et les outils de planification ne sont plus suffisants pour identifier les transformations en cours, les connaître, les anticiper et agir pour prévenir les perturbations. Dans ce nouveau contexte, l'approche systémique fournit des concepts pour compléter les approches sectorielles et appréhender ces espaces de façon propice à développer leur résilience.

Les travaux réalisés par les experts et les représentants du monde académique lors des séminaires successifs organisés par le Cerema sur la question de la résilience des territoires ont mis en évidence les possibilités offertes par la mise en relation des acteurs et le développement des approches transversales. Ils ont établi la nécessité de construire de nouvelles approches pour appréhender les configurations complexes et prévenir les crises de toute nature dont celles activées par les changements globaux. A l'issue de ces travaux, il restait en particulier à proposer un cadre d'étude systémique des territoires pour répondre aux besoins des gestionnaires.

Pour élaborer un tel cadre, il a été nécessaire de s'appuyer sur les études approfondies de deux territoires à la fois similaires par leur propension aux perturbations systémiques et complémentaires dans leur configuration géographique. Le cas de l'agglomération de Givors en France est marqué par sa configuration urbaine. La dynamique d'urbanisation agit dans toutes ses composantes pour générer des interactions multiples y compris avec les milieux naturels. Le cas de l'agglomération de Semarang en Indonésie est marqué par sa configuration littorale. La dynamique des phénomènes physiques littoraux interagit avec la dynamique d'urbanisation pour générer également des interactions multiples. Ces deux cas d'étude ont permis d'illustrer les éléments d'un cadre d'étude de la résilience des territoires. Celui-ci se structure avec un cadre géographique dominant, l'empreinte écologique (localisée, passive, active), les perturbations (choc, grippage, altération) et les dimensions systémiques (ontologique, fonctionnelle et génétique) du territoire.

Par une réflexion collective associant les acteurs locaux, des scientifiques et des experts, ces études ont montré que les réponses technologiques conventionnelles telles que la réalisation d'ouvrages hydrauliques, la rehausse des bâtiments ou la surélévation des infrastructures routières sont insuffisantes pour contrer les effets des changements globaux. Prises séparément, ces actions correctrices agissent comme des palliatifs sans parvenir à enrayer les processus en cours.

De même, la planification ne parvient pas à saisir la spécificité de ces espaces pour ouvrir sur le besoin d'y développer la résilience. Parmi les leviers possibles, le monitoring (cas de Givors) et l'observatoire (Semarang) permettraient tout à la fois de fédérer les acteurs publics et privés, d'orienter de façon stratégique le développement urbain et de mettre en œuvre des actions contribuant à la résilience du territoire.

Face à ces défis du XXI^e siècle, il convient également d'impliquer les acteurs territoriaux et chercheurs pour qu'ils s'investissent, soutiennent et développent ensemble, à très court terme, de nouvelles actions publiques de recherche et de formation adaptées aux problématiques territoriales.

Il peut s'agir d'initier à la hauteur des enjeux économiques, sociaux et environnementaux de chaque territoire des programmes de recherche pluriannuels visant à produire des solutions adaptées aux nouveaux problèmes : diagnostics interdisciplinaires aptes à appréhender la complexité in situ, ingénierie avancée des territoires et des risques, stratégies prospectives de conservation, de sauvegarde, de construction, de réhabilitation, d'exploitation et de déconstruction, systèmes d'information et de communication, systèmes de contrôle de la qualité scientifique, juridique et financière (évaluation des politiques publiques locales et globales), etc.

Les travaux menés ont également mis en évidence un enjeu d'association des populations résidant dans les espaces étudiés. Compte-tenu des dynamiques de transformation à l'œuvre dans ces espaces, ces populations sont en effet particulièrement vulnérables. Elles disposent rarement des éléments de compréhension de ces évolutions et des moyens d'y faire face. Les acteurs peuvent être tentés de faire sans elles. De façon pratique, il convient de prendre en compte les populations en considérant leur habitat. Un objectif du monitoring comme de l'observatoire devrait être par conséquent de traiter les problématiques de l'habitat résilient et de l'habitabilité des territoires face aux changements globaux.

Ces nouvelles connaissances et les réponses proposées doivent pouvoir être diffusées largement par des enseignements accompagnant le développement de compétences relevant de l'intérêt général et d'une responsabilité éthique individuelle et collective.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERTRAND, A. (2014) L'hyper-ruralité, Paris, La documentation française.
- ASCHER, F. (1995). *Métapolis ou l'avenir des villes*, Paris : Odile Jacob.
- ADEME (2019). Une diversité de démarches pour une diversité de territoires. <https://www.territoires-climat.ademe.fr/ressource/30-9>
- BAIROCH, P. (1985). *De Jéricho à Mexico ; villes et économie dans l'histoire*. Paris, Gallimard, Coll. "Arcades", 707 p.
- CANTIN, R. (2018). *Principes de résilience de l'habitat. Mutabilité des territoires*. Forum des politiques de l'habitat privé. Demain l'habitat ? Quelles mutabilité, réversibilité, adaptabilité des territoires et des logements ? Paris.
- Cerema (2017). Actes du séminaire franco-allemand Résilience urbaine et gestion de crise Collection connaissances. Cerema, Bron
- Cerema (2018). Actes du séminaire Résilience urbaine et sécurité des territoires. Crises redoutées, résiliences escomptées et étapes à franchir. Collection : connaissances. CEREMA, Bron.
- Cerema (2019a). Actes du séminaire Sécurité globale et résilience des territoires - Ingénierie effets de levier et stratégies à promouvoir. Collection : connaissances. CEREMA, Bron.
- Cerema (2019b). Résilience du littoral indonésien aux risques naturels. Semarang et la subsidence. Collection Connaissances. CEREMA, Bron.
- CGDD/Cerema (2015). *Villes et territoires résilients*.
- CRUTZEN, P. J. & STOERMER, E.F. The "Anthropocene", Global Change, NewsLetter, no 41, p. 17-18. IGBP, 2000.
- DONNADIEU, G. & DURAND, D. NEEL, D. NUNEZ, E. & SAINT-PAUL, L. (2003). L'Approche systémique : de quoi s'agit-il ? AFSCET, Paris.
- DURAND, D. (1994). *La systémique*. PUF, Paris.
- EU. European Union Européenne. Construire l'Europe ensemble. 2019. https://ec.europa.eu/info/index_fr
- FAVIER, J. (1984). *Le temps des principautés, de l'an mil à 1515*. Fayard, Le livre de poche, p.146.
- GIEC. Rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019. <https://www.ipcc.ch/about/>

- GUEZO, B. (2012). *Le territoire-étagé : un outil d'ingénierie pour agir sur la vulnérabilité des espaces métropolitains*. Thèse. Géographie. Université de Grenoble.
- GUEZO, B. et PIGEON P., (2014). "Les défis liés à la prévention des désastres dans les aires métropolitaines : exemple de Givors dans l'aire métropolitaine lyonnaise (France)". *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 14 Numéro 3 | Décembre 2014,
- GUEZO, B., Transition et résilience. Pour un nouveau paradigme urbain ! *Construction 21* <https://www.construction21.org/france/articles/fr/transition-et-resilience-pour-un-nouveau-paradigme-urbain.html>. [Consulté en décembre 2019]
- GUEZO B., (2019). Changement climatique et risques globaux : les signaux forts de l'été 2019, <https://www.linkedin.com/pulse/changement-climatiqueet-risques-globaux-les-signaux-forts-guezo/> [Consulté en décembre 2019]
- IEA. International Energy Agency. *Shaping a secure and sustainable energy future*, 2019. <https://www.iea.org/>
- INSEE (2019). Populations légales 2016 - Commune de Givors (69091) <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3681328?geo=COM-69091>.
- KUHN, T. (2008). *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion.
- LE MOIGNE, J.-L. (1994). *Théorie du système général*. Vendôme, PUF, Paris.
- LUSSAULT, M. (2017). *Hyper-Lieux*, Paris, Seuil.
- MORIN, E. (2007). *Introduction à la pensée complexe*. Points, Paris.
- MTES. Ministère de la transition écologique et solidaire, 2019. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/>.
- ONU. Organisation des Nations Unies. *Façonnons notre avenir ensemble*, 2019. <https://www.un.org/fr/>
- PIGEON, P. (2012). *Paradoxes de l'urbanisation : Pourquoi les catastrophes n'empêchent-elles pas l'urbanisation ?* Paris, L'Harmattan.
- PIGEON, P. & REBOTIER, J. (2017). *Les politiques de prévention des désastres ; penser et agir dans l'imperfection*. ISTE Editions, Collection Système terre-Environnement, 231 p.
- PIGEON, P., REBOTIER, J., GUÉZO, B. (2018). « Ce que peut apporter la résilience à la prévention des désastres : exemples en Lavours et en Chautagne (Ain, Savoie) », *Annales de géographie*, n° 719, p 5-28.
- QUENAULT, B. (2013). Retour critique sur la mobilisation du concept de résilience en lien avec l'adaptation des systèmes urbains au changement climatique, *EchoGéo*, 24.
- VELTZ P. (2017). *La société hyper-industrielle*, Paris, Seuil.
- WACKERNAGEL, M., REES, W.E. & TESTEMAL, P. (1995). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers.

INNOVATION ET SYSTÈMES COMPLEXES

Réflexion méthodologique appliquée à la conception de nouvelles formes de savoirs collectifs au service de l'intérêt général, pour penser la complexité avec simplicité

Auteur :

Francis BEAU

Docteur en Sciences de l'Information et de la Communication

Université Polytechnique Hauts-de-France – Laboratoire DeVisu

E-mail francisbeau@gmail.com

Résumé :

Partant de cette idée que le progrès doit être méthodologique avant d'être technologique, la démarche scientifique doit pouvoir renouer avec une « épistémè classique » préconisant ordre et méthode, pour relever avec prudence le défi du modernisme. La complexité de l'administration de notre maison commune (l'économie) considérée comme un écosystème de l'innovation peut être abordée comme un problème d'exploitation d'un capital de connaissances à mettre en valeur avec intelligence. Dans le contexte de « révolution culturelle et cognitive » dont l'électronique et le numérique ne sont que des marqueurs technologiques à effet sur l'ensemble du spectre scientifique et, plus largement, sur l'ensemble du fonctionnement complexe de nos sociétés humaines, une « intelligence collective » s'impose, mettant l'information et l'anticipation par l'innovation, au service de la performance collective et du progrès social. Cette « intelligence économique » dont la finalité est de satisfaire l'intérêt général pour l'édification d'un bien commun, peut s'appuyer sur une mémoire collective et un langage documentaire commun qui l'organise, pour produire une pensée systémique collégiale susceptible d'assurer la résilience de sociétés engagées dans une transformation extraordinairement profonde. En regard de la complexité illimitée de son objet, cette pensée est simple : essentiellement pratique, car orientée vers l'action, elle aborde les systèmes dans leur ensemble au travers d'une grille conceptuelle déterminée par la situation et par l'intention collective. Le langage qui la sert dans une mémoire documentaire, pour inscrire l'activité cognitive d'une collectivité dans la durée autour d'un besoin commun qui lui donne sens, peut s'avérer d'un usage aussi courant qu'une langue maternelle, en s'appuyant sur une organisation logique naturelle inspirée des mécanismes sensoriels à l'œuvre dans nos systèmes cognitifs individuels.

Mots-clés :

méthodologie, épistémè, systèmes cognitifs, transformation digitale, mémoire collective, intelligence sociale, pensée collégiale, intérêt général, anticipation, innovation, progrès, numérique, analogique

Le travail de réflexion qui suit n'a pas pour ambition de contribuer à une « nouvelle théorie de l'innovation », qui aborderait celle-ci sous l'angle de l'artefact technique produit, en analysant sa conception au travers de différents « cadres » d'action, « de fonctionnement » et « d'usage », pour en réaliser « l'alliage » dans un « cadre de référence sociotechnique » (Flichy, 2003). Il ne s'agit pas non plus d'y aborder l'innovation sous le seul angle des progrès techniques dont on étudierait, à la suite de Schumpeter, l'influence sur le comportement des agents économiques, et les répercussions sociales de « destruction créatrice » (Schumpeter, 1943). Il s'agit plutôt, dans le prolongement d'un travail de thèse récent (Beau, 2019), de tenter d'apporter une contribution à la pensée systémique, qui s'insérerait dans un espace théorique peu exploité, en opérant une sorte d'inversion de la démarche schumpeterienne. C'est en effet un renversement de la perspective qui reconnaîtrait cette fois à la méthodologie le pouvoir d'influencer le progrès technique afin de lui donner tout son sens. La méthodologie pourrait ainsi agir

en amont sur les comportements économiques, en pensant la complexité avec toute la simplicité nécessaire à l'élaboration collective d'un bien commun, pour la satisfaction de l'intérêt général et à terme, la durabilité de notre fragile écosystème.

LA METHODOLOGIE ET L'INNOVATION AU SERVICE DE L'INTERET GENERAL

Avant toute considération sur l'innovation, il faut accepter l'idée que celle-ci ne se limite pas à la technologie, mais peut et doit surtout venir d'avancées méthodologiques. Ceci est vrai de manière générale, mais plus particulièrement encore, à l'ère de l'économie de la connaissance, en matière d'information. Puissent les décideurs et les responsables des systèmes d'information dans l'entreprise ou dans les administrations, être convaincus du bien-fondé de cette idée saugrenue que l'innovation ne se limite pas aux Nouvelles Technologies (numériques) de l'Information et de la Communication (les NTIC), mais doit avant tout pouvoir s'appuyer sur des développements méthodologiques, qui font appel aux Sciences de l'Information et de la Communication (les SIC) et relèvent ainsi des sciences humaines et sociales. Si l'appellation NTIC s'efface aujourd'hui au profit d'intitulés plus humains comme celui d'« humanités numériques », ou de notions plus sociales comme celle de « transformation digitale », preuve s'il en fallait d'un net besoin de remettre l'homme et ses pratiques au cœur du dispositif, les technologies numériques omniprésentes demeurent néanmoins fondamentalement dominantes dans toutes les réflexions touchant à l'innovation.

Albert Einstein nous l'aurait pourtant bien dit, selon une réflexion qui lui est couramment attribuée, « ce qui caractérise notre époque, c'est la perfection des moyens et la confusion des fins ». Dans le même esprit, on peut dire un peu plus d'un demi-siècle après lui, que ce qui caractérise notre économie moderne, c'est la perfection des technologies et la profusion des outils qui, combinée à la faiblesse des concepts d'emploi associés (la méthodologie), engendre une certaine confusion des fins.

Épistémè et écosystème de l'innovation : un « ordre classique » à retrouver

Dans un environnement économique que l'on peut se représenter comme un écosystème de l'innovation dont il s'agirait de tirer tous les enseignements afin d'être performant et compétitif, la quintessence de toute problématique à laquelle peuvent être confrontés les acteurs économiques en termes de méthodologie peut se ramener à un problème d'exploitation d'un capital de connaissances qu'il faut acquérir, développer et mettre en valeur avec intelligence. C'est un problème d'intelligence économique au sens premier du mot économie qui suggère une bonne administration de la maison commune. L'économie en effet, au sens que nous indique l'étymologie, c'est la bonne gestion de la maison¹. L'administration de notre maison commune implantée dans cet écosystème de l'innovation est une discipline qui doit se pratiquer avec méthode en gardant le cap sur une finalité qui, même si elle se matérialise par une production assurément technique, n'en demeure pas moins fondée sur une volonté profondément humaine, traduite par une intention de produire un bien commun. L'appellation « intelligence économique », parfois décriée, souvent incomprise, convient néanmoins assez justement pour désigner cette discipline dont la finalité est de satisfaire l'intérêt général en organisant des mesures performantes (compétitives) d'édification d'un bien commun (notre maison commune).

Pour aborder cette discipline sous l'angle de l'innovation, il faut selon nous envisager un véritable changement de paradigme scientifique en redonnant à l'*épistémè* aristotélicienne² toute sa force appuyée sur sa vertu première, l'intelligence (le *noûs*). La « con-naissance », au sens de l'*épistémè* d'Aristote associée au *noûs*, est la genèse d'une représentation « co-ordonnée » du réel, mise « en forme »

¹ Le suffixe « -nomie » vient du grec *nómos* (loi) ou parfois *gnômon* (ce qui sert de règle, d'indicateur ou d'instrument de connaissance, soit une référence au nombre dans la tradition pythagoricienne).

² L'*épistémè* chez Aristote, terme que l'on peut traduire sommairement par « connaissance scientifique », réunit théorie (*theoría*), pratique (*praxis*) et production (*poiésis*), associées chacune à leur vertu respective, sagesse (*sophia*), méthode (*phronêsis*) et technique (*technè*).

(in-formation) par « con-struction » de sens dans une mémoire³ organisée, à partir d'une observation (*theôria*) exécutée avec sagesse (*sophia*), suivie d'une pratique (*praxis*) exercée avec méthode (*phronêsis*), puis d'une production (*poiësis*) réalisée avec art (*technè*). La *doxa* au sens d'Aristote (idée partagée par la plupart parce qu'elle répond à une attente générale des sages), qui n'a pas la connotation péjorative que le discours moderne a retenu à la suite de Platon (cf. plus loin, la notion d'endoxe), vient compléter le dispositif pour refermer la boucle et relancer une observation lorsque la connaissance ainsi construite ne répond pas suffisamment à l'attente. L'observation est ainsi orientée par l'intention, ou une envie partagée par tous ou la plupart, qui fait sens. Elle est guidée par la méthode pour aboutir à la conception de formes nouvelles (*design*), dans un cycle ininterrompu que l'on peut désigner par l'expression « cycle de l'information ». En évitant cette sorte de précipitation qui incite trop souvent à anticiper sur les solutions et ruine ainsi toute ambition d'innover avec discernement⁴, ce mode de fonctionnement cyclique permet néanmoins d'orienter la pratique, tout en ne se privant pas de nombreuses connaissances utiles à la satisfaction de cette intention collective.

Une telle forme d'innovation serait en totale rupture avec les errements actuels, déjà dénoncés en son temps par Einstein, qui favorisent la confusion entre la fin et les moyens en inversant les rôles entre méthode et technique. Aujourd'hui en effet, le produit (*poiësis*) qui est technique (*technè*), est élevé au rang de moyen en lieu et place de la pratique (*praxis*) qui est méthode (*phronêsis*), tandis que la finalité qui donne tout son sens à l'action passe à la trappe. La *technè* élevée au rang de moyen remplace dès lors la méthodologie par une « technologie » déboussolée car privée de cette finalité qui fait la qualité du produit et donne son sens à l'action.

L'élaboration des concepts d'emploi c'est-à-dire la méthodologie au sens noble du terme que l'étymologie doit nous rappeler, soit le discours sur le chemin à suivre pour respecter la vertu de prudence (*phronêsis*) associée à l'action pratique (*praxis*), demeure le chaînon manquant des processus d'innovation actuels focalisés sur la technologie. En n'envisageant comme outils de progrès que des artefacts (le couple *poiësis/technè*), on escamote cette étape essentielle de l'*épistêmè* aristotélicienne, la pratique méthodique (le couple *praxis/phronêsis*) qui intègre le concept d'emploi des artefacts dans leur processus de conception. Pour être plus précis ou plus complet, dans les trois couples « activité/vertu associée », qui se succèdent pour constituer l'*épistêmè* d'Aristote, on ne prête guère attention aux vertus : *sophia*, sagesse ou discernement, associée à l'observation (*theôria*), *phronêsis*, méthode ou prudence, associée à la pratique (*praxis*), et *technè*, art ou façon, associée à la production (*poiësis*). Ces vertus éminemment humaines sont superbement ignorées dans le contexte numérique ou algorithmique qui caractérise nos révolutions technologiques actuelles et emplit de manière quasi monopolistique l'horizon du progrès en s'adossant au concept d'intelligence artificielle.

Les sciences humaines, qui s'interrogent souvent sur les profits à tirer des révolutions technologiques en cours, ne peuvent pas se contenter de ce rôle très théorique au sens premier du terme, qui se limiterait à l'observation des inventions et des prouesses techniques des sciences dites exactes, dans le seul but d'en tirer d'hypothétiques profits sans avoir à en subir les effets néfastes. Privés du soutien d'une intention clairement établie pour leur donner sens, ces résultats ne pourraient en aucun cas prétendre au statut d'innovation à mettre au crédit des sciences humaines. Chercher à innover ainsi, ce serait en effet, anticiper sur les solutions techniques en se privant de l'examen préalable des éléments culturels et cognitifs qui s'imposent à la satisfaction de l'intérêt général.

³ Par « mémoire », il faut entendre ici ce dispositif central du système cognitif qui met en œuvre un ensemble de mécanismes permettant l'acquisition et l'encodage de l'information (processus de transformation qui permet de muer les perceptions en éléments ayant du sens), sa rétention (l'enregistrement de ces informations de manière à ce qu'elles puissent être réutilisées plus tard) et sa restitution (récupération des informations préalablement stockées).

⁴ C'est cette capacité de discernement qui fait toute la singularité de la fonction cognitive opérée par les organismes vivants par rapport à celle susceptible d'être opérée par des artefacts (l'intelligence artificielle). Le mode de fonctionnement cyclique qui permet à nos systèmes cognitifs de ne pas s'encombrer inutilement d'une multitude de données externes, mais de ne retenir que celles répondant à un besoin avéré, est probablement une caractéristique commune aux organismes vivants. Chez l'homme, il est donc naturellement à l'œuvre dans toute la part inconsciente de la fonction cognitive. En ce qui concerne sa part consciente qui se traduit par la pensée en passant par le langage, bien que tout aussi naturel, ce mode itératif peut être parfois négligé, comme ce serait le cas d'un travail d'innovation qui anticiperait sur la solution de problèmes conjoncturels plutôt que de chercher à améliorer ses connaissances en fonction d'un besoin plus général sans cesse affiné.

À l'inverse, le retour à un certain « ordre classique », auquel l'*épistémè* d'Aristote nous invite, pourrait faire mentir Michel Foucault qui craignait avec raison de voir évoluer l'*épistémè* moderne⁵ (la connaissance scientifique de son époque) vers une disparition de l'homme qui « s'effacerait, comme à la limite de la mer un visage de sable » (Foucault, 1966, p. 398). En se laissant porter par les modes technologiques successives, on peut craindre en effet que l'intelligence artificielle, les robots, le *big data*, l'internet des objets, qui, comme tout ce que l'on associe généralement à la « transformation digitale », ne sont que des outils, finissent par marginaliser la dimension humaine de la décision dans l'action et de la méthode qui la guide. Même s'il ne s'agit pas de contester l'utilité évidente de ces outils, la décision éclairée repose sur cette intelligence (*noûs*), vertu associée à l'*épistémè* d'Aristote, dont le caractère éminemment humain ne peut être ignoré. L'intuition qui enclenche le processus décisionnel, l'intention qui lui donne tout son sens, la volonté qui l'anime, l'émotion qui le stimule et l'attachement à certaines valeurs qui le tempère, sont autant de facultés bien humaines, que l'intelligence artificielle ne pourra jamais reproduire à l'échelle individuelle ou que **seuls le *big data* et les algorithmes associés sont bien incapables d'apporter à la constitution d'une véritable intelligence collective.**

Révolution technologique ou transformation digitale ?

Nous sommes en plein coeur de la quatrième révolution industrielle, une époque charnière de transition entre le XX^e siècle analogique et le XXI^e siècle numérique (Cavazza, 2019).

En réalité, plutôt que de considérer le phénomène « numérique » comme une quatrième révolution industrielle après la vapeur, l'électricité, puis l'électronique, il semble plus utile de le rapprocher de ces grandes « révolutions culturelles et cognitives » observées par Michel Serres (2007), en le rattachant au phénomène « électronique »⁶ auquel il conviendrait plutôt d'accorder ce statut de troisième « révolution culturelle et cognitive » après l'écriture et l'imprimerie. Son impact sur l'humanité et la civilisation est en effet plus comparable à celui que l'écriture, puis l'imprimerie ont eu chacune à leur tour. Comme ces deux révolutions qui l'ont précédée, elle s'applique avant tout au verbe et à l'information qu'il porte, en bouleversant tout sur son passage (société, politique, économie...). Comme les deux premières, elle est ainsi **fondamentalement analogique plutôt que numérique**, au même titre que la langue, support incontournable de ces trois révolutions dont elle est le ciment commun.

Michel Serres nous explique en effet qu'il n'y a pas d'objet « dont nous ne puissions pas dire qu'il stocke, traite, émet et reçoit de l'information ». Cette « quadruple caractéristique commune à tous les

⁵ Après « la Renaissance », Michel Foucault constate « deux grandes discontinuités dans la culture occidentale : celle qui inaugure l'âge classique (vers le milieu du XVII^e siècle) et celle qui, au début du XIX^e siècle, marque le seuil de notre modernité » (Foucault, 1966, p.13). Dans l'*épistémè* classique, ce sont l'ordre, l'identité et la différence qui servent à forger la représentation du Monde. « La vocation du langage classique a toujours été de faire tableau : que ce soit le discours naturel, recueil de la vérité, description des choses, corpus de connaissances exactes, ou dictionnaire encyclopédique » (ibid., p. 332). C'est le temps essentiel de la conception qui fait de la pratique une méthode et de la période classique un âge de raison. C'est l'époque de la *Grammaire générale et raisonnée contenant les fondemens de l'art de parler, expliqués d'une manière claire et naturelle* (Arnauld & Lancelot, 1660) ou de la *Logique de Port-Royal* (Arnauld & Nicole, 1668), proposant un idéal de langage rationnel qui voulait concilier esprit de finesse et esprit de géométrie. C'est en fin de période, l'époque de l'*Encyclopédie de Paris* ou *Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* (Diderot & d'Alembert, 1751), puis d'*Yverdon* ou *Dictionnaire universel raisonné des connaissances humaines* (de Felice, 1771). C'est aussi en France, l'époque de Richelieu, de la centralisation monarchique, des Académies et d'une esthétique inspirée par un idéal d'équilibre, d'harmonie, de simplicité, d'unité, de rationalité, de discipline, de stabilité et d'humilité (l'artiste disparaît dans son œuvre), tandis qu'en Italie, berceau de la Renaissance, l'art baroque fait son apparition, caractérisé à l'opposé par la démesure des formes stimulée par des techniques en pleine expansion. De la même manière qu'en Italie, les Beaux-arts s'épanouissent aux XVII^e et XVIII^e siècles dans le style baroque, l'extraordinaire développement des techniques en Amérique du Nord et en Europe aux XIX^e et XX^e siècles, et en particulier le formidable impact de l'informatique et de la numérisation de l'information, se traduisent par une profusion d'innovations et de pratiques nouvelles. Face à un tel foisonnement de la science pratique aiguillonnée par des techniques en perpétuelle ébullition, sans véritable conscience méthodologique reposant sur des bases théoriques solides incluant une recherche permanente (*philo*) de sagesse (*sophia*), seul un travail de mise en ordre et de méthode paraît apte à relever avec prudence (*phronêsis*) le défi du modernisme.

⁶ Par « phénomène électronique », il faut entendre la manifestation des retombées d'un ensemble de nouvelles technologies liées à l'électronique, allant jusqu'à la nanoélectronique en passant par la microélectronique (là où l'électronique classique allait dans le sens d'une miniaturisation toujours croissante donnant naissance à la microélectronique, la nanoélectronique procède à l'inverse en allant du plus petit, l'atome et ses électrons, vers le plus grand pour créer des objets manufacturés).

objets du monde », qu'ils soient « vivants » ou « inertes », est le résultat d'un « couplage entre un support et un message » (Serres, 2007, pp. 127 et 128). Chez l'homme, ce couplage avait pour support le corps, la mémoire et la voix qui assuraient le stockage, le traitement et l'émission au moyen de la langue qui est analogique. Avec l'invention de l'écriture, puis plus tard, celle de l'imprimerie et aujourd'hui, celle de l'ordinateur, c'est ce couplage qui s'externalise en s'affranchissant du corps grâce à la peau de bête, au papyrus ou au papier, puis à l'imprimé et enfin au support numérique. Chacune de ces révolutions induit son lot de bouleversements politiques, économiques, scientifiques, religieux et éducatifs : inventions de l'État, de la monnaie, de la géométrie, des grands monothéismes et de la pédagogie avec l'écriture, naissance du capitalisme, de la science expérimentale, du mouvement de la Réforme et de la démocratie moderne avec l'imprimerie.

Le support numérique est en train de bouleverser notre civilisation comme celui de l'écriture puis de l'imprimerie l'ont fait chacun en leur temps, peut-être même encore bien plus profondément que les deux précédents n'ont pu le faire. Cette véritable « révolution » est bien avant tout « culturelle et cognitive ». La technologie n'en est que le facteur déclenchant que l'on peut considérer comme un marqueur, mais sûrement pas comme l'élément porteur. C'est l'économie, au sens étymologique du terme, la bonne gestion de notre maison commune, qui en est le vecteur. L'intelligence humaine ou la raison (le *noûs*), vertu associée à l'*épistêmê* et indissociable de la notion de discernement que l'on retrouve dans celle de sens⁷, doit nous aider à guider cette économie de la connaissance dans l'épais brouillard du progrès en marche.

Autrement dit, et pour résumer ce qui précède, l'innovation doit être au cœur de nos préoccupations méthodologiques en matière d'économie. L'intérêt général⁸, dont on doit se demander comment le satisfaire, est la finalité qui s'applique à la gestion d'un bien commun (l'économie). Le contexte de révolution culturelle et cognitive, dont l'électronique et le numérique ne sont que les marqueurs technologiques, se répercute sur l'ensemble du spectre scientifique et par là, sur l'ensemble du fonctionnement de nos sociétés humaines. L'intelligence économique doit être en première ligne pour contribuer à anticiper cet impact avec discernement afin que cette révolution se réalise en préservant l'intérêt général. Cette discipline, qui met l'information et l'anticipation par l'innovation, au service de la performance et de la compétitivité, et dont on a vu que la finalité était de satisfaire l'intérêt général pour l'édification d'un bien commun (notre maison commune), impacte ainsi ce que certains auteurs nomment « intelligence collective » (la performance par l'innovation) et « intelligence sociale » (la performance par la transformation)⁹.

Information et innovation sont les deux piliers de cette « transformation digitale » caractéristique de la **révolution culturelle et cognitive** en cours qui impacte profondément la gestion de notre maison commune (l'économie).

LA PENSÉE SYSTEMIQUE ET L'INTELLIGENCE COLLECTIVE AU CHEVET DE LA TRANSFORMATION DIGITALE

L'intelligence économique peut être ce projecteur qui éclaire l'administration de notre maison commune pour anticiper les nombreux impacts sociaux de la révolution électronique en cours. Elle s'appuie sur une intelligence collective qui repose sur l'élaboration d'une pensée collégiale. Cinq à six mille ans après l'invention de l'écriture et cinq à six cents ans après celle de l'imprimerie, l'électronique qui est une branche de la physique appliquée utilisant l'électricité comme support pour le traitement, la transmission et le stockage d'informations, prolonge les deux premières révolutions en nous donnant les

⁷ « Puissance innée de discernement » chez Aristote (Pelletier, 2007, p. 33).

⁸ Si on s'interroge sur le périmètre qu'il faut donner à l'intérêt général, on peut utilement méditer cette pensée de Montesquieu : « Si je savais quelque chose qui me fût utile et qui fût préjudiciable à ma famille, je la rejetterais de mon esprit. Si je savais quelque chose d'utile à ma famille et qui ne le fût pas à ma patrie, je chercherais à l'oublier. Si je savais quelque chose utile à ma patrie et qui fût préjudiciable à l'Europe, ou bien qui fût utile à l'Europe et préjudiciable au genre humain, je la regarderais comme un crime » (Pensées, n° 741).

⁹ (Chantaraud, 2019).

moyens d'une intelligence collective. Cette **intelligence collective**, élément moteur d'une pensée systémique adaptée à la complexité des grandes transitions, doit être à la fois l'**aboutissement** et l'**instrument** de la transformation digitale qu'elle éclaire.

Mémoire collective et langage documentaire : l'intelligence collective, instrument de transformation

De même que l'intelligence et la pensée individuelle reposent sur la mémoire déclarative et un langage qui l'organise, l'intelligence et la pensée collective reposent sur une mémoire collective et un langage commun qui l'organise. Cette mémoire et ce langage sont documentaires. Mémoire collective et langage commun sont en effet fortement touchés par les évolutions du document support du discours, trait commun de ces trois révolutions culturelles et cognitives identifiées par Michel Serres, et élément clé de cette *intelligence sociale* à laquelle la transformation digitale nous invite.

À ce stade de la réflexion, la question qui doit se poser à nous est, selon moi : « comment faire pour que l'intelligence économique soit à la hauteur de cet enjeu de transformation digitale à l'origine de la révolution culturelle et cognitive en cours ? ». Pour y répondre, je propose d'aborder l'exploitation du capital de connaissances que nous avons pour ambition de développer (l'*intelligence collective*) et de mettre en valeur (l'*intelligence sociale*), en adoptant une démarche que l'on pourrait qualifier d'épistémique au sens d'Aristote, et en appliquant à la pensée collective cette réflexion très aristotélicienne de Michel Volle¹⁰ qui mérite d'être largement méditée :

« Notre pensée est essentiellement pratique, orientée vers l'action : la grille conceptuelle à travers laquelle elle perçoit un objet est déterminée par la situation qui nous met en relation avec lui et par notre intention envers lui. En regard de la complexité illimitée de l'objet, cette pensée est simple » (Volle, 2017).

Une telle démarche permet de concevoir une *pensée collective* qui *perçoit son objet* (l'économie et ses objets ou toute autre sorte d'objet suscitant l'intérêt d'une communauté) au travers d'une *grille conceptuelle déterminée par la situation qui nous met en relation avec ces objets*, et par notre *intention* envers eux émanant de nos attentes (l'intérêt général). Cette *pensée* doit être *essentiellement pratique, orientée vers l'action*. En regard de la complexité illimitée de son objet, elle peut être relativement simple.

La grille conceptuelle à travers laquelle cette *pensée collective* va percevoir notre maison commune, en relation avec une *situation* en perpétuelle évolution dont nous souhaitons tirer profit dans l'*intention* de satisfaire l'intérêt général, va reposer sur un langage commun, dont l'usage doit donc être simple. En regard de la complexité illimitée de l'objet « économie », son usage peut être aussi simple en effet que celui d'une langue maternelle, dont un enfant de trois ans arrive peu à peu à maîtriser les rudiments, malgré la complexité du monde autour de lui qui est l'objet de toutes ses pensées. Comme n'importe quelle langue, ce langage commun repose sur une grammaire dont mon travail de thèse détaille le concept (Beau, 2019) et que je peux tenter de résumer ici en quelques lignes.

Grammaire commune et grille conceptuelle pour l'élaboration d'une pensée collective

Notre grille conceptuelle s'articule autour de deux axes : en abscisse, une sémantique horizontale qui cible des catégories déterminées par l'*intention* émanant de l'attente fonctionnelle¹¹, et en ordonnée une syntaxe verticale qui décline leurs attributs déterminés par la *situation* (cf. plus loin 2). Cette grammaire

¹⁰ Polytechnicien, docteur en histoire économique, administrateur de l'INSEE et spécialiste des systèmes d'information, Michel Volle a contribué à l'organisation de la maîtrise d'ouvrage du système d'information de plusieurs entreprises (Air France, ANPE...). Il a participé en 1997 à la création du Club des maîtres d'ouvrage des systèmes d'information dont il est président d'honneur (source Wikipédia).

¹¹ Fonction économique ou toute autre fonction collective.

permet ainsi d'élaborer une pensée collective dans une mémoire documentaire opérant une capitalisation des connaissances réunies par une communauté définie autour de sa fonction, source d'intérêt général¹².

- Dans la démarche épistémique adoptée, la connaissance (*épistêmê*) est considérée comme une composition reposant sur la **dimension conceptuelle** de notre **système cognitif** : la **raison** (ou intelligence) que l'on peut associer à la question « pourquoi ? ».

C'est la réponse à cette question « pourquoi » qui indique le cap à suivre. C'est elle qui, tout au long du travail des acteurs économiques, doit donner tout son sens à la démarche d'exploitation d'une mémoire collective consacrée à une gestion intelligente de la maison commune (l'économie). Elle correspond à une « attente des sages », la *doxa* aristotélicienne ou l'endoxe¹³ (cf. précédemment, la notion de boucle), qui fait de ce capital de connaissances à mettre en commun et qu'il convient de développer et de mettre en valeur, une mémoire collective dynamique en perpétuelle révolution (cycle de l'information). Celle-ci pourra en effet s'enrichir ainsi en permanence de nouvelles connaissances issues de multiples expériences et de cette ardente volonté novatrice qui doit animer toute activité économique.

La mise en œuvre d'une telle mémoire collective nécessite un minimum d'organisation qu'un référentiel documentaire conçu comme un langage commun parlé par tous, est en mesure d'apporter. Cette organisation peut s'inspirer de la démarche aristotélicienne, qui distingue trois étapes dans la construction de l'*épistêmê*. Celles-ci sont adossées dans notre mémoire à notre système sensoriel alimentant la dimension conceptuelle de notre système cognitif qui, nous l'avons vu, donne son sens à l'ensemble, en réponse à la question « pourquoi ? ». Ces trois étapes épistémiques associées à nos sens se déclinent à leur tour, en réponse à six grandes questions ontologiques.

- Tout commence par l'**observation** (*theôria*) de l'environnement, reposant sur la **dimension spatiale** de notre système sensoriel : la **vue** (coup d'œil, vision), le **toucher** (tact, contact) et le **goût** (discernement, appréciation) que l'on peut associer respectivement aux questions « quoi ? », « où ? » et « comment ? ».
- L'observation spatiale cède ensuite la place à l'**action**, la pratique (*praxis*) reposant sur la **dimension temporelle** de notre système sensoriel : l'**ouïe** (entendement, entente) et l'**odorat** (flair, sentiment) que l'on peut associer aux questions « quand ? » et « qui ? ».
- Puis, l'ensemble débouche sur un **produit** (*poiësis*) reposant sur une **dimension factuelle** de notre système sensoriel : l'**intuition** (pensée, jugement), ce sixième sens qui fait la synthèse des cinq précédents, que l'on peut associer à la question « combien ? » au sens premier du terme (comment bien) qui délivre un jugement pouvant être aussi bien qualitatif que quantitatif.

Les cinq sens complétés par l'intuition sont ainsi gouvernés, dans notre système cognitif, par la raison qui fait sens à partir d'une attente, selon une hiérarchie des sens récapitulée dans la table 1 qui suit, dont on peut s'inspirer pour la conception d'une mémoire collective et le langage documentaire commun associé.

¹² La « transformation digitale » peut être envisagée comme une source d'intérêt général que la gestion de notre bien commun (la fonction économique) doit permettre de satisfaire en toute intelligence.

¹³ Néologisme utilisé par certains exégètes d'Aristote pour traduire le mot *doxa*. Le terme « endoxe » (qui va dans le sens de l'attente générale des sages) est conçu par opposition avec la notion de « paradoxe » (Pelletier, 2007, p. 43), qui va contre l'attente générale des sages. L'usage de ce néologisme permet de se démarquer du sens péjoratif issu de la tradition platonicienne dont Aristote se distingue, mais que notre époque moderne a retenu en assimilant la *doxa* à une opinion reçue ou à un préjugé, voire à un dogme intangible.

Table 1. La hiérarchie des sens : de l'observation oculaire à la composition intelligente.

dimension cognitive	activité associée	sens impliqué	besoin associé	moyen d'action	matière cognitive
spatiale	observation (<i>theōria</i>)	vue (coup d'œil)	quoi	numérique (algorithmes)	données
		toucher (tact)	où		
		goût (discernement)	comment		
temporelle	pratique (<i>praxis</i>)	ouïe (entendement)	quand		
		odorat (flair)	qui		
factuelle	production (<i>poiēsis</i>)	intuition (jugement)	combien		
conceptuelle	composition	raison (intelligence)	pourquoi	analogique (pensée)	connaissance

Le concept de plan d'indexation et l'index analogique

L'indexation n'est pas seulement envisagée ici comme un but en soi pour faciliter l'accès d'utilisateurs divers et variés à la connaissance ou aux documents qui la portent, mais plus directement comme un moyen d'anticiper et de satisfaire les besoins de savoir d'une communauté en organisant sa recherche d'information. Elle procède, en amont, à l'analyse du besoin de savoir de la communauté réunie autour d'une activité déterminée, puis à sa traduction dans les termes d'un plan d'action à l'usage de la dite communauté pour satisfaire ce besoin. Elle sera dite « analogique »¹⁴ pour indiquer la nature du rapport entre l'information retenue et l'indice de classification qui lui est attribué. Notre index analogique est donc un plan (ou plan d'indexation) des *sujets* traités ou à traiter par le système d'information documentaire de la communauté, qui associe des indices de classification à des intitulés avec lesquels les contenus des documents ou des parties de document indexés (l'information retenue ou à retenir) entretiennent un rapport de ressemblance.

La communauté de fonction réunie autour de ce langage commun, peut ainsi planifier son activité documentaire à travers différents plans d'indexation qui s'organisent dans une hiérarchie (syntaxe verticale) en titres, chapitres, dossiers, puis documents sources, de travail et produits, *déterminés par la situation* et ciblant à chaque niveau hiérarchique six *objets* distincts (sémantique horizontale) *déterminés par l'intention* émanant de l'attente fonctionnelle. Ces plans permettent à la dite communauté de coordonner sa veille (titres, chapitres, dossiers) et d'orchestrer sa production (documents sources, documents de travail, production) en se calquant sur le modèle fourni par l'organisation de nos sens pour répondre aux six questions (*quoi, où, comment, quand, qui, combien*) gouvernées par le *pourquoi* de la raison. À partir de là, on peut proposer une organisation de la mémoire documentaire conçue comme une grille conceptuelle (cf. Table 2), pour recueillir les connaissances issues de multiples perceptions ou expertises différentes dans des plans de dossiers indexant leurs supports documentaires.

Chaque plan est ainsi conçu comme une mémoire documentaire collective organisée selon une grammaire commune dont la table 2 ci-après donne le principe : la *grille conceptuelle* fonctionnelle à travers laquelle la communauté *perçoit* les *objets* avec lesquels *la situation* la met en relation, et sur lesquels elle a conçu l'*intention* de développer une *pensée* collective, est *essentiellement pratique, orientée vers l'action* que la *fonction* commande.

¹⁴ Voir à ce sujet, « Le principe d'indexation analogique » (Beau, 2019, pp. 295-302).

Table 2. Grille conceptuelle fonctionnelle (le principe d'indexation documentaire).

SYNTAXE (situation)			SÉMANTIQUE (intention ou attente fonctionnelle)					
indices i, j, k, l, m, n =			0 (panorama) quoi	1 (contexte) où	2 (propriété) comment	3 (dynamique) quand	4 (protagonistes) qui	5 (ressource) combien
TITRES (images)	i	quoi	Lieu	Milieu	Appareil*	Activité	Acteurs	Moyens
CHAPITRES (formes)	ij	où	Mode générique	Mode contextuel	Mode fonctionnel	Mode agile	Modes singuliers	Mode critique
DOSSIERS (teneurs)	ijk	comment	Contenu synoptique	Contenu relationnel	Contenu organique	Contenu opérationnel	Contenus humains	Contenu névralgique
SOURCES (discours)	ijkl	quand	Documentation de synthèse	Documentation généraliste	Documentation institutionnelle	Médias	Documentation scientifique	Documentation sensible
ANALYSES (traces)	ijklm	qui	Suivi d'ensemble	Examen formel	Étude de fond	Veille	Enquêtes	Évaluation
PRODUITS (idées)	ijklmn	combien	Notes de lecture	Fiches	Monographies, mémoires	Bulletins périodiques	Courriers personnalisés	Essais

* Ensemble de composants participant à la fonction

L'économie en général ou chacun de ses objets, en l'occurrence, tous les objets dont la maîtrise (récolte, conception, traitement, gestion, production, commercialisation...) relève de l'économie, que nous regrouperons sous le terme générique de « produits », peuvent ainsi, en utilisant ce modèle, faire l'objet d'un plan d'indexation ou Plan des Dossiers d'Intelligence Économique (PDIE). En s'inspirant de la stratégie militaire¹⁵ que le renseignement de défense permet d'éclairer¹⁶, la transformation digitale que l'intelligence économique se propose d'éclairer, peut se définir comme une fonction de compétitivité (intention) ou un *art de la dialectique des volontés* destiné à *atteindre des objectifs fixés par le marché*¹⁷, en utilisant au mieux les moyens dont on dispose.

De la sécurité au bien commun, en passant par la compétitivité et le progrès, l'exemple militaire : l'intelligence collective, aboutissement de la transformation

Tout art [τεχνη] et toute investigation, et pareillement toute action [πραξις] et tout choix tendent vers quelque bien, à ce qu'il semble [δοκει]. Aussi a-t-on déclaré avec raison que le Bien est ce à quoi toutes choses tendent (Aristote, trad. 1959).

L'exemple militaire du renseignement de défense peut s'appliquer à d'autres domaines que celui de la **sécurité** ou de la **compétitivité** pour aboutir au **bien commun**, en passant par un **progrès** dont la maîtrise relève d'une **éthique** que nous inspire l'enseignement d'Aristote. Un tableau de correspondance des concepts utiles à l'indexation de dossiers dans différents plans à vocation **stratégique**, **économique**, **scientifique** et **politique** (cf. Table 3) peut être établi à partir de l'exemple du renseignement de défense¹⁸. De la **stratégie militaire** à la **politique publique**, la modélisation systémique de notre monde du XXI^e siècle passe en effet par une **économie de marché** en pleine **transformation digitale** associée

¹⁵ Mode d'action ou « art de la dialectique des volontés » destiné à « atteindre les objectifs fixés par la politique en utilisant au mieux les moyens dont on dispose » selon le général Beaufre (1962).

¹⁶ La défense en général ou chacun de ses objets, en l'occurrence, tous les objets dont la maîtrise (détection, analyse, traitement, négociation, protection, combat...) relève de la défense, que nous regroupons sous le terme générique de « menaces », peuvent faire l'objet d'un Plan des Dossiers du Renseignement de Défense (PDRD).

¹⁷ Le marché est entendu ici au sens d'Adam Smith comme un ensemble de lois naturelles et de conventions sociales organisant la production de biens marchands en établissant leur valeur par confrontation de l'offre et de la demande. Il peut s'assimiler à un processus de validation sociale de la production des biens marchands, comme la politique peut être considérée comme un processus de validation sociale du gouvernement des hommes.

¹⁸ Cf. (Beau, 2019).

à une **science** que l'on voudrait **universelle**. Cette dernière serait caractérisée par une **épistémè** que l'on dira « **organique** » pour faire référence à l'*Organon* développant la Logique d'Aristote, et qualifier cette épistémè aristotélicienne dont nous avons tenté de défendre le prolongement dans la perspective tracée par Michel Foucault. La **stratégie militaire**, qu'une **revue stratégique** permanente doit adapter à la **transformation digitale** en cours profondément ancrée dans notre **économie de marché**, peut nous servir ainsi de modèle. L'**éthique** fondée sur une véritable **épistémè organique**, gage d'une **science** à vocation **universelle**, peut alors nous guider pour concevoir un nouveau **paradigme politique** sur lequel toute **politique publique** tendant à la recherche du **Bien commun** doit pouvoir s'appuyer.

Table 3. Correspondance des concepts utiles à l'indexation des dossiers dans les différents plans.

revue stratégique STRATÉGIE MILITAIRE fonction stratégique « connaissance et anticipation » (renseignement de défense)	transformation digitale ÉCONOMIE DE MARCHÉ fonction économique « information et innovation » (intelligence économique)	épistémè organique SCIENCE UNIVERSELLE fonction scientifique « savoir et prédiction » (recherche scientifique)	paradigme politique POLITIQUE PUBLIQUE fonction politique « réflexion et perspective » (intelligence collective)
DOMAINES associés			
prévention	prospective	prédiction	prévoyance
dissuasion nucléaire	dystopie cybernétique*	paradigme positiviste**	révolution
protection	veille	précaution	vigilance
intervention	influence	pratique	action
INTENTIONS			
Sécurité	Compétitivité	Progrès	Bien
SITUATIONS (angles d'approche ou contextes)			
géopolitique	méthodologie	épistémologie	idéologie
SUJETS des plans de dossiers (<i>OBJETS</i> d'intérêt)			
menaces	produits	choses	défis
GOUVERNANCES			
politique	marché	discipline	éthique
LIEUX fonctionnels (champs d'action)			
territoire	champ d'activités	champ conceptuel	communauté
INSTRUMENTS « dialectiques »			
force	performance	discours	administration
MOYENS techniques			
armement	outil numérique	instrumentation	technologie
MILIEUX fonctionnels (domaines d'action)			
Terre	Création	Technique	Nation
Mer	Information	Théorie	Monde cosmopolite
Air	Communication	Pratique	Cybermonde

* Développement paroxystique de la robotique associée à l'intelligence artificielle, dans un espace cybernétique impliquant d'autres champs scientifiques tels que la biologie ou l'économie par exemple.

** Approche théorique dominante qui « durcirait » le champ scientifique, dans une dynamique de progrès associée à un positivisme systématisé que l'on pourrait qualifier d'« hyperscientifique ».

La table 3 ci-dessus présente une vue d'ensemble des concepts utiles à l'élaboration de plans d'indexation à vocation **politique** pour l'**intelligence collective** (4^{ème} colonne), en s'inspirant d'un modèle réalisé pour le renseignement de **défense** (1^{ère} colonne), adapté à l'**intelligence économique** (2^{ème} colonne), comme à la **recherche scientifique** (3^{ème} colonne). La **politique**, comme la **défense** (ou encore l'**économie**, nous l'avons vu, et la **science**) ou chacun des *sujets* susceptibles d'être *objet* d'intérêt **politique** (**stratégique**, **économique** ou **scientifique**), c'est-à-dire tous les *sujets* dont la maîtrise¹⁹ relève de la **politique** (de la **stratégie**, de l'**économie** ou de la **science**), que nous regroupons sous le terme générique de « **défis** » (respectivement « **menaces** », « **produits** » ou « **choses** »), peuvent ainsi faire l'*objet* de Plans des Dossiers d'**Intelligence Collective**, du **Renseignement de Défense**, d'**Intelligence Économique** ou de la **Recherche Scientifique** (PDIC, PDRD, PDIE ou PDRS).

La **politique**²⁰ **publique**, que l'**intelligence collective** se propose d'éclairer comme le **renseignement de défense** éclaire la **stratégie militaire** (ou comme l'**intelligence économique** peut éclairer l'**économie de marché**, et la **recherche scientifique**, la **science universelle**), est au **collectif** (ou encore à l'**économique** et au **scientifique**)²¹, ce que la **stratégie militaire** (ou encore l'**économie de marché** et la **science universelle**) est à la **défense** (à l'**économique** ou au **scientifique**), **un mode d'action**, nous l'avons vu, ou **un art de la dialectique des volontés** destiné à *atteindre les objectifs fixés*²² *en utilisant au mieux les moyens dont on dispose*.

La **fonction politique** « **réflexion et perspective** » ou **intelligence collective**, est alors au **Bien commun** (*l'intention*), ce que la **fonction stratégique** « **connaissance et anticipation** » ou **renseignement de défense** est à la **sécurité** (ce que la **fonction de transformation** « **information et innovation** » ou **intelligence économique**, est à la **compétitivité**, et ce que la **fonction épistémique** « **savoir et prédiction** » ou **recherche scientifique** est au **progrès**), **une fonction essentielle** permettant d'éclairer tous les domaines en lien avec la dite fonction (**politique**, de **transformation**, **épistémique** ou **stratégique**) :

- la **prévoyance** qui est à l'**éthique**, ce que la **prévention** est à la **politique** sécuritaire (ce que la **prospective** est au **marché**, ou la **prédiction** à la **discipline** scientifique), **un moyen** d'atteindre ses objectifs **anticipant l'avenir** ;
- la **révolution** qui est à l'**éthique**, ce que la **dissuasion nucléaire** est à la **politique** sécuritaire (ce que la **dystopie cybernétique** est au **marché**, ou le **paradigme positiviste**²³ à la **discipline** scientifique), **un moyen radical** d'atteindre ses objectifs ;
- la **vigilance** qui est à l'**éthique**, ce que la **protection** est à la **politique** sécuritaire (ce que la **veille** est au **marché**, ou la **précaution** à la **discipline** scientifique), **un moyen passif** d'atteindre ses objectifs ;
- l'**action** politique qui est à l'**éthique**, ce que l'**intervention** est à la **politique** sécuritaire (ce que l'**influence** est au **marché**, ou la **pratique** à la **discipline** scientifique), **un moyen actif** d'atteindre ses objectifs.

L'expression « **dystopie cybernétique** » désigne un développement paroxystique de la robotique qui serait associée à l'intelligence artificielle, dans un espace cybernétique impliquant d'autres champs

¹⁹ Respectivement : - **détection, analyse, traitement, négociation, protection, combat...** ; - **récolte, conception, traitement, gestion, production, commercialisation...** ; - **observation, interprétation, compréhension, application...** ; - **perception, mémorisation, ordonnancement, mise en perspective, diffusion...**

²⁰ « Art, manière de diriger, en vue du bien commun, toutes les activités d'une société » (Dictionnaire de l'Académie française).

²¹ Le **collectif**, l'**économique** ou le **scientifique**, désignent ici l'ensemble des phénomènes se rapportant respectivement à la collectivité, à l'économie ou à la science, comme le **politique** peut servir à désigner l'ensemble des phénomènes se rapportant à la politique.

²² Par l'**éthique** politique comme par la **politique** sécuritaire (ou encore le **marché économique** et la **discipline scientifique**). L'**éthique** peut ainsi être considérée comme un système de conduite qui détermine les objectifs à atteindre en matière de **politique publique**, comme la **politique** sécuritaire est un système d'organisation de la cité qui fixe les objectifs à atteindre en matière de **stratégie militaire** (ou encore comme le **marché économique**, système d'organisation de la production, détermine les objectifs en matière de **transformation digitale**, et comme la **discipline scientifique**, système d'organisation du savoir, fixe les objectifs en matière d'**épistémè organique**).

²³ Voir un peu plus loin, ce que désignent ces expressions.

scientifiques tels que la biologie ou l'économie par exemple. Comme la **dissuasion** avec les objectifs de la **politique** de défense et l'emploi des armes de destruction massive, c'est un **moyen radical** d'atteindre les objectifs du **marché**, qui repose sur la menace d'emploi de techniques de production massive.

L'expression « **paradigme positiviste** » désigne quant-à-elle une approche théorique dominante qui « durcirait » le champ scientifique, au sens où l'on parle de sciences « dures ». Ce serait une mobilisation du discours scientifique s'inscrivant dans une dynamique de progrès débridée, associée à un positivisme systématisé que l'on pourrait qualifier d'« hyperscientifique ». Celui-ci s'imposerait à l'ensemble des **disciplines** scientifiques, au point d'impacter les humanités en assujettissant tout progrès scientifique aux nouvelles technologies, et allant jusqu'à organiser la convergence des NBIC (Nanotechnologies, Biotechnologies, Informatique et sciences Cognitives) vers ce qu'il est convenu d'appeler une « singularité technologique », concept proche de la « dystopie cybernétique » évoquée plus haut. De tels aboutissements **économiques** et **scientifiques**, dont le spectre funeste pèserait lourdement sur notre humanité, ne peuvent être agités pour le moment, fort heureusement, que comme de pures idées exprimées, souhaitons-le, à titre exclusivement dissuasif. On peut reprendre ici la formule consacrée aux fictions : « toute ressemblance avec des situations existantes ou ayant existé ne saurait être que fortuite »... ou véritablement tragique.

L'**éthique** est ainsi à la **politique publique**, ce que la **politique** est à la **stratégie militaire** (ou ce que le **marché** est à l'**économie de marché** ou la **discipline** à la **science universelle**), une **forme de gouvernance** qui lui *fixe les objectifs* à atteindre. L'**idéologie** est alors à la **politique publique**, ce que la **géopolitique** est à la **stratégie militaire** (ou ce que la **méthodologie** est à la **transformation digitale**, et l'**épistémologie** à l'**épistémè organique**), un **angle d'approche privilégié** pour la détermination des *sujets* (**défis**, **menaces**, **produits** ou **choses**), susceptibles de faire l'*objet* d'un plan d'indexation documentaire à usage collectif (PDIC, PDRD, PDIE ou PDRS).

La **communauté** est à la **fonction politique**, ce que le **territoire** est à la **fonction stratégique** (et ce que le **champ d'activités** est à la **fonction économique** ou le **champ conceptuel** à la **fonction scientifique**), un **lieu** respectivement **idéologique** ou **géopolitique** (ou encore **épistémologique** et **méthodologique**) défini et construit avec précision, auquel s'applique la fonction (**politique**, **stratégique**, **économique** ou **scientifique**).

L'**administration** est à la **politique publique**, ce que la **force** est à la **stratégie militaire** (ou ce que la **performance** est à l'**économie de marché** et le **discours** à la **science universelle**), l'**instrument d'un art de la dialectique** employé pour *atteindre les objectifs fixés* par l'**éthique** d'une part, et par la **politique** sécuritaire d'autre part (ou respectivement par le **marché** économique et la **discipline** scientifique).

La **technologie** est à la **politique publique**, ce que l'**armement** est à la **stratégie militaire** (ou ce que l'outil **numérique** est à l'**économie de marché** et l'**instrumentation** à la **science universelle**), un **ensemble de moyens techniques** employés pour atteindre les résultats fixés.

Enfin, le **cybermonde**, est à la fonction **politique**, ce que l'**air** (la **communication** ou la **pratique**) est à la fonction **stratégique** (**économique** ou **scientifique**), un « **domaine d'action** » (ou milieu) dont la maîtrise est source d'**agilité** et implique une forme dédiée (mode **agile**) d'instrument de la *dialectique des volontés* (**administration**, **force**, **performance** ou **discours**). Le **monde cosmopolite** ensuite, est à la fonction **politique**, ce que la **mer** (l'**information** ou la **théorie**) est à la fonction **stratégique** (**économique** ou **scientifique**), un « **domaine d'action** » (ou milieu) dont la maîtrise démultiplie la portée **fonctionnelle** (respectivement **politique** et **stratégique**, **économique** ou **scientifique**) et implique une forme dédiée (mode **fonctionnel**) d'instrument de la *dialectique des volontés*. La **nation** enfin, est à la fonction **politique**, ce que la **terre** (la **création** ou la **technique**) est à la fonction **stratégique** (**économique** ou **scientifique**), un « **domaine d'action** » (ou milieu) dont la maîtrise s'inscrit exactement dans le **contexte** (**national**, **territorial**, **créatif** ou **technique**) de la fonction et implique une forme dédiée (mode **contextuel**) d'instrument de la *dialectique des volontés*.

Imaginons que l'on veuille réunir une communauté d'experts, aux compétences différentes mais complémentaires, pour travailler collectivement sur un *sujet* très général comme par exemple l'**économie de marché**, la **science universelle** ou la **politique publique**, dans une perspective

clairement établie (*intention*) de satisfaction de l'intérêt général avec intelligence, appliquée à la **gestion** de notre maison commune (**économie**), à sa **connaissance** systémique (**science**) ou à sa **direction** communautaire (**politique**). On pourra alors s'inspirer de la manière dont une communauté chargée d'éclairer avec intelligence la **stratégie militaire** pour la **défense** de son pays, réunit des experts aux compétences différentes mais complémentaires, pour observer les *objets* (cf. Table 4) relevant de leur compétence propre sous tous les angles de la **Sécurité** (terrain ou lieu, environnement ou milieu, organisation ou appareil, activité, acteurs puis moyens), en tâter les différentes formes ou modes (générique, contextuel, fonctionnel, agile, singuliers ou critique), puis en apprécier les contenus (synoptique, relationnel, organique, opérationnel, humains et névralgique). Nos experts chargés d'éclairer l'**économie de marché**, la **science universelle** ou la **politique publique**, vont pouvoir ainsi observer leurs *objets* (cf. Tables 5, 6 et 7) sous tous les angles de la **Compétitivité**, du **Progrès** ou du **Bien** commun, en tâter les différentes formes, puis en apprécier les contenus.

Les Tables 4, 5, 6 et 7 ci-après montrent des exemples d'indexation de dossiers traitant chacun :

- (Table 4), de l'appareil **militaire** d'une entité **stratégique** considérée comme une « **menace** » (État, groupe terroriste, coalition ou tout autre *sujet stratégique* susceptible de faire l'*objet* d'un plan de dossiers du **renseignement de défense**), sous sa forme contextuelle (**terre**) et dans son contenu opérationnel (Indice 213 : situation des **forces terrestres** relevant de l'appareil **militaire** de l'entité) ;
- (Table 5), des moyens **numériques** d'une entité **économique** ou « **produit** » (bien, service ou tout autre *sujet économique* susceptible de faire l'*objet* d'un plan de dossiers d'**intelligence économique** (Indice 521 : coopérations en matière d'outils numériques de maîtrise de l'information de l'entité) ;
- (Table 6), de l'environnement **épistémologique** d'une entité **scientifique** ou « **chose** » (fait, évènement, concept ou tout autre *sujet scientifique* susceptible de faire l'*objet* d'un plan de dossiers de la **recherche scientifique** (Indice 154 : écoles de pensée prônant un positivisme radical dans l'environnement épistémologique de l'entité) ;
- (Table 7), de l'activité **publique** d'une entité **politique** ou « **défi** » (environnement, climat, santé, éducation, numérique ou tout autre *sujet politique* susceptible de faire l'*objet* d'un plan de dossiers d'**intelligence collective** (Indice 332 : initiatives publiques associées à l'entité touchant à l'organisation de l'activité cyber).

Table 4. Exemple d'indexation d'un dossier relatif à une « **menace** » objet d'intérêt du **renseignement de défense**.

OBJET MENACE						
SÉMANTIQUE (intention ou renseignement de défense)						
SYNTAXE (situation) (indice)	0 (panorama) quoi	1 (contexte) où	2 (propriété) comment	3 (dynamique) quand	4 (protagonistes) qui	5 (ressource) combien
TITRES (images) (2) quoi	Lieu territoire	Milieu environnement géopolitique	Appareil appareil militaire	Activité activité stratégique	Acteurs acteurs stratégiques	Moyens armement
CHAPITRES (formes) (21) où	Mode générique organisation générale	Mode contextuel composante terrestre	Mode fonctionnel composante navale	Mode agile composante aérienne	Modes singuliers composantes particulières	Mode critique composante ADM (Armes de Destruction Massive)
DOSSIERS (teneurs) (213) comment	Contenu synoptique généralités	Contenu relationnel alliances, collaborations	Contenu organique organisation	Contenu opérationnel situation	Contenus humains recrutement, formation	Contenu névralgique finances

indice 213 : situation des forces terrestres relevant d'un appareil militaire propre à une « menace » objet de renseignement (État, groupe terroriste, coalition...)

Table 5. Exemple d'indexation d'un dossier relatif à un « **produit** » objet d'intérêt de l'**intelligence économique**.

OBJET PRODUIT						
SÉMANTIQUE (intention ou intelligence économique)						
SYNTAXE (situation)	0 (panorama) quoi	1 (contexte) où	2 (propriété) comment	3 (dynamique) quand	4 (protagonistes) qui	5 (ressource) combien
(indice)	Lieu	Milieu	Appareil	Activité	Acteurs	Moyens
TITRES (images) (5) quoi	champ d'activités	environnement méthodologique	système économique	activité économique	agents économiques	outil numérique
CHAPITRES (formes) (52) où	Mode générique	Mode contextuel	Mode fonctionnel	Mode agile	Modes singuliers	Mode critique
	outil global	outil de créativité	outil de maîtrise de l'information	outil d'influence	autres outils	outil cybernétique radical
DOSSIERS (teneurs) (521) comment	Contenu synoptique	Contenu relationnel	Contenu organique	Contenu opérationnel	Contenus humains	Contenu névralgique
	généralités	alliances, collaborations	organisation	situation	recrutement, formation	finances

indice 521 : coopérations en matière d'outils numériques de maîtrise de l'information associée à un « produit » objet d'intelligence économique

Table 6. Exemple d'indexation d'un dossier relatif à un « **chose** » objet d'intérêt de la **recherche scientifique**.

OBJET CHOSE						
SÉMANTIQUE (intention ou recherche scientifique)						
SYNTAXE (situation)	0 (panorama) quoi	1 (contexte) où	2 (propriété) comment	3 (dynamique) quand	4 (protagonistes) qui	5 (ressource) combien
(indice)	Lieu	Milieu	Appareil	Activité	Acteurs	Moyens
TITRES (images) (5) quoi	champ conceptuel	environnement épistémologique	appareil scientifique	activité scientifique	acteurs scientifiques	instrumentation
CHAPITRES (formes) (52) où	Mode générique	Mode contextuel	Mode fonctionnel	Mode agile	Modes singuliers	Mode critique
	contexte général	contexte technique	contexte théorique	contexte pratique	autres contextes	positivisme radical
DOSSIERS (teneurs) (521) comment	Contenu synoptique	Contenu relationnel	Contenu organique	Contenu opérationnel	Contenus humains	Contenu névralgique
	généralités	alliances, collaborations	organisation	situation	recrutement, formation	finances

indice 154 : écoles de pensée prônant un positivisme radical dans l'environnement épistémologique d'une « chose » objet de recherche

Table 7. Exemple d'indexation d'un dossier relatif à un « **défi** » objet d'intérêt de l'**intelligence collective**.

OBJET DÉFI						
SÉMANTIQUE (intention ou intelligence collective)						
SYNTAXE (situation)	0 (panorama) quoi	1 (contexte) où	2 (propriété) comment	3 (dynamique) quand	4 (protagonistes) qui	5 (ressource) combien
(indice)	Lieu	Milieu	Appareil	Activité	Acteurs	Moyens
TITRES (images) (5) quoi	société	environnement idéologique	appareil politique	activité publique	acteurs publiques	technologie
CHAPITRES (formes) (52) où	Mode générique	Mode contextuel	Mode fonctionnel	Mode agile	Modes singuliers	Mode critique
	activité générale	activité nationale	activité cosmopolite	activité cyber	autres activités	activité révolutionnaire
DOSSIERS (teneurs) (521) comment	Contenu synoptique	Contenu relationnel	Contenu organique	Contenu opérationnel	Contenus humains	Contenu névralgique
	généralités	alliances, collaborations	organisation	situation	recrutement, formation	finances

indice 332 : initiatives publiques associées à un « défi » objet d'intelligence collective, touchant à l'organisation de l'activité « cyber »

ENJEUX SOCIO-ÉCOLOGIQUES

Les grands défis à relever par nos sociétés modernes sont bien de nature politique au sens le plus noble du terme qui est l'art de gouverner les peuples sur la planète Terre. Pour y répondre avec discernement, il semble nécessaire d'en appeler à un changement de paradigme scientifique et politique en redonnant toute sa place à cette *épistémè* aristotélicienne dont nous avons introduit plus haut quelques enseignements permettant d'aller de la stratégie à la politique en passant par l'économie et la science, dans la perspective d'un *Bien* commun vers lequel, selon Aristote, *toutes choses* doivent naturellement *tendre*.

Le concept souvent évoqué de « révolution technologique », dont on chercherait à anticiper les prochaines manifestations pour en exploiter les effets en préservant l'intérêt général, semble être une mauvaise façon de poser le problème du progrès scientifique. La notion de « révolution » évoque en effet une transformation profonde d'un ordre social, économique, politique ou culturel que l'on peut associer à un ou plusieurs facteurs déclenchant. Ce ne sont pas ces facteurs (ici les innovations technologiques) qui caractérisent le plus précisément la révolution dont on souhaite analyser, prédire ou anticiper les effets, mais plutôt l'ordre impacté. Il s'agit d'un ordre « culturel et cognitif », qui doit s'imposer à la préservation de l'intérêt général en balayant tout un ensemble de problèmes que l'on peut identifier à de grands défis relevant tout naturellement de l'ordre politique.

La *grille conceptuelle* à travers laquelle *notre pensée* collective va *percevoir* son environnement, soit les *objets* du monde qui l'entourent (l'univers que l'on peut considérer comme obéissant à un certain ordonnancement, le *cosmos* grec) en relation avec une *situation* en perpétuelle évolution dont nous souhaitons tirer profit dans l'intention de satisfaire notre besoin de progrès (comme celui de sécurité en matière de défense ou celui de compétitivité en matière d'économie), peut ainsi reposer sur un langage commun, dont l'usage peut être aussi *simple* que celui de la langue maternelle pour un enfant. Une *pensée* scientifique reposant sur un langage documentaire partagé par l'ensemble d'une communauté scientifique et adapté à la compréhension de systèmes dynamiques complexes tels que peuvent l'être tous les écosystèmes dans lesquels nous évoluons, peut alors être développée comme une intelligence collective.

En regard de la complexité illimitée des objets observés, cette pensée est simple. C'est là toute son incommensurable portée bénéfique sur notre capacité à comprendre les systèmes complexes. Une telle simplicité procède d'une organisation logique naturelle inspirée de nos mécanismes sensoriels dans notre système cognitif cérébral, associée à l'adoption d'une démarche itérative parcourant l'*épistémè* aristotélicienne dans son intégralité, sans omettre la pratique méthodique qui donne son sens à l'action, et fait, par itérations successives, la qualité du produit avec le discernement dans l'observation et la prudence dans l'innovation. Cette simplicité, fait toute la puissance de l'intelligence collective et de la pensée analogique associée, à laquelle on peut raisonnablement penser qu'aucun artefact numérique ne pourra jamais prétendre.

L'enjeu, pour l'innovation et la maîtrise de systèmes complexes, du travail de réflexion qui précède est donc de contribuer à la mise en œuvre d'un outil méthodologique d'intelligence collective. Sa traduction en actes concrets se démarque de toute sorte de discours, qu'il soit de nature économique, scientifique ou politique visant à impulser des réformes, des innovations ou des inventions. Elle est plutôt la marque d'une plaidoirie de nature stratégique, qui doit être prise comme une incitation à la maîtrise d'ouvrage d'un projet scientifique d'ensemble intégrant bien sûr la technologie, mais donnant la priorité à la dimension humaine, économique, sociale, voire éthique de l'entreprise.

REFERENCES

- Aristote, trad. Tricot, J. (1959). *Éthique à Nicomaque*, livre I, 1094a. Éditions Les Échos du Maquis, PhiloTR, Département de philosophie Cégep de Trois-Rivières.
- Arnauld, A. & Lancelot, C. (1660). *Grammaire générale et raisonnée de Port-Royal*. P. Le Petit, Paris.
- Arnauld, A. & Nicole, P. (1683). *La Logique ou l'Art de penser*. (Logique de Port-Royal) Cinquième édition revue et de nouveau augmentée, Guillaume Desprez, Paris.

- Beau, F. (2019). *Le renseignement au prisme des sciences de l'information*, Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Polytechnique Hauts-de-France en Sciences de l'Information et de la Communication, présentée et soutenue le 01/04/2019 à Arenberg Créative Mine, Laboratoire DeVisu, <http://www.theses.fr/2019VALE0006>.
- Beaufre, A. (1962). Vue d'ensemble de la stratégie, *In Politique étrangère* n°5, 27^e année, p. 420.
- Cavazza, F. (2019). *De l'importance d'un Chief Learning Officer pour réduire la dette numérique*. SYSK, <https://www.sysk.fr/2019/02/11/chief-learning-officer-dette-numerique/>.
- Chantaraud, J.F. (2019). *Le syndrome Christophe Colomb : de la difficulté d'innover*. La Tribune, L'Odissée, 04/06/2019, <https://www.latribune.fr/opinions/tribunes/le-syndrome-christophe-colomb-de-la-difficulte-d-innover-819290.html>.
- Diderot, D. & d'Alembert, J. (1751). *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*. André Le Breton, Paris.
- Felice (de), F. (1771). *Encyclopédie ou Dictionnaire universel raisonné des connaissances humaines*. Yverdon.
- Flichy, P. (2003). *L'innovation technique : Récents développements en sciences sociales, vers une nouvelle théorie de l'innovation* (Nouv. éd.). Paris: La Découverte, pp. 208, 213, 219.
- Foucault, M. (1966). *Les Mots et les Choses*. Gallimard, Paris.
- Montesquieu, C.L. "Pensées". Editeur, Desgraves L. (1950). *Œuvres complètes*, Paris, Nagel, t. II, p. 1-677.
- Pelletier, Y. (2007). *La dialectique aristotélicienne. Les principes clés des Topiques*. Société d'Études Aristotéliciennes 2^e édition, Monographies Philosophia Perennis, Bibliothèque et Archives nationales du Québec.
- Schumpeter, J. (1943). *Capitalisme, socialisme et démocratie*. Traduction française, Paris, Payot, 1951, p. 107.
- Serres, M. (2007). *Les nouvelles technologies : révolution culturelle et cognitive*. Conférence Quarante ans de l'INRIA, forum "Informatique et Société", Lille, www.ac-grenoble.fr/ien.bourgoinashnord/IMG/pdf_Texte_de_la_conference.pdf.
- Volle, M. (2017). *Le rapport entre la pensée et ses objets*. www.volle.com, 9 décembre 2017.

DE L'ANTHROPOCÈNE À LA COLLAPSOLOGIE : REVALORISER LE CONTRAT NATUREL

Author(s) / Auteur(s) :

Prof. Damien CLAEYS
Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI)
Laboratoire Théorie des systèmes en architecture (tsa-lab)
Université catholique de Louvain (UCLouvain)
damien.claeys@uclouvain.be

Abstract / Résumé :

À l'ère qu'ils nomment anthropocène, les scientifiques envisagent sérieusement l'effondrement imminent de notre civilisation à l'issue d'un crash global – qui pourrait prendre plusieurs années – affectant les dimensions écologique, sociétale et humaine. Cette conception objectivée du réel dans lequel nous vivons est le résultat d'une succession de travaux scientifique remontant, au moins, à la fin des années 1960 qui n'ont cessés d'avertir la société des effets négatifs et prévisibles d'une surconsommation des ressources planétaires, d'une fragilisation des liens sociétaux entre les êtres humains et des mises sous contrainte psychologique des leurs cerveaux.

Un parallélisme apparaît entre l'origine de cette prise de conscience et celle des modélisations pour comprendre les systèmes naturels et humains à l'aide de la théorie des systèmes, pensée relationnelle des phénomènes observés intégrant ces derniers dans leur contexte avant de les étudier.

Aujourd'hui, confronté aux effets d'une crise mondialisée, le fonctionnement global des sociétés humaines repose encore sur l'exploitation de la biocapacité planétaire et la stratification des classes sociales. La pensée systémique est l'une des méthodes capable de modéliser leur fonctionnement de manière à pouvoir les transformer en profondeur.

Keywords / Mots-clés :

système, écosystème, modèle, effondrement, décroissance, soutenabilité, responsabilité, anthropocène, capitalocène, collapsologie

Peinte par Jules Romain pour le duc Frédéric II de Mantoue, la fresque *La chute des Géants* (1532-1534) du palais du Té est une excellente allégorie de l'état actuel présumé de notre civilisation, menacé par l'imminence d'un crash global, affectant en même temps les dimensions écologique, sociétale et humaine (Claeys & Lambert, 2018). Elle éclaire à sa manière les situations de crise contemporaines. Le thème mythologique lui-même donne corps aux préoccupations écologiques actuelles puisque la déesse Gaïa [la terre] est, à la fois, une *génitrice* – celle qui engendre les générations successives de dieux, de Titans, de Géants et d'humains –, un *psychopompe* – celle qui ingère le sang et les restes de ces créatures lors de leur dernier voyage – et une *régénératrice* – celle qui réorganise et régénère ces restes pour engendrer les générations suivantes. Si bien que ce récit mythique semble entrer en résonance avec la fin du monde annoncée par des scientifiques : "À l'image des Géants écrasés sous une pluie de pierre, les crises écologique, sociale et politique qui secouent notre monde contemporain seraient autant de symptômes de l'effondrement probable de notre civilisation et du déclin de nos sociétés." (Claeys & Lambert, 2018)

Le sentiment partagé qu'une cause extérieure – transcendante ou naturelle – aura pour effet la fin du monde réapparaît régulièrement dans les sociétés humaines. Ainsi, à partir d'un extrait obscur de l'Apocalypse de saint Jean – écrite au I^{er} siècle avant J.-C. – annonçant le retour sur terre de Satan mille ans après l'incarnation du Christ, des érudits de la Renaissance auraient développés le mythe historique des *peurs de l'an mille*, bien avant les peurs irrationnelles du *bug de l'an 2000*. Encore aujourd'hui, de nombreux films hollywoodiens utilisent le thème de la catastrophe planétaire pour susciter dans l'esprit de leurs spectateurs une fascinante expérience cathartique (collision de météorite avec la terre, débarquement d'extra-terrestres, épuisement des ressources naturelles, virus mondialisé,

zombies...). Tandis que les astrophysiciens affirment avec gravité que la mort du soleil devrait entraîner la fin de notre monde dans environ cinq milliards d'années.

La cause première de la crise multiforme actuelle serait d'abord l'inadéquation entre le mode de développement de l'espèce humaine et la rareté relative des ressources disponibles sur terre qui ne permettrait plus à l'humanité de subvenir à ses *besoins*.

L'être humain est "équipé initialement d'un inné insuffisant pour survivre *naturellement* et affecté d'une connaissance limitée du réel malgré l'acquis de ses expériences" (Claeys, 2017). Comme tout système vivant, il est d'abord "inachevé" parce qu'il a "des besoins physiologiques fondamentaux" dont "la satisfaction est nécessaire pour sa survie" et dont "la plupart nécessitent des actions dans le réel" (oxygène, eau, nourriture, température corporelle constante, élimination, logement, repos, reproduction). Mais lorsque ces besoins premiers sont assouvis, l'être humain est également "incomplet" parce qu'il a "des besoins psychologiques et sociaux fondamentaux", nécessaires pour contrebalancer l'angoisse existentielle liée à la coupure du réel opérée par le langage rythmant ses états de conscience.

Tout être humain devant survivre se comporte donc en tant qu'être auto-organisé négociant perpétuellement, à la fois, avec les affres de son propre état psychosomatique, avec les autres membres de la société à laquelle il appartient et avec les effets de l'environnement écosystémique dans lequel il évolue. S'il entretient inévitablement une relation intime avec sa *psychè* personnelle, il projette sur les autres et sur l'environnement des valeurs et des règles évolutives à partir desquelles ils entre en relations avec eux. Ce qui pose la question de l'existence de ce qui pourrait être appelé un contrat révisable, respectivement *social* et *naturel*. Or, au cours de l'histoire, la manière avec laquelle l'être humain a imaginé ce double contrat a modifié les chances de survie de son espèce.

Mais comment en sommes-nous arrivés à envisager l'effondrement imminent de notre civilisation ?



Fig.1 – Jules Romain, *La Chute des Géants*, Fresque du mur nord de la salle des Géants, palais du Té, Mantoue, Italie, 1532-1534.

DU LA CROISSANCE À LA DÉCROISSANCE

La reprise de conscience du rapport de dépendance des sociétés humaines à leur environnement a été très lente. De plus, l'observation de la nature a d'abord été menée de manière autoréférentielle, puisque l'être humain a commencé par étudier la nature... de l'être humain.

Jusqu'au XVIII^e siècle, la nature est notamment personnifiée par la déesse égyptienne Isis (devenue plus tard la déesse grecque Artémis) sous les traits d'une jeune femme cachant sous un voile léger le secret de sa structure et de son fonctionnement. Aux XVII^e et XVIII^e siècles, la science moderne est alors celle qui tenter de lever le voile par la ruse prométhéenne, tandis que les beaux-arts orphiques tentent de révéler ses secrets en épousant avec harmonie son rythme.

À la fin du XVII^e siècle, les fondateurs de libéralisme économique ayant mené au développement antagoniste des idéologies socialistes et capitalistes exprimaient déjà des craintes aux sujets des dérives possibles des théories économiques qu'ils inventaient du point de vue du rapport aux ressources planétaires et des rapports entre les membres de la société. Mais leurs héritiers contemporains – les tenants de l'idéologie du néocapitalisme – ont largement occulté cette partie de leur pensée.

Avant la première révolution industrielle, le libéralisme émergent propose la protection des droits fondamentaux naturels de chaque individu – menant à la future Déclaration des droits de l'homme et du citoyen (1789) – en régulant les interactions entre les êtres humains – le futur "contrat social" de Jean-Jacques Rousseau (1762) – et en mettant l'État au service de ses citoyens (l'émergence des démocraties parlementaires).

De manière radicalement utilitariste, dans le *Discours de la méthode* (1637), le philosophe français René Descartes écrit que la science peut "nous rendre comme maîtres et possesseurs de la nature". La nature est alors dominée pour répondre aux besoins humains. De manière un peu plus nuancée, dans le *Deuxième Traité du gouvernement civil* (1690), le philosophe anglais John Locke affirme que l'être humain possède un droit fondamental de propriété, mais il ajoute que ce droit est limité à ce qui est nécessaire à sa conservation. Selon lui, "Dieu nous a donné toutes choses en abondance", mais "Dieu n'a rien créé pour que l'homme le gaspille ou le détruise". Donc "Tout ce qu'un homme peut utiliser de manière à en retirer quelque avantage quelconque pour son existence sans gaspiller, voilà ce que son travail peut marquer du sceau de la propriété. Tout ce qui va au-delà excède sa part et appartient à d'autres". Il justifie son raisonnement en expliquant que "Quand Dieu a donné le monde en commun à toute l'humanité, il a enjoint à l'homme de travailler ; d'ailleurs, l'homme s'y voyait contraint par la pénurie de sa condition", de là, "Dieu et la raison lui commandaient de venir à bout de la terre, c'est-à-dire de l'améliorer dans l'intérêt de la vie" en s'investissant par son "travail". Autrement dit, l'individu a le droit de s'approprier les richesses naturelles par son travail – c'est même un devoir face à Dieu et à la raison – à condition que la part prélevée soit raisonnable de manière à en laisser pour les autres. En conclusion, tout être humain doit avoir accès aux ressources terrestres. Au XVIII^e siècle, dans la *Théorie des sentiments moraux* (1759), le philosophe et économiste écossais des Lumières Adam Smith – souvent décrit de manière réductrice comme l'un des pères des sciences économiques modernes et du libéralisme économique – proposera même une philosophie morale à la recherche des causes de l'immédiateté et de l'universalité des jugements moraux chez l'être humain à partir d'un double processus de "sympathie".

À l'époque des Lumières, face aux inégalités sociales, aux développements des sciences modernes et de la première révolution industrielle, des penseurs considèrent la nature comme l'état originel de l'être humain. Dans *Du contrat social* (1762), le philosophe suisse Jean-Jacques Rousseau affirme que l'être humain vit au départ un "état de nature" où il est naturellement bon, compatissant et vertueux – la nature est ici associée à la beauté, l'innocence et la vertu –, mais que malheureusement la société le corrompt – la civilisation fait passer du bonheur à la misère. L'instauration de la vie en société est inévitable mais regrettable. Il propose alors la description d'une société différente dirigée non plus par la monarchie, l'aristocratie et l'Église, mais par tous les citoyens. Les révolutionnaires développeront par la suite ces idées en établissant la République. Mais seules les inégalités naturelles entre les êtres humains sont défendues pour mener à l'élaboration d'un contrat social. La nature n'est pas défendue pour elle-même, aucun contrat naturel n'existe tel que nous pourrions l'envisager aujourd'hui. Individu et société semblent s'accorder sur la nécessité d'élaborer un contrat social, alors que le contrat naturel semble, au mieux, implicite.

Avant la première révolution industrielle, l'abondance des ressources naturelles est l'expression de la bonté divine et il est impensable qu'elle puisse être menacée. Mais dès le milieu du XIX^e siècle, l'idée émerge dans les consciences que nos ressources planétaires puissent disparaître. Ainsi, dans un élan romantique, les peintres de l'école de Barbizon habitués à peindre en plein air et d'après nature dans la forêt de Fontainebleau demandent dans un souci au départ esthétique la création de réserves artistiques. De même, le forestier américain Aldo Léopold (1949) – pionnier de l'écologie – crée une éthique environnementale menant à la création des réserves biologiques.

Plutôt que de rejeter la responsabilité de toute fin du monde potentielle sur l'effet d'une hypothétique cause extérieure, les scientifiques prennent très progressivement conscience qu'une séparation totale entre nature et être humain est illusoire. Ils finissent par penser qu'une cause immanente au fonctionnement de l'espèce humaine puisse avoir pour effet un déséquilibre dans l'environnement, ce qui les amène à replacer progressivement l'espèce humaine en tant que simple élément parmi d'autres d'un écosystème dont la survie dépend de ses interactions avec les autres.

Après les ténèbres de la Seconde Guerre mondiale marquant la faillite du système socioéconomique hérité en grande partie des Lumières, les penseurs se sont demandés si l'espèce humaine était encore capable d'habiter le monde après une telle catastrophe. L'idée d'un possible effondrement planétaire prend racine dans le traumatisme d'Hiroshima menant à l'angoisse de la Guerre froide et à la vague contestataire de la fin des années 1960.

En raison d'effets négatifs contre l'humanité attribués au progrès, le concept de *décroissance* est apparu progressivement, au moins depuis les années 1970, lorsqu'il a été popularisé après la réunion et la traduction de textes de l'économiste d'origine roumaine Nicholas Georgescu-Roegen (qui n'emploie pas le mot) par Jacques Grinevald et Ivo Rens dans *Demain la décroissance. Entropie, écologie, économie* (1979). En introduisant les concepts d'entropie et d'évolution dans la théorie économique, il démontre qu'il est impossible de produire de manière infinie dans un monde fini. Alors que le mythe du progrès était jusque-là associé au développement de l'humanité, il semblait devenir synonyme de régression, de misère sociale et de catastrophe écologique.

La *décroissance* constitue – selon Pablo Servigne et Raphaël Stevens (2015) – un programme politique de "frugalité" et de "convivialité" destiné à *éviter* l'effondrement, proposant "une réduction graduelle, maîtrisée et volontaire de nos consommations matérielles et énergétiques". En partant de l'hypothèse que l'effondrement est maintenant *inéluçtable*, ils pensent que ce programme "n'est pas très réaliste". Par contre, ils pensent que le concept d'*effondrement* "conserve la possibilité de penser un avenir qui ne soit pas totalement maîtrisé". Selon eux, les "euphémismes optimistes" annonçant l'émergence potentielle d'un monde meilleur tels que la "mutation" d'Albert Jacquard (2004), la "métamorphose" d'Edgar Morin (2011) ou la "transition" de Rob Hopkins (2008) sont utiles pour "ouvrir l'imaginaire d'un avenir pas forcément nihiliste ou apocalyptique", donner de l'espoir et rendre volontaire les foules, mais ils mettent de côté l'urgence de la situation.

DES STRUCTURES STATIQUES AU SYSTÈMES DYNAMIQUES

Alors que le biologiste d'origine autrichienne Karl Ludwig von Bertalanffy (1968) fonde la pensée systémique destinée à modéliser des systèmes *ouverts* – impossibles à modéliser à l'aide de théories déterministes et mécanistes –, le concept d'*autonomie* est devenu central dans l'étude des systèmes vivants, humains et sociaux à partir du moment où les systémiciens les ont étudiés en intégrant leurs capacités à *s'auto-organiser*. De là, Humberto R. Maturana & Francisco J. Varela (1972) ont défini le concept d'*auto-poïèse* issu des deux mots grecs *autos* (soi) et *poiein* (produire). L' "auto-production" est donc l'aptitude et la propriété fondamentale de tout organisme vivant de s'auto-produire, c'est-à-dire de produire sans cesse sa propre existence, et de s' "auto-réguler". Ils développent la théorie des systèmes "auto-poïétiques", à la fois, fermés et ouverts. En effet, ils sont fermés au niveau *fonctionnel* (ils maintiennent leur "identité" pour maintenir leur "clôture opérationnelle"), alors qu'ils restent ouverts au niveau *structurel* grâce à l'action constante des boucles de rétroaction qui les constituent (le système complexifie ses composants ou produit dans/par ses interactions avec son environnement de nouvelles configurations, il intègre de nouveaux composants depuis l'environnement ou il supprime certains de ses composants). Pour s' "auto-organiser", d'un côté, le système fait évoluer son "comportement" et, de l'autre, sa "structure". Un phénomène est donc modélisable non comme une structure statique *résistante*, mais comme un système dynamique *résilient*.

Lors de son émergence dans les années 1960, la pensée systémique est pionnière dans la prise de conscience de la limite des ressources disponibles sur terre. Dans *Urban Dynamics* (1969), Jay W. Forrester a développé le modèle *World2* inspiré de la théorie générale des systèmes pour – comme l'écrit Pierre-Henri Derycke dans la préface à l'édition française de 1978 – étudier les "conséquences

lointaines des décisions de politique urbaine" et explorer l'avenir des "cités géantes", avec une méthode très différentes des multiples "modèles explicatifs généraux de la croissance urbaine" des années 1960 autour de la Rand Corporation. Très critiqué selon ses contradicteurs, à la fois, pour son simplisme ou pour sa complexité, le modèle de Forrester est constitué de trois sous-systèmes articulés entre eux. Au sein de ces sous-systèmes, les distinctions opérées entre les sous-classes internes paraissent douteuses et politiquement incorrectes aujourd'hui, mais elles doivent être replacées dans le contexte de l'époque. Selon Forrester, le modèle traite du "processus de croissance des aires urbaines" et de l'étude de leur "cycle de vie". Une "aire urbaine" est "un système formé d'industries, de logements et de personnes en interrelations" :

1. les entreprises (ou activités économiques) parcourant un cycle vital : de jeunes à mûres jusqu'au déclin ;
2. les logements divisés en trois classes occupées par trois classes sociales étanches : les logements de standing, les logements de confort, les logements déclassés et les taudis ;
3. la population active divisées en trois classes : les dirigeants et les managers, les travailleurs qualifiés, les travailleurs sans qualification (avec les chômeurs et les marginaux, les immigrés et les femmes !).

Ces trois sous-systèmes sont articulés entre eux à partir de règles. Par exemple, les logements de standing sont moins densifiés que les logements ordinaires, à leur tour moins peuplés que les logements déclassés, tandis que la taille moyenne des familles augmente en fonction du degré de paupérisation. Des transformations du système sont introduites dans le modèle par des impulsions venues de l'extérieur et la régulation est opérée par des variables d'état (des stocks) et des mécanismes de rétroaction (des boucles) pour ramener le système à l'équilibre. Les projections ont été élaborées sur 250 ans ! Ce qui est l'une des critiques habituelles du modèle.

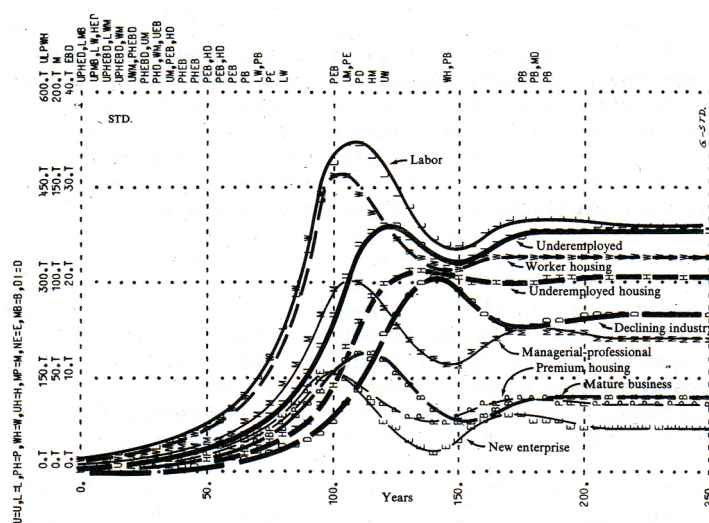


Fig.2 – Exemple de cycle de vie d'une aire urbaine : 250 ans de développement interne, de maturité et de stagnation (Forrester, 1969, p.4).

Plus tard, les travaux de Forrester se prolongent dans l'historique et controversé Rapport Meadows, diffusé dans *The Limits to Growth: A report for The Club of Rome's project on the predicament of mankind* (Meadows, Meadows, Randers, Behrens III, 1972), traduit en français par *Halte à la croissance ?*, avant d'être réactualisé récemment dans *The Limits to Growth: the 30-Year Update* (Meadows, Meadows, Randers, 2004)¹. Ainsi, dans *Limits to Growth*, les auteurs publient l'analyse

¹ L'américain Jay W. Forrester est un théoricien de la dynamique des systèmes et un pionnier en modélisation informatique. Après avoir travaillé notamment sur *Urban Dynamics* (1969), il tente une réponse aux questions soulevées par le Club de Rome – un groupe informel et international d'hommes d'affaires, de dirigeants et de scientifiques – sur les équilibres

prospective de douze scénarios à partir de la modélisation dynamique des systèmes basée sur le modèle *World3* de Jay W. Forrester en montrant "différents modes de développement de l'humanité sur deux siècles", entre 1900 et 2100. À cette époque, les débuts de l'informatique fournissent de nouveaux outils de calcul et de modélisation pour étudier le monde en tant que système terre évolutif. Ce modèle tient compte de différentes dimensions environnementales, sociétales et économiques et tente de montrer leurs interactions entre les principaux paramètres globaux du monde qu'ils identifient : la population, la production industrielle, la production des services, la production alimentaire, le niveau de pollution et les ressources non-renouvelables. Le rapport remettait en cause le mythe de la croissance sans fin. Il avait alerté l'humanité sur les conséquences à long terme d'une économie fondée sur le principe de la croissance exponentielle – illustré par des boucles de rétroactions positives – sans que rien ne vienne contrebalancer ce mouvement global. La conclusion principale du rapport tient en une phrase : en partant de l'hypothèse que notre monde possède des limites physiques, "un effondrement généralisé de notre civilisation thermo-industrielle aura très probablement lieu durant la première moitié du XXI^e siècle" (Servigne & Stevens, 2015). Les questions traitées par ce groupe dans les années 1970 étaient par exemple : "les politiques actuelles nous conduisent-elles vers un avenir soutenable ou vers l'effondrement ? Que peut-on faire pour créer une économie humaine qui fournisse de tout en quantité suffisante à tous ?". Il ne revendiquait pas encore une décroissance, mais une "croissance zéro". Autrement dit, que toutes les activités économiques tendent vers un état stable. L'année suivant la publication du Rapport Meadows, la crise pétrolière de 1973 fera prendre conscience du problème de l'épuisement des ressources au public. À l'intérieur du modèle *World3*, des seuils ont pu être définis, mais ce type de seuil est trop complexe à déterminer dans le réel.

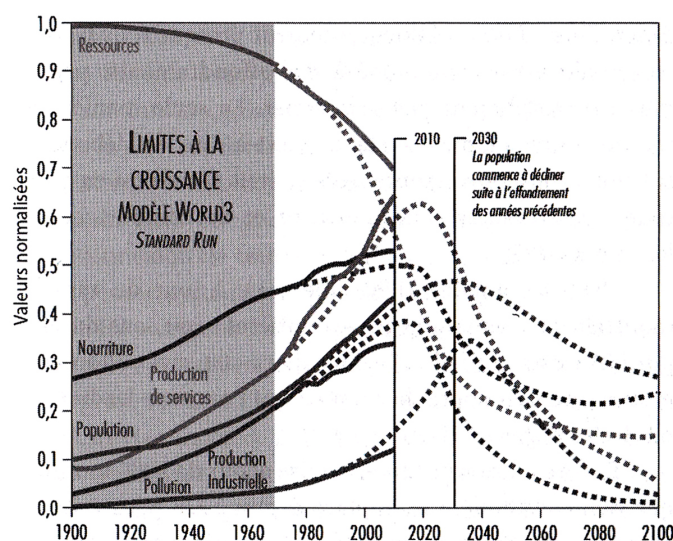


Fig.3 – Modèle "Standard Run" (Rapport Meadows, 1972), mis à jour par Graham M. Turner (2012) et repris par Pablo Servigne & Raphaël Stevens (2015).

Selon ces chercheurs, tous les scénarios alternatifs testés avec le modèle *World3* mènent à l'effondrement de la société, la seule possibilité de rendre notre monde "stable" pour arriver à une civilisation "soutenable" est de mettre en place toutes ces mesures simultanément dès les années 1980.

globaux en ébauchant un modèle dynamique de base : le *World1*. Ensuite, il documente le modèle final – *World2* – dans *Worlds Dynamics* (1971) qui traite de la modélisation des interactions complexes dans les sphères économique, démographique et environnementale. Enfin, en développant la structure et en enrichissant quantitativement la base de données, il confie le travail de développement d'un troisième modèle – le *World3* – à Donella H. et Denis L. Meadows au sein du Groupe Dynamique des Systèmes de la Sloan School of Management du Massachusetts Institute of Technology (MIT) entre 1970 et 1972. Ces modélisations servent de matrice au Rapport Meadows (1972) qui prévoyait un effondrement dans 50 ou 100 ans en cas de croissance exponentielle non maîtrisée des sociétés humaines et de leur consommation.

Une mise à jour du rapport dans les années 1990 montrait que les limites existaient et que notre civilisation s'approchait de certaines limites et dépassait même certaines frontières. Dans une autre mise à jour du rapport en 2004, les auteurs ont montré que rien n'avait été mis en place pour éviter le scénario "*business as usual*" depuis 1972 et qu'il restait une "toute petite fenêtre d'opportunité à ne pas manquer" pour éviter un effondrement global. Ce rapport montre l'extrême instabilité du système qui gère notre civilisation, l'interaction entre les différentes crises qui l'agitent et l'intérêt d'une pensée systémique.

Plus récemment, le chercheur australien Graham M. Turner (2012) a comparé les résultats de la simulation *World3* avec les données réelles en 2008 et en 2012 : il affirme que le scénario du Rapport Meadows qui se rapproche le plus du réel est le pire scénario : le "*standard run*" ["modèle standard"] ou scénario "*business as usual*".

DE LA RESPONSABILITÉ À LA SOUTENABILITÉ

Modéliser un système vivant – physique, social ou humain – en le dotant d'une autonomie ne signifie pas qu'une liberté totale d'action lui est attribuée. Il est conçu en interaction étroite avec le contexte dans lequel il évolue et des scénarios sont définis pour prévoir les conséquences futures de ses réactions présentes. Autrement dit, si les valeurs des variables à partir desquelles des simulations sont lancées dépassent des *seuils* critiques, le système peut altérer son fonctionnement futur. La question de l'autonomie mène à celle de la *responsabilité*.

À partir d'études de systèmes institutionnalisés dans des domaines différents (école, médecine, transports, énergie...), Ivan Illich développe dans ses écrits une théorie de la contre-productivité liée au concept de *seuil*. Selon lui, "lorsque l'institution se développe et dépasse une certaine limite ou un certain seuil, elle devient nuisible et fortement dysfonctionnelle par rapport à ses propres objectifs et finalités. L'institution devient alors contre-production, contre-productivité. Elle aliène l'être humain et détruit la société globale" (Assogha, 1979). Autrement dit : "Lorsqu'une activité outillée dépasse un *seuil* défini par l'échelle *ad hoc*, elle se retourne d'abord contre sa fin, puis menace de destruction le corps social tout entier." (Illich, 1973). Parallèlement aux travaux de plusieurs systémiciens, Illich montre que des seuils identifiables sont capables de faire basculer tout système institutionnalisé de l'autonomie vers l'hétéronomie et la dépendance. Dans la société moderne, il associe ces seuils à un déséquilibre entre l'usage d'outils conviviaux (maniables, accessibles à tous) et celui d'outils manipulables qui reposent sur des technologies maîtrisée par des spécialistes et dont la fabrication relève d'un processus industriel. C'est ainsi qu'il préconise un débat public sur l'établissement de seuils. Selon Illich, l'autonomie est d'abord rendue possible par l'acceptation et le choix de limites auto-imposées à soi-même ou au système.

Dans *Le principe responsabilité* (1979), Hans Jonas part du constat que "Le Prométhée définitivement déchaîné, auquel la science confère des forces encore jamais connues et l'économie son impulsion effrénée, réclame une éthique qui, par des entraves librement consenties, empêche le pouvoir de l'homme de devenir une malédiction pour lui". Il affirme que l'espèce a le pouvoir technologique de s'autodétruire et ce pouvoir est aux mains de quelques individus ayant la responsabilité de l'humanité entière. Parallèlement à un pouvoir plus grand, de nouveaux devoirs apparaissent pour l'être humain. Selon lui, l'éthique traditionnelle reposait sur l'évaluation des actions (par exemple, mentir, c'est *mal*), alors qu'aujourd'hui elle devrait porter sur l'évaluation de la *conséquence* des actions (par exemple, moins consommer est *bien* pour *anticiper* l'épuisement futur des ressources planétaires). Le concept de *responsabilité* résume ce devoir moral nouvellement construit par l'intégration de la question de l'avenir (la conséquence des actes) et de la planète entière (la conséquence sur l'écosystème global de ces mêmes actes). Il va jusqu'à écrire que les êtres humains doivent questionner l'"impératif inconditionnel de préserver leur existence pour l'avenir" en prenant en compte "la *vulnérabilité* critique de la nature par l'intervention technique de l'homme". L'être humain doit donc adapter son projet téléologique pour qu'il réponde à des principes éthiques traditionnels, mais également à d'autres qui ne sont plus uniquement anthropocentriques à partir du moment où ils intègrent la *phûsis*. À une plus grande *autonomie* de l'être humain grâce à la technologie correspondrait donc une plus grande responsabilité. Pour Hans Jonas, l'être humain a d'abord l'*obligation* directe de solidarité

intergénérationnelle pour éviter que les actions présentes entravent les possibilités futures de la vie humaine sur terre. Cette première obligation en entraîne une seconde, l'*obligation* indirecte à l'égard de la nature contribuant à la préservation des conditions d'existence de l'humanité et pour sa valeur intrinsèque indépendante de tout usage. Cette double obligation mène au concept de *développement durable*.

À l'époque, les chercheurs reprennent conscience que la nature doit être préservée parce qu'elle conditionne l'existence même de l'humanité. La responsabilité n'est plus uniquement celle du présent, mais elle est également celle du futur intergénérationnel. En 1983, l'Organisation des Nations Unies crée une Commission mondiale sur l'environnement et le développement pour définir un programme pluridisciplinaire de coopération internationale pour étudier les problèmes environnementaux. Présidée par la première ministre norvégienne Gro Harlem Brundtland, la commission a rédigé *Our Common Future* [Notre avenir à tous] (1987) – dit le Rapport Brundtland – qui servira de programme de base au Sommet de la Terre de 1992 et qui définit le concept de *sustainable development* [développement durable] comme "un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs"². Il ajoute que deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de *besoins*, et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des *limitations* que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir". Deux préoccupations reviennent encore : les besoins fondamentaux de l'être humain et les limites des ressources disponibles.

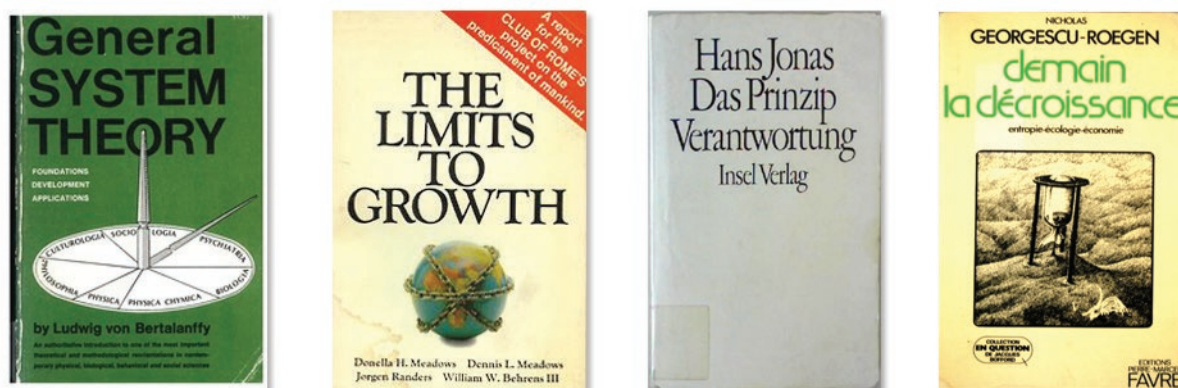


Fig.4 – Premières de couvertures emblématiques
(Bertalanffy, 1968 ; Rapport Meadows, 1972 ; Jonas, 1973 ; Georgescu-Roegen, 1979).

DE L'ANTHROPOCÈNE À LA CAPITALOCÈNE

Plus récemment, des scientifiques tentent de définir une nouvelle ère géologique – l'anthropocène – et une nouvelle science – la collapsologie – pour étudier les causes et les effets de l'effondrement potentiel de notre civilisation.

Composé des mots grecs *anthropos* (être humain) et *kainos* (récent, nouveau), le mot *anthropocène* – l'*âge de l'homme* – possède une origine pluridisciplinaire difficile à retracer (Hamilton & Grinevald, 2015 ; Lewis & Maslin, 2015). L'anthropocène désigne une période géologique caractérisant l'époque terrestre ayant débuté lorsque les activités humaines ont eu un impact global significatif sur l'écosystème terrestre. Ce constat n'est pas neuf puisque dans l'un des premiers ouvrages sur l'écologie, *Man and Nature* (1864), réédité sous le titre *The Earth as Modified by Human Action* (1885), l'américain George P. Marsh montre que la déforestation mène à la désertification et que "l'action de

² Le développement durable repose sur trois piliers : écologique, social et économique. L'un de ses trois piliers étant l'économie, l'expression est controversée puisqu'elle semble fortement liée à l'idée de croissance économique. Le mot *soutenabilité* qui vient du mot anglais *sustainability*, lui-même issu du latin *sustinere* (soutenir, empêcher de tomber, porter, supporter) lui est parfois préféré.

l'homme pourrait conduire à un environnement aussi désolé que celui de la lune". Par ailleurs, selon lui, le géologue italien Antonio Stoppani (1873) aurait imaginé dans son cours de géologie une ère géologique nouvelle appelée l' "*era antropozoica*" [l'ère anthropozoïque]. Alors qu'il était également théologien, Stoppani énonce que : "La création de l'homme a été l'introduction d'un nouvel élément dans la nature, d'une force totalement inconnue des périodes précédentes". Il compare l'espèce humaine à "une nouvelle force tellurique qui, en puissance et en universalité, peut être comparée aux plus grandes forces de la terre". Citons encore le géologue russe Aleksei Pavlov qui aurait décrit les temps actuels comme ceux d'une période "anthropogène" en 1925.

Durant les années 1980, le biologiste américain Eugene F. Stoermer utilise le concept d'*anthropocène* dans un sens complètement différent de limitation nécessaire de l'évolution. De manière prophétique, le journaliste américain Andrew Revkin (1992) avait écrit : "Peut-être que les géologues de l'avenir nommeront cette nouvelle période post-holocène pour son élément causal – pour nous. Nous entrons dans une ère que l'on pourrait appeler un jour, disons, l'Anthrocène. Après tout, c'est un âge géologique que nous avons nous-mêmes créé". Finalement, il reviendrait au météorologue et chimiste de l'atmosphère néerlandais Paul J. Crutzen (2002) – menant des recherches sur le trou de la couche d'ozone et ayant travaillé avec Stoermer (Crutzen & Stoermer, 2000) – d'avoir popularisé le concept d'*anthropocène* tel que nous le connaissons aujourd'hui.

L'anthropocène est "à la fois une période de domination du monde par l'espèce humaine, mais également le signe d'une fin imminente de celle-ci" (Claeys, 2017). Ainsi, le sociologue français Edgar Morin (1973) montre que l' "*homo demens*", avec son comportement irresponsable, porte en lui les germes de sa propre extinction. D'ailleurs, à force de *vivre à crédit*³, le scientifique australien Frank J. Fenner (2010) prédit l'extinction de l'espèce humaine "dans les 100 années qui viennent". Tout comme dans le mythe, Gaïa – la terre – est, à la fois, la mère de toutes les générations successives de dieux et d'êtres humains et celle qui absorbe leurs restes sans aucun état d'âme. Ainsi, le professeur anglais de paléobiologie Michael Boulter (2002) affirme que la nature est un système auto-organisé capable de muter lorsqu'un déséquilibre apparaît. Selon lui, la planète s'adaptera et survivra, mais l'humanité probablement pas ! Tout simplement parce que, comme l'a dit le prix Nobel belge de médecine Christian de Duve : "La nature est indifférente !" ⁴

À partir du moment où la Terre est considérée comme un organisme global et auto-organisé à la recherche d'un équilibre indépendamment de l'action humaine, les effets du contrat social semblent bien insignifiants par rapport à ceux du contrat naturel. Si bien que cautionner une organisation politique et économique détruisant l'environnement semble désuet et irresponsable. En effet, en reprenant l'expression de l'historien britannique Eric J. Hobsbawm (1975), l'écologue suédois Andreas Malm (2016), spécialisé en "écologie humaine", affirme que nous ne vivrions pas à l' "âge de l'homme" mais bien à l' "âge du capital". Plutôt que de parler d'anthropocène, il serait donc plus juste de parler de "capitalocène". Il suggère que ce ne serait pas l'activité humaine en soi qui menacerait de détruire notre planète, mais bien l'activité humaine telle que mise en forme par le mode de production capitaliste.

Alors que le contrat naturel était pensé à travers le prisme du contrat social, cette fois le second est actualisé dans une version planétaire à partir des concepts de *biosphère* et de *noosphère*. Au départ, le géologue autrichien Eduard Suess utilise pour la première fois le concept de "biosphère" en 1875, ce qui permettra au minéralogiste russe Vladimir I. Vernadsky (1926) d'en définir les aspects biogéologique et écologique, avant que le botaniste britannique Arthur G. Tansley (1935) ne développe le concept d' "écosystème". Plus tard, dans un glissement des écosystèmes aux systèmes

³ Chaque année l'Institut international de recherche Global Footprint Network calcule le controversé "*Earth Overshoot Day*" (*EOD*) ou en français "jour du dépassement" correspondant au jour de l'année à partir duquel l'humanité aurait consommé la totalité des ressources que la terre serait capable de régénérer en un an. À partir de cette date, l'humanité vit à crédit pour le reste de l'année. Pour le calcul : $EOD = (\text{biocapacité de la planète} / \text{empreinte écologique de l'humanité}) \times 365$. L'*EOD* aurait été atteint le 29 décembre en 1970, le 3 novembre en 1980, le 11 octobre en 1990, le 23 septembre en 2000, le 8 août en 2010, le 1 août en 2018). Cette année, l'humanité consommerait donc 1,7 planètes Terre.

⁴ Christian de Duve s'exprima en ces mots lors de sa conférence d'ouverture du colloque international *Darwinismes et spécificité de l'humain*, intitulée "À l'écoute du vivant", le 28 avril 2009, à Louvain-la-Neuve.

écosociaux, Vladimir I. Vernadsky (1945) introduira le concept de "noosphère" – le "monde de la pensée" ou la "sphère de la pensée humaine" – pour marquer le rôle croissant du cerveau humain dans le façonnement de son propre avenir et de son environnement, l'humanité devient une force géologique. Le concept sera notamment repris par le philosophe français Pierre Teilhard de Chardin (1955) et par Edgar Morin (2001). Pour Vernadsky et Teilhard de Chardin, ces concepts sont encore associés à une nécessaire évolution de l'humanité sous-tendue par le mythe du progrès, alors que chez Morin la noosphère permettrait le renouvellement d'un humanisme solidaire.

Bien que Simon L. Lewis et Mark A. Maslin (2015) aient fixé le début de l'ère anthropocénique à l'année 1610, la première révolution industrielle de la fin du XVIII^e siècle est souvent pointée comme l'une des causes principales ayant déclenché ce processus. Par ailleurs, une étape significative du phénomène correspondrait à l'année 1950 marquant le début de la *grande accélération*. Après la Seconde Guerre mondiale, cette période est marquée par la mondialisation de l'économie, par l'industrialisation planétaire, par les progrès technoscientifiques, par la course aux armements nucléaires, par l'explosion démographique, par la croissance rapide de l'économie et des inégalités...

Dans le sillage du projet synthétique de compréhension interdisciplinaire du Global Change affectant l'Earth system (la terre modélisée en système global et dynamique) mené par l'International Geosphere-Biosphere Program (IGBP) entre 1987 et 2015, des recherches montrent – pour différents indicateurs – des graphiques dans lesquels la grande accélération est clairement observable parce que des courbes possèdent une croissance exponentielle et de nombreux seuils critiques sont dépassés. Ces graphiques ont été mis à jour à plusieurs reprises (Steffen, Sanderson, Tyson *et al.*, 2004 ; Steffen *et al.*, 2015b). Or, dans tout monde fini, une société en croissance est confrontée à une biocapacité limitée et si elle dépasse ce seuil, elle s'effondre brutalement. Les courbes exponentielles de ces graphiques jouent avec les limites.

Après ces nombreuses recherches pluridisciplinaires – la définition d'une limite terrestre à la croissance, l'établissement de seuils critiques, l'adoption d'une nouvelle ère géologique et l'adoption d'une posture éthique durable – une nouvelle conception du monde a émergé : la terre est devenue un système global, complexe et évolutif, possédant une biocapacité limitée. De là, le développement actuel de l'humanité mènerait à l'effondrement à court terme du monde et à la disparition probable des sociétés humaines telles qu'elles sont organisées actuellement, voire même à celle de l'espèce humaine.

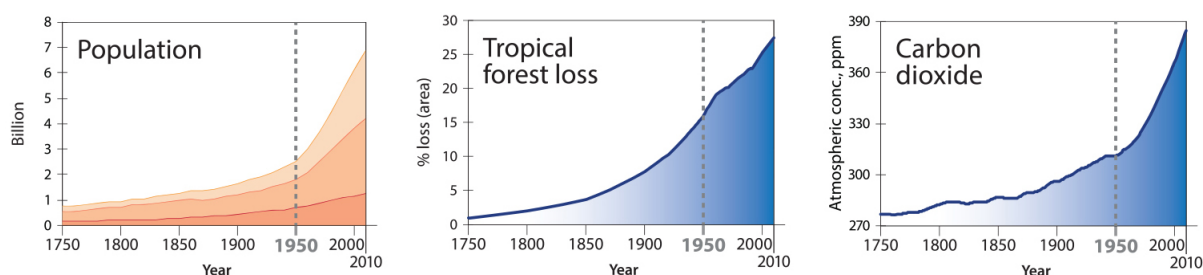


Fig.5 – Tendances entre 1750 et 2010 pour trois indicateurs parmi d'autres (Steffen *et al.*, 2005a).

DE L'HISTOIRE GLOBALE À LA COLLAPSOLOGIE

Dans les années 1980, la *Global History* se développe et les chercheurs ont mis en évidence différentes causes à l'œuvre et leurs enchaînements lors de l'effondrement des civilisations, anciennes ou actuelles, en espérant modéliser et gérer ce type d'événement. Certains tentent de sauver nos systèmes écosociaux avec l'espoir de prolonger leur fonctionnement actuel alors que d'autres tentent de tirer parti de ces processus d'effondrement pour les modifier en profondeur.

Après l'analyse archéologique et historique de l'effondrement de civilisations anciennes, le géographe américain Jared Diamond (2005) étudie plutôt les limites physiques et écologiques du monde. Il définit l'effondrement, à partir des effets qu'il produit, comme "une réduction drastique de la population humaine et/ou de la complexité politique/économique/sociale, sur une zone étendue et une

durée importante". Selon lui, l'effondrement est "une forme extrême de plusieurs types de déclin moindres". Il identifie cinq facteurs d'effondrement régulièrement à l'œuvre en synergie :

1. les dégradations environnementales et la pénurie de ressources, c'est-à-dire une exploitation des ressources au-delà de leur capacité à se reconstituer ;
2. le changement climatique ;
3. les guerres ;
4. la perte impromptue de partenaires commerciaux ;
5. les mauvaises réactions de la société face au changement.

Selon lui, le facteur le plus puissant est écologique, mais le seul facteur commun à tous les effondrements est celui des dysfonctionnements internes de la société et de l'incapacité de celle-ci à prendre des décisions appropriées.

Dans *The Five Stages of Collapse: Survivors' Toolkit* (2013), l'ingénieur d'origine russe Dmitri Orlov a étudié l'effondrement de l'Union soviétique en le comparant à l'effondrement – selon lui – inévitable des États-Unis et il a défini cinq stades dans le processus d'effondrement par ordre de gravité croissant (les cinq étapes ne sont pas nécessaires pour qu'une société s'effondre) :

1. l'effondrement financier : les institutions financières deviennent insolvables et les banques ferment ;
2. l'effondrement économique : pénuries de biens essentiels et décomplexification de l'économie ;
3. l'effondrement politique : la corruption remplace les services de l'administration ;
4. l'effondrement social : perte des institutions sociales locales et guerre civile ;
5. l'effondrement culturel : perte de l'empathie et de l'humanité.

Un sixième stade a été ajouté plus tard :

6. l'effondrement écologique : redémarrer une société dans un écosystème épuisé est presque impossible.

Ensuite, d'autres chercheurs ont tenté de modéliser les processus d'effondrement dans les sociétés et dans les écosystèmes, entre autres, à partir de la théorie de la complexité et de la physique statistique.

Lorsque le cinéaste américain Godfrey Reggio initie sa trilogie des *Qatsi* – mise en musique par le compositeur américain Philip Glass –, le film *Koyaanisqatsi* (Reggio, 1982) popularise le genre du documentaire écologique – bien avant le succès de *Demain* (Dion & Laurent, 2015) – et il montre la perte de contrôle de notre civilisation face au processus de croissance et de complexification qu'elle génère pourtant elle-même. À cette époque, dans *The Collapse of Complex Societies* (1988), l'anthropologue américain Joseph A. Tainter étudie l'effondrement de plusieurs sociétés anciennes à l'aide de la théorie de la complexité avec le prisme des limites socio-économiques. Il établit quatre concepts majeurs pour comprendre les effondrements, les trois premiers précédant le quatrième :

1. les sociétés humaines sont des organisations faites pour résoudre de problèmes (environnement, ennemis...) ;
2. les systèmes sociopolitiques ont besoin d'énergie pour se maintenir ;
3. la complexité accrue s'accompagne de coûts accrus par habitant ;
4. l'investissement dans la complexité sociopolitique en tant que réponse à la résolution de problèmes atteint souvent un point de rendements marginaux décroissants.

Selon lui, une société dont la complexité augmente peut être modélisée comme un système, "une société croît en complexité comme un système". Il définit que le dysfonctionnement politique d'une société menant à l'effondrement augmente avec la complexité croissante des institutions sociopolitiques qui augmentent leurs besoins en énergie et en matière. Des cycles d'essors et de déclin structurellement semblables semblent être observables dans l'histoire de l'humanité : le niveau de complexité d'une société augmente exponentiellement, un effondrement se produit, suivi d'une période de simplification institutionnelle... Il réalise un graphique qui présente la proposition suivante : "à un

moment donné dans l'évolution d'une société, un investissement continu dans la complexité comme stratégie de résolution de problèmes produit un rendement marginal décroissant"⁵. Dans la figure, chaque fois qu'une société est soumise à un stress, elle investit dans sa propre complexification (augmentation des investissements dans l'agriculture ou dans d'autres ressources de production, dans la hiérarchisation, dans les processus d'information, dans l'éducation, dans la défense...). La courbe des "cost-benefit" (la courbe de rentabilité) est d'abord ascendante jusqu'à devenir contreproductive. À partir de ce point au sommet de la courbe, la société devient vulnérable à un effondrement potentiel. À mesure que le rendement marginal de l'investissement dans la complexité décline, la société investit toujours plus lourdement dans une stratégie proportionnellement moins rentable. Il faut alors faire face aux poussées de tensions en dehors du budget de fonctionnement courant. La complexité devient une stratégie globalisante de moins en moins séduisante, si bien que des parties d'une société perçoivent un avantage croissant à une politique de séparation ou de désintégration. Logiquement, divers segments de la population accroissent leur résistance active ou passive, ou tentent ouvertement de faire sécession. Selon la thèse de Tainter, l'investissement dans la complexité sociopolitique atteint un point où les bénéfices d'un tel investissement commencent à décliner, d'abord lentement, puis beaucoup plus rapidement. "Les sociétés s'écroulent par inertie, elles se montrent incapables de modifier leurs rapports à l'environnement quand celui-ci est altéré" (Testot, 2017).

Dans son modèle, Tainter affirme que ces cycles d'augmentation/diminution de la complexité sont réguliers dans l'histoire : l'étude de l'évolution des systèmes écosociaux devient progressivement *cyclique*.

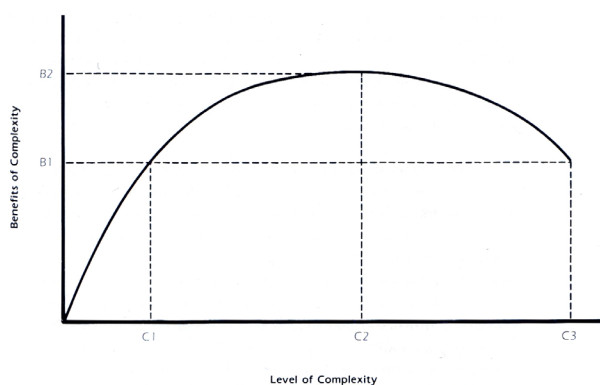


Fig.6 – The marginal product if increasing complexity (Tainter, 1988, Fig.19, p.119).

Plus récemment, le mathématicien Safa Motesharrei, le sociologue Jorge Rivas et la météorologue argentine Eugenia Kalnay (2014) ont développé le modèle *Human and Nature DYNAMICS (HANDY)*. Ce modèle est également controversé, notamment parce que ses contradicteurs le trouvent trop simpliste, sachant qu'il ne repose que sur *quatre* équations. Pourtant, selon ces chercheurs, *HANDY* reproduirait des comportements assez complexes avec une structure de modèle très simple, comparée à celle de modèles mondiaux tels que *World3*. Le modèle montre, en accord avec les "données historiques", que "la stratification économique ou la pression écologique peuvent conduire indépendamment à un effondrement". Il est construit sur un système d'équations proposé indépendamment par deux chercheurs dans les années 1920 – le mathématicien américain Alfred J. Lotka et le mathématicien italien Vito Volterra – pour décrire au départ une dynamique de compétition

⁵ En économie, la *productivité marginale* est la variation de la production de biens ou de services engendrée consécutivement à l'augmentation des moyens humains (travail, services), financiers (capital) ou de production (outils, machines). Le *rendement marginal* est donc la valeur de la variation de production obtenue divisée par le coût des moyens alloués pour l'obtenir. De là, la loi controversée des *rendements décroissants* affirme qu'après une phase de rendement croissant, l'augmentation du volume de production finira par mener à la diminution de la *productivité marginale*, alors le rendement décroîtra progressivement.

entre deux espèces, les interactions entre les populations de prédateurs et de proies en écologie⁶. Mais les êtres humains se distinguent des animaux par leurs capacités à s'organiser en sociétés, à utiliser des outils et à produire des stocks d'énergie, de matière, d'information. Contrairement aux animaux, ils ne subissent pas directement un déclin de population lorsqu'une ressource naturelle est épuisée. Ces recherches ont été transposées dans *HANDY* pour le rendre capable de simuler dynamiquement la croissance démographique d'une société fictive en fonction de contraintes biophysiques : les prédateurs sont les êtres humains, tandis que la proie est son environnement. Les quatre équations du modèle décrivent l'évolution :

1. des "*elites*" (les élites), une petite partie de la population entre naissance et décès ;
2. des "*commoners*" (les citoyens), une plus grande partie de la population entre naissance et décès (la distinction originale de *HANDY* entre élites et citoyens permet l'intégration de l'inégalité économique des membres d'une société.) ;
3. de la "*nature*" (la nature), les ressources de l'environnement entre régénération et épuisement ;
4. de la "*wealth*" (la richesse) de la société déterminée par le "surplus accumulé" ou la quantité globale de richesse accumulée (matière, énergie, information), déterminée en termes de consommation, entre production et épuisement.

Ils ajoutent la mesure de la "*carrying capacity*" (la charge admissible), c'est-à-dire "le niveau de la population que les ressources d'un environnement particulier peuvent soutenir sur le long terme", dont l'estimation est un moyen pratique pour détecter les effondrements.

Deux caractéristiques distinctes apparaissant dans toutes les sociétés qui se sont effondrées dans l'histoire sont modélisées :

1. "l'érosion des ressources en raison de la pression exercée sur la charge admissible" ;
2. "la stratification économique de la société" entre les élites et les citoyens.

Sur base de leur modèle, ces chercheurs montrent trois scénarios : (1) société égalitaire (tout le monde travaille et les richesses sont partagées entre tous), (2) société équitable (tout le monde ne travaille pas, mais les richesses sont partagées entre tous), (3) société inégalitaire (tout le monde ne travaille pas et les richesses ne sont pas partagées avec tous).

Le scénario le plus proche de notre situation contemporaine est celui d'une société inégalitaire qui épuise la nature (*cf.* figure 7). Dans ce cas, un épuisement de la nature provoque une baisse de richesse, suivie d'une baisse de la population des citoyens et, enfin, des élites. Ce type de scénario caractérisé par "une trop grande exploitation des ressources" et "de trop grandes inégalités" mène à un type d'effondrement complet pouvant être irréversible. Selon eux, "une forte stratification sociale rend difficilement évitable un effondrement de civilisation" et, pour éviter cette issue, il faudrait : (1) réduire les inégalités économiques ; (2) maintenir la démographie en-dessous d'un niveau critique.

Le modèle *HANDY* permettrait une meilleure compréhension des cycles historiques de croissance-effondrement dans les interactions entre l'être humain et son écosystème. Ces oscillations présentes dans le modèle proie-prédateur sont courantes dans les systèmes naturels. Par ailleurs, "les cycles séculaires – oscillations sociopolitiques et démographiques de très longue durée (plusieurs siècles) – sont la règle plutôt que l'exception dans les grands états et empires agraires" (Turchin & Nefedov, 2009).

⁶ De manière schématique, dans un écosystème, lorsque la population des proies augmente, celle des prédateurs augmente également. Après un écart de temps, l'augmentation de la population des prédateurs entraîne la diminution de celle des proies, ce qui entraîne à terme la diminution de celle des prédateurs qui n'ont plus assez de nourriture. Ensuite, le cycle redémarre puisqu'avec une faible population de prédateurs, celle des proies augmente rapidement. Une succession de plusieurs cycles peut être représentée par deux sinusoïdes de populations légèrement décalées qui alternent des périodes de croissances et de déclin.

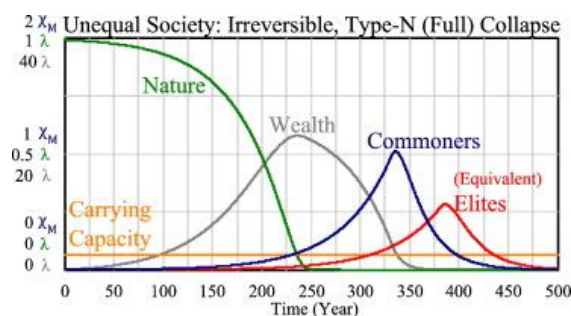


Fig.7 – Scénario de société inégalitaire : effondrement irréversible de type-N⁷ : un effondrement soudain et complet lié à la fois à la sur-exploitation des ressources et aux inégalités (Adapté d'après Motesharrei, Rivas & Kalnay, 2014, fig.6b, p.98).

À partir de toutes ces études historiques et de ces modélisations d'effondrements de sociétés, anciennes ou projetées, une nouvelle science a été définie de manière controversée : la "collapsologie". Présentée par ses créateurs – les chercheurs français Pablo Servigne et Raphaël Stevens (2015) – avec "une certaine autodérision", elle serait un "exercice transdisciplinaire d'étude de l'effondrement de la civilisation industrielle et de ce qui pourrait lui succéder, en s'appuyant sur la raison, l'intuition et des travaux scientifiques reconnus". La collapsologie s'appuie sur une méthode systémique et elle prend racine dans différents travaux qui étudient l'effondrement en tant que processus complexe, non-linéaire, ponctué par des périodes de stabilité et d'instabilité. Ainsi, ils prennent notamment appui sur le Rapport Meadows (1972), les résultats de l'International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) (Crutzen & Stoermer, 2000) et les recherches menées par le chimiste américain Will Steffen *et al.* (2015). Ces recherches convergent avec celles de la *Global History*, comme dans les travaux de Laurent Testot (2017). Selon Pablo Servigne et Raphaël Stevens (2015), l'expression "effondrement de la civilisation industrielle" véhicule trois clichés : un retour à la barbarie après la fin des institutions, un grand vide comme dans l'imaginaire collectif de l'apocalypse religieuse, un événement brutal qui tomberait d'un coup sur l'ensemble de la société. Mais selon eux, une définition "plus adaptée à notre temps" de l'effondrement pourrait être celle du politicien français Yves Cochet (2011) : "le processus à l'issue duquel les besoins de base (eau, alimentation, logement, habillement, énergie...) ne sont plus fournis [à un coût raisonnable] à une majorité de la population par des services encadrés par la loi".

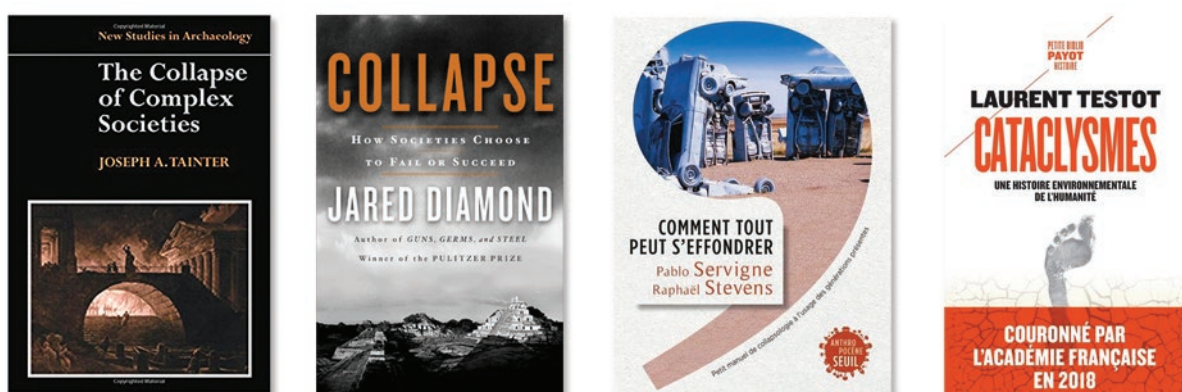


Fig.8 – Premières de couvertures emblématiques (Tainter, 1988 ; Diamond, 2005 ; Servigne & Stevens, 2015 ; Testot, 2017).

CONCLUSIONS

Galvanisé par les effets du processus global d'hominisation lui laissant croire que son espèce est en mesure de dominer impunément le monde, l'"*homo* doublement *sapiens*" (Claeys, 2017) semble

⁷ En paramétrant le modèle *HANDY* à l'aide de deux types de scénarios, il produit deux types d'effondrement : le "type L" (la disparition du travail) et le "type N" (l'épuisement de la nature).

oublier que – outre sa santé mentale et son insertion dans un système socioculturel – la qualité de l'environnement est la principale condition de sa survie. Par ailleurs, toutes les études de l'effondrement des sociétés passées pointent deux causes principales à cette issue funeste : l'exploitation excessive des ressources de l'environnement et la stratification abusive de la société. Quelle que soit l'époque, l'impératif de la protection environnementale et la justice sociale par la réduction des inégalités sont deux des enjeux les plus importants dont il faut rendre les exigences compatibles sous peine de voir s'effondrer toute construction sociétale. Or, en pleine ère de la capitalocène, notre société contemporaine repose sur un modèle socioéconomique exploitant sans relâche la biocapacité planétaire et amplifiant à l'extrême les inégalités sociales. De là, l'hypothèse d'un effondrement probable de nos sociétés paraît pertinente !

Toutefois, alors qu'il semblait encore impossible à mettre en œuvre à la fin du XX^e siècle, un changement de paradigme pourrait finalement émerger. Des transitions s'opèrent dans les comportements et les pensées des membres de nos sociétés : de la croissance à la décroissance, de l'établissement de structures statiques à la modélisation de systèmes dynamiques, de la responsabilité face à ses propres actions à la soutenabilité pour les générations futures, de la dénonciation de l'anthropocène à celle de la capitalocène, des recherches historiques sur l'effondrement des sociétés à la conception de modèles pour en détecter les signes avant-coureur...

Face aux multiples constats alarmants annonçant un effondrement imminent de nos sociétés, les réactions les plus courantes sont le doute (ces données sont fausses, donc je ne change rien à mes habitudes), le déni (ces données n'existent pas) ou la résignation (je n'ai personnellement aucun poids, donc je ne fais rien). Pourtant cette situation angoissante peut être vue autrement : l'approche supposée de la fin du monde devrait être suffisamment stimulante pour pousser l'humanité à modifier en profondeur son organisation actuelle.

Bien que les modèles théoriques d'évolution des sociétés menacées d'effondrement présentés ici soient réducteurs et/ou trop complexes et qu'assimiler la collapsologie à une nouvelle science relève partiellement du bluff scientifique sachant que la fin du monde exercera toujours une fascination sur le public, toutes ces initiatives sont autant de d'outils théoriques et pratiques pour envisager différemment notre rapport au monde. Par ailleurs, la pensée systémique contribue largement à l'émergence de ce type de recherches.

Le mot latin *humanus* (humain, cultivé, civilisé) serait issu à la fois de l'*humus* (la terre, le sol, le terrain) – proche de *humilis* (qui est au sol, humble, soumis) – et de la *mens* (l'intelligence, la mémoire, la pensée). À la croisée de la matière et de l'esprit, l'homme sort littéralement de la terre pour émerger par la pensée. Or, pour faire honneur à l'étymologie du mot que le désigne, l'être humain doit aujourd'hui mobiliser toutes ses capacités cognitives pour rencontrer les obligations contractuelles qui le lient à Gaïa.

RÉFÉRENCES

- ASSOGHA, Yao (1979). "Ivan Illich : Essai de synthèse". *Critères*, Montréal, n°26, pp.217-235.
- BERTALANFFY, Ludwig (von) (1968). *Théorie générale des systèmes*. Trad. Chabrol J.-B. [*General System Theory*]. New York: Georges Braziller]. Paris : Dunod, éd.1993.
- BOULTER, Michael (2002). *Extinction: Evolution and the End of Man*. New York: Columbia University Press.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem (dir.) (1987). *Notre avenir à tous*. Trad. Luc Gagnon & Harvey L. Mead [*Our Common Future World*]. Report of the World Commission on Environment and Development, The United Nations (UN). Montréal : Fleuve, éd.1989.
- CLAEYS, Damien (2017). "Pour une co-conception écosystémique de l'architecture à l'ère de l'anthropocène". Roose, Marie-Clotilde (dir.) (2019). *Penser à partir de l'architecture : Poétique, technique, éthique*. Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain, pp.279-308.
- CLAEYS, Damien & LAMBERT, Claude (2018). "La chute des géants : De la crise à l'émergence". *Acta Europeana Systemica* (AES), n°8, pp.395-412.

- COCHET, Yves (2011). "L'effondrement, catabolique ou catastrophique ?". *Institut Momentum*, Séminaire du 27 mai 2011.
- CRUTZEN, Paul J. (2002). "Geology of mankind – The Anthropocene". *Nature*, vol.415, n°3, p.23.
- CRUTZEN, Paul J. & STOEMER, Eugène (2000). "The 'Anthropocene' ". *Global Change Newsletter*, n°41, pp. 17-18. [The International Geosphere–Biosphere Programme (IGBP): A Study of Global Change of the International Council for Science (ICSU).]
- DESCARTES, René (1637). *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences*. Paris : Hachette (coll. Poche), éd.2000.
- DIAMOND, Jared (2005). *Effondrement : Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*. Trad. Agnès Botz & Jean-Luc Fidel [*Collapse: How Societies Choose to Fail ou Succeed*. New York: Penguin Books]. Paris : Gallimard (coll. Folio essais), éd.2006.
- DION, Cyril & LAURENT, Mélanie (2015). *Demain : Partout dans le monde, des solutions existent*. Move Movie, France 2 cinéma, Mars films, Mely Production.
- FENNER, Franck J. (2010). "Frank Fenner sees no hope for humans". Interview accordée à *The Australian*, le 16 juin 2010.
- FORRESTER, Jay W. (1971). *World Dynamics*. Cambridge, MA: Wright-Allen Press.
- FORRESTER, Jay W. (1969). *Urban Dynamics*. Waltham, MA: Pegasus Communications.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas (1979). *Demain la décroissance : Entropie, écologie, économie*. Trad. Jacques Grinevald & Ivo Rens. Lausanne : Pierre-Marcel Favre.
- HAMILTON, Clive & GRINEVALD, Jacques (2015). " Was the Anthropocene anticipated?". *The Anthropocene Review*, vol.2, n°1, pp.59-72.
- HOBBSAWM, Eric J. (1975). *The Age of Capital: 1848-1875*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- HOPKINS, Rob (2008). *Manuel de Transition : De la dépendance au pétrole à la résilience locale*. Trad. Michel Durand [*The Transition Handbook: From Oil Dependency to Local Resilience*. Chelsea Green Publishing]. Paris : Éditions Écosociété (coll. Guides pratiques), éd.2010.
- ILLICH, Ivan (1973). *La Convivialité*. Paris : Seuil.
- JACQUARD, Albert (2004). *Tentatives de lucidité*. Paris : Stock.
- JONAS, Hans (1973). *Le principe responsabilité : Une éthique pour la civilisation technologique*. Trad. Jean Greisch [*Das princip verantwortung*. Insel Verlag]. Paris : Flammarion (coll. Champs), éd.2013.
- LEOPOLD, Aldo (1949). *Almanach d'un comté des sables*. Trad. Anne Gibson [*A Sand County Almanac*. London: Oxford University Press]. Paris : Aubier, éd.1995.
- LEWIS, S. L. & MASLIN, M. A. (2015). "Defining the Anthropocene". *Nature*, n°519, pp.171-180.
- LOCKE, John (1690). *Traité du Gouvernement Civil*. Trad. David Mazel [*Two Treatises of Government*. London: Awnsham Churchill]. Paris : Flammarion (coll. Garnier Flammarion), éd.1999.
- MALM, Andreas (2016). *Fossil Capital: The Rise of Steam Power and the Roots of Global Warming*. London: Verso Books.
- MARSH, George P. (1864). *Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action*. New York: Charles Scribner, 2^e édition augmentée en 1885.
- MATURANA, Humberto R. & VARELA, Francisco J. (1972). "Autopoiesis: The Organization of the Living". Trad. Maturana H.R. [*De Máquinas y Seres Vivos*]. *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, éd.1980, pp.59-138.
- MEADOWS, Dennis L. (2013). "Il est trop tard pour le développement durable". SINAÏ, Agnès (dir.) (2013). *Penser la décroissance : Politiques de l'anthropocène*. Les presses de Science-Po (coll. Nouveaux débats), pp.195-210.

- MEADOWS, Donella H., MEADOWS, Dennis L., RANDERS, Jørgen (2004). *Les limites à la croissance (dans un monde fini) : Le Rapport Meadows, 30 ans après*. Trad. Agnès El Kaïm [*The Limits to Growth: the 30-Year Update*. New York: Universe Books]. Paris : Fayard.
- MEADOWS, Donella H., MEADOWS, Dennis L., RANDERS, Jørgen & BEHRENS III, W. W. (1972). *Halte à la croissance ?* Trad. Jacques Delaunay [*The Limits to Growth: A report for The Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books]. Paris : Fayard.
- MORIN, Edgar (1973). *Le paradigme perdu : La nature humaine*. Paris : Seuil (coll. Points).
- MORIN, Edgar (2001). *La méthode 5 : L'humanité de l'humanité. L'identité humaine*. Paris : Seuil (coll. Points).
- MORIN, Edgar (2011). *La Voie : Pour l'avenir de l'humanité*. Paris : Fayard (coll. Sciences humaines).
- MOTESHARREI, Safa, RIVAS, Jorge, KALNAY, Eugenia (2014). "Human and nature dynamics (HANDY): Modeling inequality and use of resources in the collapse or sustainability of societies". *Ecological Economics*, vol.101, mai 2014, pp.90-102.
- ORLOV, Dmitry (2013). *Les cinq stades de l'effondrement*. Trad. Tancrede Bastié [*The Five Stages of Collapse: Survivors' Toolkit*. New Society Publishers]. Le Retour aux Sources, éd.2016.
- REGGIO, Godfrey (1982). *Koyaanisqatsi: Life Out of Balance*. IRE Productions, Santa Fe Institute for Regional Education.
- REVKIN, Andrew C. (1992). *Global Warming: Understanding the Forecast*. New York: Abbeville Press.
- ROUSSEAU, Jean-Jacques (1762). *Du contrat social ou Principes du droit politique*. Amsterdam : Marc Michel Rey.
- SADIN, Éric (2016). *La silicolonisation du monde : L'irrésistible expansion du libéralisme numérique*. Montreuil : L'échappée (coll. Pour en finir avec).
- SERVIGNE, Pablo & STEVENS, Raphaël (2015). *Comment tout peut s'effondrer : Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*. Paris : Seuil (coll. Anthropocène).
- SMITH, Adam (1759). *Théorie des sentiments moraux*. Trad. Michaël Biziou, Claude Gautier et Jean-François Pradeau [*The Theory of Moral Sentiments*. London]. Paris : PUF (coll. Quadrige), éd.2014.
- STEFFEN, Will, SANDERSON Angelina, TYSON, Peter D. *et al.* (2004). *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*. The IGBP Book Series. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- STEFFEN, Will *et al.* [Broadgate, Wendy, Deutsch, Lisa, Gaffney, Owen, Ludwig, Cornelia] (2015a). "The Trajectory of the Anthropocène: The Great Acceleration". *The Anthropocène Review*, vol.2, n°1, pp.81-98.
- STEFFEN, Will *et al.* (2015b). "Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet". *Science*, vol.347, n°6223, pp.736-746.
- STOPPANI, A (1873). *Corso di Geologia: vol. II, Geologia stratigrafica*. Milano: G. Bernardoni E. G. Brigola.
- TAINTER, Joseph A. (1988). *L'Effondrement des sociétés complexes*. Trad. Jean-François Goulon [*The Collapse of Complex Societies*. Cambridge University Press]. La Fenderie : Le Retour aux sources, éd.2013.
- TANSLEY, Arthur G. (1935). "The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms". *Ecology*, vol.16, n°3, pp.284-307.
- TESTOT, Laurent (2017). *Cataclysmes : Une histoire environnementale de l'humanité*. Paris : Payot & Rivages.
- TEILHARD DE CHARDIN, Pierre (1955). *Le phénomène humain*. Paris : Seuil, éd.2007.
- TURCHIN, Peter & NEFEDOV, Sergey A. (2009). *Secular Cycles*. Princeton University Press.

TURNER, Graham. M. (2012). "On the cusp of global collapse? Updated comparison of the Limits to Growth with historical data". *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, vol.21, n°2, pp.116-124.

VERNADSKI, Vladimir I. (1926). *La Biosphère*. Trad. depuis le russe [Biosfera. Leningrad]. Paris : Librairie Félix Alcan, éd.1929.

VERNADSKI, Vladimir I. (1945). "The Biosphere and the Noosphere". *American Scientist*, vol.33, n°1, pp.1-12.

LES RESSOURCES DE LA RÉSILIENCE POUR NAVIGUER EN EAUX TROUBLES

Author(s) / Auteur(s) :

Guy KONINCKX
Senior Consultant
G.I.R.O.S. et C.I.R.E.R.O.
Guy.koninckx@skynet.be

Abstract / Résumé :

L'adversité teinte la trame de nos quotidiens et la résilience fait partie de l'histoire de l'humanité. Bien que le concept de "résilience" trouve son origine en physique son utilisation est déclinée dans bien des disciplines. La définition initiale nous ouvre à ses propriétés. L'utilisation du concept est plus récente, la dimension de rebond est généralement retenue dans des scénarios de transitions. Devenue multiforme, elle s'observe dans les systèmes humains et non humains, a été transposée dans bien des domaines. Étudiée dans les systèmes humains la résilience peut être considérée de plusieurs manières : un processus, une ressource, une capacité que ce soit au niveau individuel, d'une équipe ou d'une organisation. Parmi les acteurs, pointons les tuteurs de résilience, des tisseurs de liens et porteurs de sens. Un acteur particulier le "toxic handler".

La capacité de résilience entre en action dans des contextes déstabilisants. Elle peut se manifester dès avant la survenance d'un choc jusqu'au rebond. C'est ce qui nous permet d'identifier un cycle, d'aborder la temporalité du rebond.

Au niveau du système, des stratégies d'homéostasie et de rupture peuvent être retenues, avant, pendant et après les événements fragilisants voire traumatisants. De plus, des approches préventives et/ou curatives, précieuses dans des situations complexes, colorent en quelque sorte l'agilité du système humain.

La structure du système constitue un ingrédient de base pour la résilience. Les systèmes opérants disposent de ressources plus importantes que les systèmes non opérants. Certaines conditions sont favorables à l'émergence de la résilience quel que soit le type : résilience de type 1 ou de type 2. L'enjeu consiste à pratiquer et à développer cette capacité, jamais acquise une fois pour toute, au sein des systèmes en vue d'affronter des scénarios méconnus et complexes et donc leur apprendre à évoluer dans la confusion.

Keywords / Mots-clés :

crises, cycle de vie, types de résiliences, rebond, temporalité, acteurs clés, toxic handler

INTRODUCTION

Aborder la résilience comme une ressource revient à la considérer comme un ensemble de moyens dont peut disposer une personne, une équipe, une organisation ou un collectif. A partir du moment où une organisation navigue en eaux troubles s'amorce un questionnement pour affronter la situation. Dans pareilles circonstances, il n'est pas rare de réaliser que certaines de ses ressources sont ignorées ou sous-estimées. Différents contextes qu'ils soient sociaux, économiques, financiers, environnementaux, climatiques sont à prendre en compte par le système. Des facteurs de résilience peuvent se retrouver dans les parcours individuels et organisationnels. Leurs parcours évoluent dans le temps et sont émaillés d'un éventail de situations tantôt stimulantes tantôt menaçantes. Aux événements inquiétants succèdent des événements rassurants et la confusion relaye la clarté. L'enjeu consiste à explorer la résilience organisationnelle en vue d'identifier les éléments favorables à évoluer en "eaux troubles". Evoluer dans des contextes tissés d'incertitudes relève du quotidien des systèmes humains. Leur défi revient à développer avec agilité les compétences activant les capacités de rebond.

COMMENT DÉFINIR LA RÉSILIENCE ORGANISATIONNELLE ?

La résilience considérée comme capacité de rebondir dans des circonstances déstabilisantes remonte à la nuit des temps. Elle fait partie du quotidien. Initialement, le concept a été utilisé en physique avant d'être décliné dans d'autres disciplines. Un glissement sémantique a pu être observé au fil du temps.

Dans le langage courant il se limite à l'art de **rebondir**. Eviter l'effondrement et retrouver son équilibre revient à privilégier des comportements de type homéostatiques.

Sans conteste, la définition de la physique pour qui la résilience s'exprime en joules par cm et caractérise la **résistance** au choc a inspiré de multiples transpositions. La notion de rebond est absente, sauf qu'il peut en être déduit étant que le métal ploie sans rompre.

Alain Richmond (2003) définit la résilience comme étant « la capacité de retomber sur ses pieds, de garder le cap, d'assurer la pérennité d'un organisme ou d'une société, le **maintien** d'une certaine permanence dans un environnement turbulent.»

Stephane Vanistendael, Jacques Lecomte et Boris Cyrulnik (2000) adoptent une définition transversale : "la résilience est la capacité d'une personne ou d'un groupe à **se projeter** dans l'avenir en dépit d'événements déstabilisants, de conditions de vie difficiles, de traumatismes parfois sévères".

La résilience concerne non seulement l'individu, elle peut tout aussi bien toucher un groupe voire une collectivité. L'évocation d'événements pointe la dimension contextuelle qui à son tour évolue avec le temps.

Qu'en est-il au niveau organisationnel, au niveau d'un système ?

Gilles Teneau et Guy Koninckx (2016) définissent la résilience organisationnelle en tant que capacité d'un système (constitué d'individus travaillant dans une organisation), confronté à des événements fragilisant et déstabilisant, voire catastrophiques, de mobiliser ses ressources en vue de **rester en lien** avec sa finalité et **se projeter** dans son futur, en privilégiant l'un des trois scénarios possibles :

1. Mettre en place les conditions favorables au processus de résilience avant la crise et sans objectif particulier ;
2. Maintenir son activité dans des limites acceptables ;
3. Se redéployer dans des activités d'une autre nature.

De ces définitions retenons quelques éléments clés à savoir les actions de : rebondir, résister, maintenir, rester en lien, se projeter. Voici quelques balises essentielles pour naviguer en eaux troubles.

UNE BOUSSOLE : LE SENS

Rester en lien avec sa finalité et se projeter dans son futur constituent un élément fondamental pour créer du sens et déjouer les non-sens. Cette démarche contribue en quelque sorte à l'écologie du système. Les eaux troubles des vécus organisationnels apparaissent dans un environnement pétri de transitions organisationnelles, de restructurations, de fusions ou de crises. Les membres du système se voient ébranlés à des degrés divers. C'est un moment particulièrement propice à l'apparition de différentes formes de démobilisations ; elles fragilisent le système.

Veiller à la fonctionnalité du système demande une vigilance particulière en des temps incertains. Il est utile de la considérer comme un élément nécessaire mais non suffisant. Bénédicte Vidaillet (2003) en souligne l'importance : "Plus les individus sont en mesure de considérer et d'accepter des événements inattendus, plus leur champ de perception devient large et plus ils sont collectivement vigilants et préparés à faire face à l'imprévisible". Les principales variables de la vigilance collective sont le développement de procédures formelles et informelles de détection et d'anticipation des erreurs, le maintien d'une diversité analytique destinée à élargir les répertoires d'interprétation possibles des informations, une sensibilité accrue aux contextes opérationnels, une capacité à desserrer les liens hiérarchiques pour permettre une fluidité de l'expertise lorsqu'elle est nécessaire et urgente.

Dans la mesure où les contextes organisationnels sont de plus en plus imprévisibles il appartient à l'organisation de développer des capacités spécifiques au sein du système. Apprendre à évoluer, à s'adapter, à muter sont loin d'être superflus dans des contextes entortillés dans les bouleversements.

Karl Weick (2003) considère la conscience collective comme un processus dans le cadre duquel il y a lieu de stimuler une disposition à agir collectivement avec vigilance. Pour ce faire le système doit être en capacité d'améliorer voire de changer de structures. Un élément clé qu'il retient : pour être un système fiable il faut un système flexible. La conscience collective ainsi que la vigilance font partie du fonctionnement du système et sont assurés par des membres. A titre préventif l'organisation peut prévoir des rôles tels que le parrainage, le mentorat, le tutorat, le coaching dans le but d'accompagner un membre, de fournir du soutien pendant une période déterminée.

LES ACTEURS DE LA RÉSILIENCE : DES PASSEURS

Nous venons d'évoquer les rôles prévus ou à prévoir par l'organisation formelle. Ils ne sont pas nécessairement les plus signifiants. Une personne jugée "signifiante" par celui qui traverse une situation traumatisante est considérée être "tuteur de résilience". A ce titre ils peuvent être désignés ou l'être de fait, spontanés, choisis, méconnus ou potentiels. Le tuteur désigné n'est pas automatiquement le tuteur effectif car l'élément signifiant est essentiel. De plus, il apparaît que les acteurs de la résilience ne sont pas automatiquement des membres du système. Certains évoluent à l'extérieur du système.

Boris Cyrulnik (2001) souligne l'importance du tuteur de résilience à propos des facteurs de résilience : "En tête vient la rencontre avec une personne signifiante. Parfois une seule a suffi, une institutrice qui en une phrase a redonné l'espoir à l'enfant, un moniteur de sport qui lui a fait comprendre que les relations humaines pouvaient être faciles, un prêtre qui a transfiguré la souffrance en transcendance, un jardinier, un comédien, un écrivain, un quidam ont donné corps à la simple signification : 'il est possible de s'en sortir'. Tout ce qui a permis de renouer le lien social a permis de remanier l'image que le blessé se faisait de lui-même."

Relevons trois actions majeures des tuteurs de résilience auprès des membres du système qui jouent un rôle de "passeur".

- Propager le sens ;
- Procurer les éléments pour traverser les phases de bouleversement ;
- Pourvoir aux interfaces pour assurer la cohérence au sein de l'organisation ;

Quoi qu'il en soit c'est par le lien que la personne émerge, se construit, existe, tisse son identité individuelle et collective. Ce n'est pas dans l'isolement que le processus de reconstruction opère.

Aussi, nous parlons de parcours de la résilience. Celui-ci comprend de multiples processus variables selon les situations, le contexte, l'environnement.

Au sein d'un système il y a des membres qui contribuent à créer l'émergence des conditions favorables de résilience. En quelque sorte, ils contribuent à l'autopoïèse de l'organisation étant donné qu'ils participent à la production ou à la transformation des autres tout en continuant de participer à sa propre production. Relevons le rôle particulier d'un acteur : celui du toxic handler : porteur de souffrance.

Gilles Teneau (Teneau & Lemoigne, 2019) distingue trois types de toxic handler appelés générateurs de bienveillance. Il s'agit du porteur de confiance, type 1, du porteur de souffrance, type 2 et du porteur de compassion, type 3.

Globalement un toxic handler, autrement dit "un générateur de bienveillance". Lorsqu'il est présent dans l'organisation, il peut libérer les énergies individuelles de ses collègues et collaborateurs grâce à la mise en œuvre de ses qualités. En cas de crise, il peut se révéler être un facilitateur de la résilience organisationnelle.»

"Il se voit assigner ce rôle par des collègues qui se tournent vers lui, parce que ce sont des personnes dignes de confiance, calmes, et qui ne porteront pas de jugements." (Teneau & Koninckx, 2010)

Il veille à déjouer une détérioration du climat de travail.

Loin d'être gourou il peut être vu comme "ressource rare" du système dans la mesure où naturellement il s'investit pour faire écho aux souffrances engendrées par des situations troublantes. Pour être considérée comme une ressource, elle se doit d'être créatrice de valeur pour l'organisation en valorisant la balance des menaces et des opportunités.

NAVIGUER EN EAUX TROUBLES

A l'origine d'eaux troubles nous repérons des éléments internes ainsi qu'externes au système, les deux étant étroitement liés. L'évolution des contextes amènent les organisations à se repositionner. Le repositionnement amène son lot de changements, qu'il s'agisse d'adaptations ou de mutations. A titre d'exemples citons quelques exemples suscitant des questionnements au sein du système : l'introduction de nouvelles méthodes de travail, les modifications d'horaires de travail, le travail à domicile, la reconfiguration ou la fusion d'équipes, la réduction de niveaux hiérarchiques, le changement de partenaires sociaux, la délocalisation d'activités, l'arrivée de nouveaux concurrents, la suppression de produits, l'arrivée de nouveaux dirigeants, le transfert d'activité vers une filiale, les changements politiques tels la perspective du brexit, le changement de normes pour l'octroi de subsides, l'évolution de burn-out, les restructurations parfois nécessaires pour l'évolution et la survie de l'organisation sont autant de situations bousculant les équipes et le système. Aussi des comportements de confusion ou de peur impactent les interactions au sein du système. Des relations toxiques voient-elles le jour ? Le système demeure-il fonctionnel ou bascule-t-il vers le dysfonctionnel ?

Les eaux troubles charrient des situations confuses. Elles sont de nature à fragiliser ou troubler le système, les sous-systèmes ou les membres au risque de perdre de vue non seulement leurs priorités mais encore leur finalité ainsi que leurs objectifs.

De manière quelque peu paradoxale, interrogeons-nous un instant. N'est-ce pas comme si la situation doit être suffisamment critique pour que les personnes soient preneuses de changement. De menace ne devient-elle pas une opportunité ? Serait-elle source de métamorphose ou de renouvellement ?

LES PARCOURS DU CHOC À LA RÉSILIENCE ORGANISATIONNELLE

Dans un registre sociologique, Julien Freund (1976) définit la crise en ces termes : "une situation collective caractérisée par des contradictions et ruptures, grosse de tensions et de désaccords, qui rendent les individus et les groupes hésitants sur la ligne de conduite à tenir, parce que les règles et les institutions ordinaires restent en retrait ou sont même parfois déphasées par rapport aux possibilités nouvelles qu'offrent les intérêts et les idées qui surgissent du changement, sans que l'on puisse cependant se prononcer clairement sur la justesse et l'efficacité des voies nouvelles". Au cours de cette phase caractérisée par sa soudaineté et son imprévisibilité, bien qu'il y ait parfois des signes annonciateurs, les repères des individus sont concernés au point d'affecter le sens ainsi que l'efficacité. L'intensité et le caractère inattendu accentuent le risque de la perte de sens.

Différents scénarios amènent l'organisation à naviguer en eaux troubles. Des événements déstabilisants semant confusion et désarroi se trouvent à la source de la survenance des chocs.

Au niveau du fonctionnement du système on peut observer des manifestations de perturbations sans toutefois être apparentes : il s'agit de "signaux faibles". Au fil du temps elles prennent de l'ampleur et une prise de conscience de la menace se précise. Une phase de gestation précède la crise et survient le choc. Les équipes se referment ou se murent au point de dénier ce qui se profile. Soit les membres du système perdent leurs repères et une phase de déconstruction prend le pas, soit ils se mobilisent pour affronter la situation de crise et d'autres perspectives voient le jour. Des similitudes avec la courbe du deuil d'Elisabeth Kubler Ross, reprises ci-dessous sont éclairantes. Elle nous permet d'appréhender l'itinéraire des systèmes confrontés à naviguer en eaux troubles, nous éclaire sur les scénarios en situation de déconstruction de sens afin de limiter la probabilité d'effondrement. Elle munit préventivement les membres de ressources pour affronter les événements déstabilisants, les

turbulences et les chocs qui tissent le quotidien des organisations humaines : systèmes, sous-systèmes et membres.

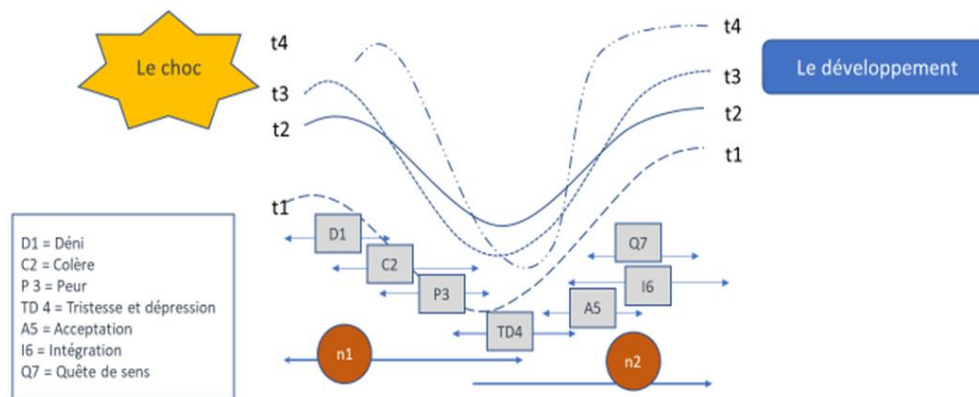


Figure 1 Les parcours du choc à la résilience organisationnelle

Différents parcours de résilience organisationnelle sont représentés.

Les courbes t1, t2, t3, t4 représentent différents parcours de sous-systèmes ou de membres au sein d'un système confronté à un choc, à un contexte déstabilisant.

Le fléchissement des courbes s'inscrit dans le temps et leur amplitude renseigne sur la durée du parcours. Des trajectoires de durées différentes sont constatées ; t1, ... à t4 représentent le parcours d'un sous-système voire d'un membre. Force est de constater que sous l'effet d'un même événement, différents comportements sont observés : les sous-systèmes (t1 à t4) sont concernés à des moments différents.

A titre d'exemple t4 se trouve non seulement impacté après t1 mais sa traversée des différentes étapes s'effectue à une autre allure que t1 ; la phase de reconstruction est plus courte et rapide que les parcours de t1, t2 et t3.

Quelle que soit l'allure des courbes nous identifions deux périodes clés. Au temps de déconstruction (n1) caractérisé par le déni, la colère, la peur, voire la peur et la dépression succède un temps de reconstruction (n2) caractérisé par l'acceptation, l'intégration, la quête de sens et le redéploiement des équipes.

LA TEMPORALITÉ DU REBOND

La résilience, processus s'inscrit dans le temps. On peut parler d'un avant, d'un pendant et d'un après les éléments déstabilisants, les signes précurseurs, les manifestations de la crise et la crise en tant que telle sans perdre de vue l'après crise un temps de consolidation.

LES FORMES DE RÉSILIENCE ORGANISATIONNELLE

Reprenons notre définition de la résilience organisationnelle vue comme la capacité d'un système (constitué d'individus travaillant dans une organisation), confronté à des événements fragilisant et déstabilisant, voire catastrophiques, de mobiliser ses ressources en vue de rester en lien avec sa finalité et se projeter dans son futur. Elle précède le changement. Trois formes sont à retenir : l'effondrement, la résilience de type 1 et la résilience de type 2 (Freund, 1976).

L'effondrement ou forme 1

Dans la mesure où la phase de perte de repères et de sens s'implante, l'absence de rebond se profile. L'énergie fait défaut et le déficit de ressources se solde progressivement par une rupture.

La résilience de type 1 – Forme 2

C'est l'expression des aptitudes à mobiliser les énergies nécessaires pour retrouver un état d'équilibre antérieur au choc et ce dans des limites acceptables. La perspective temporelle est constituée du présent et du passé, malgré l'absence de préparation avant la crise. C'est vivre avec le choc tout en évoluant dans des limites acceptables pour l'organisation.

La résilience de type 2 – Forme 3

La résilience de type 2 exprime les aptitudes à mobiliser les énergies nécessaires pour passer la crise et trouver un nouvel équilibre en rupture avec la situation antérieure. Une préparation des conditions de résilience mises en place pendant la phase qui précède les événements traumatiques facilite la traversée. Dans un premier temps elle vit avec le choc dans des limites acceptables avant de réaliser une bifurcation ou une rupture avec le passé. La résilience de type 2 s'inscrit dans le présent et l'avenir.

La résilience est l'aptitude à libérer l'énergie nécessaire pour amorcer le processus de changement 1 ou de changement 2 identifiés par l'école de Paolo Alto (Watzlavick, Weakland & Fisch, 1975). En ce sens, la résilience constitue une condition nécessaire aux processus de changement.

DES CONDITIONS FAVORABLES À L'ÉMERGENCE DE LA RÉSILIENCE ORGANISATIONNELLE

Sans être exhaustif nous reprenons quelques points d'attention favorables à l'émergence de la résilience. La plupart des comportements répertoriés découlent des caractéristiques des systèmes fonctionnels du modèle du "giroscopio" développé par Andrée Piecq (2011). Le point commun entre ces comportements c'est l'action et ce qui les caractérise c'est la dynamique qu'ils initient au sein d'un système.

- Préciser les orientations générales, les buts et les objectifs ;
- Définir et clarifier les missions, rôles et fonctions ;
- Expliciter et clarifier le sens et le non-sens ;
- Expliciter les règles de fonctionnement et les actualiser ;
- Activer la circulation de l'information interne et externe ;
- Pratiquer et stimuler l'usage des rétroactions. ;
- Apprendre à fonctionner avec des séquences de stabilité et de changements ;
- Prendre appui sur les réussites ;
- Accepter l'expression d'émotions ;
- Développer des interactions basées sur l'intelligence émotionnelle ;
- Reconnaître les différences des membres comme ressource ;
- Prévoir des temps et des lieux de parole ;
- Valoriser l'autonomisation des personnes et des départements ;

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Développer la vigilance collective constitue une action à entreprendre, à stimuler et à entretenir pour faire face aux turbulences internes et externes du système.

L'évaluation du fonctionnement du système donne accès à des informations précieuses. Elle met en évidence non seulement les fragilités du système mais informe sur les cohérence et incohérences présentes dans l'organisation. Indirectement elle permet de pointer les gaspillages d'énergie.

La résilience ne se prépare pas dans l'isolement. Elle se construit par et dans les liens. L'activation des liens ressource les équipes et active les interactions.

Des relations écologiques constituent une base pour le déploiement de la résilience organisationnelle au sein du système. De manière imagée parlons de relations 'anthropogènes' plutôt qu' 'anthropophage'.

Les contextes du système évoluant, il en résulte la nécessité d'actualiser régulièrement les capacités de rebond du système.

Le toxic handler, porteur de souffrance, générateur de bienveillance constitue une ressource rare pour le système.

L'agilité du système humain est une ressource pour évoluer dans un environnement tissé d'incertitudes.

La résilience est une ressource pour naviguer en eaux troubles, en temps incertains et méconnus.

REFERENCES

- CYRULNICK, B. (2001). *Les vilains petits canards*. Paris, Odile Jacob p 261
- FREUND, J. (1976). Observations sur la dynamique prolégomènes de la crise du conflit. Communications
- PIECQ, A. (2011). *De la pensée systémique à la pratique de l'organisation*. Paris, L'Harmattan.
- RICHMOND, C. (2003). *La Résilience économique*. Paris, Ed. d'Organisation.
- TENEAU, G & KONINCKX, G. (2016). « Comprendre la résilience organisationnelle ». Odile Jacob, IONESCU, S. *Résilience Ressemblance dans la diversité*.
- TENEAU, G. & KONINCKX, G. (2010). *Résilience organisationnelle – Rebondir face aux turbulences*. Bruxelles, Ed. De Boeck.
- TENEAU, G. & LEMOINE, G. (2019). *Toxic Handlers Les générateurs de bienveillance*. Paris, Odile Jacob.
- VIDAILLET, B. (2003). *Le sens de l'action*. Paris, Ed. Vuibert.
- WATZLAVICK, P., WEAKLAND, J., FISCH, R. (1975). *Changements paradoxes et psychothérapies*. Paris, Éd. du Seuil.
- WEICK, K. (2003). *Le sens de l'action*. Paris, Ed. Vuiber.

FROM PHYSICS TO BIOLOGY BY EXTENDING CRITICALITY AND SYMMETRY BREAKINGS: AN UPDATE¹

Author(s) / Auteur(s) :

Giuseppe LONGO
Centre Cavaillès, République des Savoires,
CNRS et Ecole Normale Supérieure, Paris
School of Medicine, Tufts University, Boston
<http://www.di.ens.fr/users/longo/>
giuseppe.longo@ens.fr

Maël MONTÉVIL

Institut de recherche et d'Innovation, Centre Pompidou
Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques (IHPST)
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
<https://montevil.theobio.org/>
mael.montevil@gmail.com

Abstract / Résumé :

Symmetries play a major role in physics, in particular since the work by E. Noether and H. Weyl in the first half of last century. Herein, we briefly review their role by recalling how symmetry changes allow to conceptually move from classical to relativistic and quantum physics. We then introduce our ongoing theoretical analysis in biology and show that symmetries play a radically different role in this discipline, when compared to those in current physics. By this comparison, we stress that symmetries must be understood in relation to conservation and stability properties, as represented in the theories. We posit that the dynamics of biological organisms, in their various levels of organization, are not “just” processes, but permanent (extended, in our terminology) critical transitions and, thus, symmetry changes. Within the limits of a relative structural stability (or interval of viability), qualitative variability is at the core of these transitions.

Keywords / Mots-clés :

symmetries, systems biology, critical transitions, levels of organization, hidden variables, coherent structures, downward causation.

INTRODUCTION AND SUMMARY

A synthetic understanding of the notion of organism requires drawing strong correlations between different levels of organization as well as between the global structure and the local phenomena within the organism. These issues should govern any systemic view on biology. Here, we sketch an approach in which the living state of matter is interpreted as a permanent “transition”, conceived as an ongoing or *extended* and *critical* transition. A large amount of very relevant work pertaining to the Theories of Criticality in physics has been successfully applied to biology (see below). The mathematical core of these theories rests upon the idea that a “phase transition,” which can be either critical or not, may be described as a *point* along the line where the intended control parameter runs. For example, the ferromagnetic / paramagnetic transition takes place for a precise value of the temperature, the Curie temperature. Mathematically, this is expressed by the “pointwise” value of this temperature, i.e., one mathematical point in this parameter’s space. When the temperature decreases and passes through that point, the magnetic orientation organizes along one direction and magnetism appears. When the temperature increases through that point, disorder prevails and magnetism disappears. A (phase)

¹ First published as: G. Longo and M. Montévil. 2011a. “From physics to biology by extending criticality and symmetry breakings.” *Systems Biology and Cancer, Progress in Biophysics and Molecular Biology* 106 (2):340–347. issn: 0079-6107. doi:10.1016/j.pbiomolbio.2011.03.005

transition is critical when some observables, or their first or second derivatives, diverge. This corresponds to the appearance of a “coherent structure”, that is to say space and/or time correlations at all scales leading to a fractal geometry. As a result, at the transition point, the new physical object possesses a “global” structure. These ideas are relevant to the analysis of biological organisms.

In contrast to known critical transitions in physics, biological entities should not be analyzed just as transient over a point of a phase change; instead, they permanently sustain criticality over a non-zero interval and this with respect to many control parameters (time, temperature, pressure). This represents a crucial change of perspective. First, the mathematical tools used in physics for the analysis of criticality, i.e. the renormalization methods, essentially use the pointwise nature of the critical transitions. Secondly, *symmetries* and *symmetry breakings* radically change when enlarging the mathematical locus of criticality from one point to a non-zero interval. These symmetry changes make a key theoretical difference with respect to the few cases in physics where the transition seems extended (see footnote 10, below). Our approach may be seen as a move from physics to biology by an analysis of the radically different symmetries and symmetry breakings at play in their respective theoretical frames. Thus, we will mostly focus on physical vs biological criticality in terms of symmetries and then apply this method to the analysis of the difference between physical and biological “objects” as well as of physical vs biological “trajectories”.

Living entities are not “just” processes, but something more: they are lasting, *extended critical transitions*, always transient toward a continually renewed structure. In general, physical processes do not change fundamental symmetries: to the contrary, they are mostly meant to preserve them. Typically, conservation properties (of energy, of momentum) are symmetries in the equations of movement. Critical transitions are an exception to the preservation of symmetries in physics; their “extension” radically changes the understanding of what biological processes are. This perspective also proposes a possible way of overcoming a key issue in the analysis of the complexity of the living state of matter. As for the construction of physico-mathematical or computational models, it is difficult to take the global structure of an organism into consideration, with its correlations between all levels of organization and in all lengths, including the many forms of integration and regulation. Thus, the complexity of the living unity is often modeled by the stacking of many but *simple* elementary processes. Typically, these formal systems deal with many observables and parameters. Since the framework is classical in a physical sense, these variables are local, i.e. they depend on pointwise values of the intended phase space. Instead, conceptual and mathematical dependencies in biology should be dealt with as “global” ones, where variables may depend on systemic or *non-local* effects. In physics, these dependencies are a relevant aspect of critical transitions, and they are even more so in biology, where criticality is extended.

Hidden variables in biology?

In classical and relativistic physics, once the suitable “phase space” and the equations that mathematically determine the system are given, the knowledge of the pointwise position-momentum of the intended object of analysis allows to describe *in principle* the subsequent dynamics. This is “in principle” since physical measurement, which is always approximated, may produce the phenomenon of *deterministic unpredictability*, in particular in the presence of non-linear mathematical determination². Moreover, not all “forces” in the game may be known and there may be “hidden variables” (like the frictions along the trajectory of bouncing dice). Yet, these theories are deterministic and, once all pertinent variables and forces are assumed to be known, it is the *epistemic* lack of knowledge which yields classical randomness. *Per se*, a dice follows a “geodesic”. This is a unique, optimal and “critical” path, completely determined by the Hamiltonian and may be computed as an optimum of a Lagrangian functional.³ This very beautiful paradigm, which may be summarized as the

² More generally, unpredictability may appear when the dynamics is determined by an evolution function or equations that mathematically represent “rich” interactions. Non-linearity is a possible mathematical way to express them.

³ These are mathematical operators, that is, functions acting on functions that contain all known physical information concerning the energy state of the system.

“geodesic principle”, may be further grounded on *symmetries* by an analysis of conservation principles (see Bailly and Longo (2011) for a recent synthesis and references).

In order to compare this situation with other fields of physics and subsequently to biology, we refer to the pointwise or local nature of the mathematical variables. Cantorian (and Euclidian) points are *limit* conceptual constructions; that is, they are the limit of a physical access to space and time by an always approximated measurement, i.e., an “arbitrarily small” interval. Yet, their perfect theoretical “locality” makes all classical dynamics intelligible (in principle). So, if something is unknown, one expects that by adding enough observables and/or more variables with definite values at any given time, one could increase knowledge, since the values of these observables are intrinsic and independent of the context.

The situation is rather different in Quantum Mechanics. The simultaneous, perfect, pointwise knowledge of position *and* momentum (or energy *and* time) are, in principle, forbidden because indeterminacy is intrinsic to the theory. Moreover, suppose that two quanta interact and form one system and that they later separate in space. Then acquiring knowledge regarding an observable quantity by performing a measurement on one of these quanta produces an instantaneous knowledge of the value of the measurement made on the other, i.e., the two quanta are “entangled” (Einstein, Podolsky, and Rosen 1935). These features of the theory have several consequences: for instance, variables cannot always be associated to separated points and quantum randomness is intrinsic (under the form of Schrödinger equation, the “determination” gives the *probability* to obtain a value by measurement). Within this theoretical framework, quantum randomness differs from the classical one: two interacting dice which later separate obeying independent statistics, while the probability values of an observable of two previously interacting quanta are correlated. This is the so called “violation of Bell inequalities”, which has been empirically verified repeatedly since the experiments described in Aspect, Grangier, and Roger (1982). Quantum entanglement requires considering some phenomena as being “non-local” and unseparable by any physical measurement (“non-separability”).

Since the '30s, some have found this situation unsatisfactory and have searched for “hidden variables” like in the epistemic approach to randomness and determination of classical and relativistic physics. The idea is that these hidden variables corresponding to quantum mechanical observables have definite (pointwise/local) values at any given time, and that the values of those variables are intrinsic and independent of the device used to measure them. A robust result has instead shown that these assumptions contradict the fundamental fact that quantum mechanical observables need not be commutative (Kochen and Specker 1967). Moreover, even when assuming the existence of, or the need for, hidden variables, these would be “non-local” and thus, far from the pointwise/local dependence of set-theoretic variables.

The difference between the classical and quantum frameworks has the following consequence: quantum systems may have a proper systemic unity for at least two reasons. Conjugated observables (position and momentum) are “linked” by joint indetermination, and entangled quanta remain a “system”, in the sense of their non-separability by measurement⁴.

Can this perspective help us in biology? On technical grounds, surely not, or rather not yet. Perhaps, “entangled molecular phenomena” or “tunnel effects ... in the brain” may clarify fundamental issues in the future. However, theoretical ideas in Quantum Mechanics may at least inspire our attempts in systems biology, in particular by considering the methodological role of symmetries and symmetry breakings in this area of physics.

A living organism is a system. And entanglement, non locality, non-separability, superposition, whatever these concepts may mean in biology, may present themselves both at each specific level of organization and in the interactions between levels of organization. Physiological interactions among molecules, cells, tissues, organs do not simply sum each other up: they are “entangled”, “non-local”, “non-separable” ... they are “superposed” (see examples described by Noble (2006; Soto, Sonnenschein, and Miquel 2008)). Thus, the theoretical and mathematical approaches to biology cannot be based only on a continual enrichment of “local” views: mathematical models cannot work just by

⁴ Superposition should also be mentioned, see Silverman (2008).

assuming the need for more and more variables (possibly hidden to the previous models). A global view of the system and of its symmetries is required, which requires, among other, specific analysis of measurement (Montévil 2019a). In this context, the differences in symmetries and their breakings will help in clarifying and facilitating the passage from physics to biology.

SYMMETRY AND OBJECTIVATION IN PHYSICS

In Physics, objectivity is obtained by the co-constitutive use of experiments and mathematized theories. So far, however, there is little mathematics for a “theory of the biological organisms” despite the large amount of data collected and of theories proposed within specific levels of organization. These results include the geometric analysis of the fractal structures of lungs, of vascular systems, of various plant organs, of networks of neural cells, of tumor shapes, to name but a few. To make further progress towards mathematizing theories in biology, in particular towards theories of the “living object” or of the organism as a system, it would help first to understand how such a feat was achieved in physics. Physical theories have very general characteristics in their constitution of objectivity, and in particular in their relationship with mathematics. In order to define space and time, as well as to describe physical objects, physicists ultimately use the notion of symmetry. Physical symmetries are the transformations that do not change the intended physical aspects of a system in a theory. As we shall see, they allow to define these aspects in a non-arbitrary way.

Galileo’s theory provides a simple and historical example of this role of symmetries. For scholastic physics, the speed at which a body falls is proportional to the space traveled. Galileo instead proposed that it is proportional to the time of the fall and that it is independent of the nature (including the mass) of the empirical object considered (Galileo’ law of gravitation). This idea together with the “principle of inertia” has been a starting point for the constitution of *space* and *time* in classical physics. More precisely, as a consequence of the analysis of inertia and gravitation, the geometry of space and time was later described by the Galilean group⁵.

A change of this symmetry group, for example by adopting the Poincaré group⁶, can lead to a radically different physical perspective, that of special relativity involving massive conceptual and physical changes. The “principle of relativity” states that the fundamental laws of physics do not depend on the reference system; they are actually obtained as invariants with respect to the change of reference system. A specific speed (the speed of light in the void) appears in the equations of electromagnetism. Einstein modified Galileo’s group in order to transform this speed into an invariant of mechanics, which turned time-simultaneity into a relative notion.

As a result of the role and implications of symmetries, most contemporary physical challenges lead to the search for the right symmetries and symmetry changes, such as the efforts to unify relativistic and quantum theories. In moving from physics to biology we suggest here to apply a similar approach (symmetry changes).

Since the 1920s, due to Noether’s theorems, symmetries lead to the mathematical intelligibility of key physical invariant quantities. For example, symmetries by time translations are associated with energy-conservation, and symmetries by space rotations are associated with the conservation of angular momentum. Thus, conservation laws and symmetries are in a profound mathematical relation. Consequently, the various *properties* that define an object (mass, charge, etc.) or its *states* (energy, momentum, angular momentum, etc.) are associated to specific symmetries which allow these quantities to be defined. Depending on the theory adopted, this conceptualization allowed to understand why certain quantities are conserved or not: for example, there is no local energy conservation in general relativity. This explicit reference to the theory adopted is required in order to produce “scientific

⁵ Symmetries form a set of transformations that have a group structure; that is, two symmetries applied successively yield a symmetry and a symmetry can be inverted. Galileo’s group is the group of transformations that allows to transform a Galilean space-time reference system into another. It is interesting to notice that Galileo measured time by heartbeat, a biological rhythm; the subsequent theoretical and more “physical” measurement of time were precisely provided by classical mechanics, his invention.

⁶ The symmetry group of a Euclidean space is the Euclidean group of automorphisms, while Poincaré’s group corresponds to the automorphisms defining Minkowski’s spaces.

objectivity”, *independently* of the arbitrary choices made by the observer, such as, the choice of time origin, the unit of measurement, etc, but *relatively* to the intended theory. Thus, we say that symmetries provide “objective determinations” in physics (Bailly and Longo 2011).

The symmetries that define physical properties allow us to understand the physical object as *generic*, which means that any two objects that have the same properties can be considered as physically *identical*; in a sense, they are symmetric or invariant (interchangeable) in experiments and in pertinent mathematical framework (typically, the equations describing movement). For example, for Galileo, all objects behave the same way in the case of free fall, regardless of their nature. Moreover, symmetries allow the use of the *geodesic principle*, whereby the local determination of trajectories leads to the determination of the full trajectory of physical objects through conservation laws. For example, the local conservation of the “tangent” (the momentum) of trajectories, typically yields the global “optimal” behavior of the moving object; that is, it goes along a geodesic. Thus, in classical or relativistic mechanics, a trajectory is unique and fully deterministic (formally determined). In quantum mechanics the evolution of the state or wave function (roughly, a *probability distribution*) is fully deterministic as well – and determined by Schrödinger’s equation – while measurement follows this probability distribution (and here appears the indeterministic nature of quantum mechanics). In conclusion, by symmetries, the trajectory of a generic classical or quantum physical “object” corresponds to a critical path: physical trajectories are *specific*.

To better understand the problem of *general* mathematical theorizing in biology, let’s further analyze how, in physics, a concrete problem is turned into robust models and mathematics. To begin with, physicists try to choose the right theoretical framework and the relevant physical quantities (properties and states) which are constituted by proper symmetries. As a result, typically, a mathematical framework is obtained, where one can consider a generic object; in classical mechanics, a pointwise object of mass m , velocity v and position x , where these variables are generic — a pleonasm. Now, a generic object will follow a specific trajectory determined by its invariants obtained by calculus. A measurement is then made on the experimental object to determine the quantities necessary to specify where this object is in this mathematical framework, namely, what is its mass, initial position and speed. And finally, what specific trajectory will the object follow ... at least approximately. In classical or relativistic physics, to a specific measurement will correspond generic objects localized near the measurement due to the limited precision of this measurement. This value may have, in principle, an arbitrary high precision. In quantum mechanics, as we recalled above, the equational determination (Schrödinger’s equation) yields the dynamics of a probability law⁷.

In classical dynamics, we face a well-known problem: the specific trajectories corresponding to a measurement can either stay close or diverge very rapidly. The linear situation corresponds to the first case, whereas the second situation is called “sensitive to initial conditions” (or chaotic, according to various definitions). Note that even the latter situation leads to the definition of new invariants associated to the dynamics: in other words, the attractors that have a precise geometrical structure. In both cases, these trajectories have robust properties with respect to the measurement. In quantum physics, the situation is more complex because the measurement is not deterministic. Yet, when approximations on the state function are performed, it leads to usually stable, robust statistics. In all cases, “robust” means invariant or approximately invariant in a definite mathematical sense, as concerns the measurement of states and properties of generic objects along specific trajectories. Thus, we can finally say that generic objects, which lead to a specific measurement, *behave* in the same way or approximately so. Notice that this property of robustness, allowed by the genericity of the object, is mandatory for the whole framework to be relevant. We insist that both genericity for objects and specificity for trajectories (geodesics) depend mathematically on symmetries.

In conclusion, in the broadest sense, symmetries are at the foundation of physics, allowing us to objectivize space and time, and constitute objects and trajectories. In their genericity, these objects follow specific trajectories associated with invariants that are robust with respect to measurement.

⁷ In quantum physics, “objects” do not follow trajectories in ordinary space-time, but they do it in a suitable, very abstract space, a Hilbert space (a space of mathematical functions); what “evolves” is a probability distribution.

SYMMETRY BREAKINGS AND CRITICALITY IN PHYSICS

The physics of criticality is a relatively novel discipline that analyzes, typically by the renormalization techniques, some peculiar phase transitions, i.e., state changes (see Toulouse, Pfeuty, and Barton (1977; Binney et al. 1992)). This theoretical framework has also been applied to a possible understanding of life phenomena (see for example, Bak, Tang, and Wiesenfeld (1988; Jensen 1998), as for “self-organized criticality”; or, Kauffman (1993), as for criticality in networks). We will next move towards biology through a different insight into the symmetries in criticality.

Since symmetries are at the core of the definition of the physical objects by their properties and states, a *symmetry change* (that is, the breaking of some symmetries and the formation of new ones) means a qualitative change of the object considered, or a change of physical object, understood as co-constituted by theory and empiricity. For example, a research program in cosmology is to consider a single force to have existed in the universe right after the big bang. Then, the four fundamental forces would have appeared by successive symmetry breakings, whereby some transformations, which were symmetries, did not preserve the object invariance anymore. In other words, with the cooling of the universe, the system moved to a smaller symmetry group. Closer to the scale of biology, materials like water or iron have different properties in different situations. Depending on the temperature and pressure, water may be a solid, a liquid, or a gas. When liquid, there is no privileged direction (the system is isotropic, that is to say symmetric by rotations), whereas ice has a crystalline structure with spatially periodic patterns. This structure implies that the system is no longer symmetric by continuous rotations: it has a few privileged directions determined by its crystalline structure and a smaller symmetry group. Similarly, iron can have paramagnetic behavior (the system is not spontaneously magnetic) or ferromagnetic behavior (it is). In most cases, one can distinguish a more disordered phase at high temperature, where entropy dominates, and a more ordered phase, where energy dominates. These situations can be characterized by an *order parameter* which is 0 in the disordered phase and different from 0 in the ordered phase⁸.

Now, in physics, the change of state, or *phase transition*, occurs always mathematically at a point of the parameters' space. This point, called the *critical point*, is intuitively associated with a sudden change of behaviour due to a change of symmetry, and ultimately to singularities of the state functions (for example, the order parameter is non-analytical because it goes from a *constant* 0 to a finite quantity, *by a finite change*). More technically, the *critical point* represents a singularity in the partition function describing the system⁹. In the case of iron's paramagnetic-ferromagnetic transition, this allows to deduce the divergence of some physical observables, such as magnetic susceptibility. It should be remembered that this notion of *singularity*, which is associated with infinite quantities at the critical *point*, is a core notion for physical criticality.

This peculiar situation leads to a very characteristic behaviour at the critical point (Jensen 1998):

1. Correlation lengths tend to infinity, and follow a power law, as for continuous phase transitions (i.e., for a vector x and an observable N , if we note by $\langle \cdot \rangle_r$ the average over point r in space, then $\langle N(r+x)N(r) \rangle_r - \langle N(r) \rangle_r^2 \sim \|x\|^\alpha$. This is associated with fluctuations at all scales leading in particular to the failure of mean field approaches. Following this approach, the value of an observable at a point is given by the mean value in its neighbourhood or, more precisely, its mathematical distribution is uniform.
2. Critical slow down: the time of return to equilibrium of the system after a perturbation tends to infinity (Suzuki, Kaneko, and Takesue 1982; Tredicce et al. 2004; Longo and Montévil 2014a).
3. Scale invariance: the system has the same behavior at each scale. This property leads to fractal geometry and means that the system has a specific symmetry (scale invariance itself).
4. The determination of the system is global and no longer local.

⁸ Here, order means low entropy (or less symmetries) and disorder means high entropy (and more symmetries, when symmetries are computed in terms of “microstates”).

⁹ This function is non-analytical at the critical point, which means that the usual Taylor expansions, linearizations or higher order approximations do not actually provide an increasing approximation.

These properties are the key motivations for the biological interest of this part of physics. The global “coherence structure” that is often formed at critical transitions provides a possible understanding, or at least, an analogy for the unity of an organism (in current terminology, its “global determination or causation”). Also, power laws, so frequent in biology, are ubiquitous in critical phenomena. They are mathematically well-behaved functions (e. g. $f(x) = x^\alpha$) with respect to the change of scale [typically, λ is the scale change in $f(\lambda x) = \lambda^\alpha f(x) = \lambda^\alpha x^\alpha$, a power law in α], and they yield *scale symmetries*. In our example, scale change just multiplies the function f by a constant λ^α . Now, a power law depends on a quantity without physical dimension (α in the notation above). These quantities involved in critical transitions are called *critical exponents* and describe how the change of scale occurs. In our terminology, they describe the properties due to the objective determination of a phase transition because they are the invariants associated with the scale symmetry.

Specific analytical methods, called renormalization methods, are used to find these quantities (Delamotte 2004; Longo, Montévil, and Pocheville 2012). These methods consist in analyzing how scale changes transform a model representing the system, and this analysis is made “asymptotically” toward large scales. One may deduce the critical exponents from the mathematical operator representing the change of scale. The key point is that a variety of models ultimately lead to the same quantities, which means that they have the same behavior at macroscopic scales. Thus, they can be grouped in so-called *universality classes*. This analytical feature is confirmed empirically, both by the robustness of its results for a given critical point and more stunningly by the fact that very different physical systems happen to undergo the same sort of phase transitions; that is, they are associated with the same critical exponents, thus with the same symmetries. Finally, there exist fluctuations at all scales, which means, in particular, that small perturbations can lead to very large fluctuations.

To conclude, the transition through a specific point of the parameters’ space, i.e., a transition between two very different kinds of behavior is associated in physics to a change of symmetries. At this point, the system has very peculiar properties and symmetries. Symmetries by dilation (by a coefficient λ as above) yield a scale invariance. This latter invariance is associated to a global determination of the system and the formation of a “structure of coherence”. As observed above, this allows to describe a global determination of local phenomena and a unity that by-passes the idea of understanding the global complexity as the sum of many local behaviors by adding more and more local, possibly hidden, variables. For some physical phenomena this theoretical framework presents peculiar and very relevant forms of “systemic unity” (Longo, Montévil, and Pocheville 2012).

SYMMETRY BREAKING AND THE BIOLOGICAL OBJECT: EXTENDED CRITICALITY

We have presented a picture of the situation in physics, but what about biology? We need to propose one or several specific frameworks relevant to the unity and coherence of biological entities, because, to our knowledge, there are no formalized theories of the “organism” (Noble 2008; Soto et al. 2016). To do so, it may be worthwhile to look at the symmetries which may be involved in biological theorizing. Here, the concept of symmetry is used in a more fundamental context than when used, for example, for “bauplans”, the latter being the main biological research subject where the concept is explicitly applied. In physics, one mostly deals with *fundamental* or *theoretical* symmetries as typically given by the equations. For example, the already mentioned fundamental principle of energy conservation corresponds to a time translation symmetry in the equations of movement. This use of symmetries also justifies the soundness of empirical results: Galilean inertia is a special case of conservation of energy and it may be empirically verified. In biology, as in any science, a missing analysis of invariants may give unreliable results and data. The current reproducibility crisis may be analyzed in this context (Begley and Ioannidis 2014; Montévil 2019a). For example, early measurements of membrane surfaces gave very different results, since their measure is not a scale invariant property: as in fractal structures,

it depends on the scale of observation¹⁰. In other words, in physics, both the generality of equations and the very objectivity of measures depend on theoretical symmetries and their breakings, such as scale invariants and scale dependencies.

As mentioned above, critical transitions in physics are mathematically analyzed as isolated points¹¹. In our approach to biological processes as “*extended* critical transitions”, “extended” means that *every point* of the evolution/development space is near a critical point. More technically, the critical points form a dense¹² subset of the multidimensional space of viability for the biological process. Thus, criticality is extended to the space of all pertinent parameters and observables (or phase space), within the limits of viability (tolerated temperature, pressure and time range, or whatever other parameter, say for a given animal), see Bailly, Gaill, and Mosseri (1993; Bailly and Longo 2008, 2011). In terms of symmetries, such a situation implies that biological objects (cells, multicellular organisms, species) are always close to a *transition between different symmetry groups*; that is, they are in transition between different phases, according to the language of condensed matter¹³. These phases swiftly shift between different critical points and between different *physical determinations* through symmetry changes. Several work begin to explore this notion mathematically (Sarti, Citti, and Piotrowski 2019; Montévil 2019).

Our perspective provides an approach concerning the mathematical nature of biological objects as a *limit* or asymptotic case of physical states: the latter may yield the dense structure we attribute to extended criticality only by an asymptotic accumulation of critical points in a non-trivial interval of viability — a situation not considered by current physical theories. In a sense, it is the very principles grounding physical theories that we are modifying through an “actual” limit. Thus, a biological object is mathematically and fundamentally different from a physical object because it may be characterized in terms of partial but continual changes of symmetry within an interval of viability, as an extended locus of critical transitions. In particular, this mathematical view of “partial preservation through symmetry changes” is a way to characterize the joint dynamics of *structural stability* and *variability* proper to life (Montévil 2019, n.d.). We thus consider this characterization as a tool for the mathematical intelligibility of fundamental biological principles: the global/structural stability is crucially associated with variability.

A first consequence of these permanent symmetry changes is that there are very few invariants in biology. Mathematically, invariants depend on stable symmetries. Structural stability in biology, thus, should be understood more in terms of *correlations of symmetries within an interval of the extended critical transition*, rather than on their identical preservation. It is clear that the *bauplan* and a few more properties are more preserved than others. Yet, in biology, theoretical invariants are continually broken by these symmetry changes. A biological object (a cell, a multicellular organism, a species) continually changes symmetries, with respect to all control parameters, including time. Each mitosis is a symmetry change because the two new cells are not identical. This variability, under the mathematical form of symmetry breaking and constitution of new symmetries, is essential both for evolution and embryogenesis. The interval of criticality is then the “space of viability” or locus of the possible structural stability.

The changes of symmetries in the dense interval of criticality, which provide a mathematical understanding of biological variability, are a major challenge for theorizing. As a matter of fact, we are

¹⁰ In Weibel (1994), another “historical” example is given as for the different results that are obtained according to different experimental scales (microscope magnifications). One team evaluated the surface density of the liver’s endoplasmic reticulum at 5.7 the other at 10.9 (!).

¹¹ The Kosterlitz-Thouless transition in statistical physics presents a marginally critical interval; that is, it is a limit case between critical and not critical. It presents correlations at all scales, as critical features, but with no symmetry changes. Thus, this particular situation is not a counter-example to our statement (the essentially pointwise nature of the proper physical transitions), in view of a lack of symmetry changes that are essential to our notion of extended criticality, see also Lovecchio et al. (2012).

¹² Here, dense means that for every small volume of the intended phase space being considered, there is a critical point in such volume.

¹³ The dense set of symmetry groups may be potentially infinite, but, of course, an organism (or a species) explores only finitely many of them in its life span, and only viable ones.

accustomed to the theoretical stability warranted by the mathematical invariants at the core of physics. These invariants are the result of symmetries in the mathematical (equational) determination of the physical object. This lack of invariants and symmetries corresponds to the difficulties in finding equational determinations in biology¹⁴.

As a further consequence of our approach, phylogenetic or ontogenetic trajectories cannot be defined by the geodesic principle, since they are not determined by invariants and their associated symmetries. These latter are continually changing in a relatively minor but extended way.

Biology may be considered to be in an opposite situation with respect to physics: in contrast to physics, in biology, *trajectories* are *generic* whereas *objects* are *specific* (Bailly and Longo 2011). That is, a rat, a monkey or an elephant are the *specific* results of *possible* (generic) evolutionary trajectories of a common mammal ancestor — or each of these individuals is *specific*. They respectively are the result of a unique constitutive history, yet a possible or *generic* one (Bailly, Gaill, and Mosseri 1993; Bailly and Longo 2011).

The evolutionary or ontogenetic trajectory of a cell, a multicellular organism or a species is just a *possible* or *compatible* path within the ecosystem. The genericity of the biological trajectories implies that, in contrast to what is common in physics, we cannot mathematically and *a priori* determine the ontogenetic and phylogenetic trajectory of a living entity be it an individual or a species. In other words, in biology, we should consider *generic* trajectories (or possible paths) whose only constraints are to remain compatible with the survival of the intended biological system. Thus, phylogenesis and embryogenesis are *possible*, or at least *not impossible* paths subject to various constraints, including of course the inherited structure of the DNA, of the cell and the ecosystem. The *specificity* of the biological object, instead, is the result of critical points and of symmetry *changes* of the system considered *along its past history*, both evolutionary and ontogenetic (Montévil et al. 2016; Longo 2018). These constitute the specific “properties” of this object, which allow to define it. A rat, a monkey or an elephant or their species are *specific* and cannot be interchanged either as individuals nor as species. A living entity is the result of its history and cannot be defined “generically” in terms of invariants and symmetries as it is done for physical objects and actual empirical practices cannot avoid this fact (Montévil 2019a).

This situation has a particular meaning when we consider time translation and time reversal symmetries. In physics, time symmetries correspond to the maintaining of the system’s invariant quantities that define the geodesics, as for example, conservation of energy. In biology both symmetries are broken. In particular, evolutionary and ontogenetic paths are both irreversible and non-iteratable; there is no way to identically “rewind” nor “restart” evolution or ontogenesis. This corresponds to the breaking of time translation and reversal symmetries. In particular, this lack of time symmetries is associated with the process of *individuation*, understood here as the specificity of cells, organisms and species (as much as this latter notion is well defined). It is crucial to understand that time plays a key role in this framework, since the *history* of all the changes in symmetry are not reducible to a specific trajectory in a given space of the dynamics.

The sequence of symmetry changes defines the historical contingency of a living object’s phylogenetic or ontogenetic trajectory.

Biological processes are more “history based” than physical processes. Usual physical processes preserve invariants, whereas extended critical transitions are a permanent reconstruction of organization and symmetries, i.e., of invariants. This situation also points to a lack of symmetry by permutation. For example, even in a clonal population of bacteria, different bacteria are not generic, because they are in general not interchangeable, i.e., they cannot be permuted. This allows to understand biological variability in a deeper way than the usual Gaussian (or combination of Gaussians) as random distribution of a set of observables. Now, let us consider organs (and organelles). Some organs have a functional role that can be expressed in a physical framework, particularly as far as energy transfer is concerned.

¹⁴ In a rather naive way, some say this by observing that any (mathematized) theory in biology has a “counterexample”. This instability of the determination goes together with the “structural stability” of biological entities. This is largely due to the stabilizing role of integration and regulation effects between different levels of organization. The mathematics of extended criticality and of variants of the renormalization methods are yet to be developed.

This functional role can lead to constraints on the variability of the cells that constitute the organ, while the same could be said for individual organisms in populations. At least for certain aspects of their behaviour and on average, these constraints make cells behave symmetrically. In other words, those cells behave, in part and approximately, like generic objects with specific trajectory (geodesics). For these aspects, they may be interchangeable, like physical objects, to an extent.

The simple case of cells secreting a protein such as erythropoietin (EPO) under specific conditions indicate that on average, a sufficient amount of the protein must be produced, independently of the individual contribution of each cell (which become “relatively” generic). Since the result of these cells’ production is additive (linear), its regulation does not need to be sharp. Even if some cells do not produce EPO there is no functional problem as long as a sufficient quantity of this protein is secreted at the tissue level. However, when cells contribute to a non-linear framework as part of an organ, the regulation may need to be sharper. This is the case, for example, for neuronal networks or for cell proliferation where non-linear effects may be very important. In the latter case, regulation by the tissue and the organism seems to hold back pathological developments, like cancer, see Sonnenschein and Soto (1999). This point of view can possibly be generalized in order to understand the robustness of development.

The role of physical processes in shaping organs is crucial; for example, exchanges of energy (or matter) force/determine the optimal (geodesic) fractal structure of lungs and vascular systems. Organs in an organism may even be replaced by man-made artifacts (as for kidneys, heart, limbs, etc.). As biological entities, organisms and even cells are specific or, at most, weakly generic given that they can be interchanged only within a given population or tissue and occasionally. In general, they are not generic, and by their specificity they cannot be replaced by an artifact — structurally.

In summary, in critical transitions one may consider variables depending on global processes because of the formation of coherent structures. For example, there may be functional dependencies on a network of interactions, which cannot be split into a sum of many local dependencies (local variables). Thus, the search for more variables would not take into account this fundamental property of biological systems, considered as extended critical transitions. Moreover, symmetries in physics allow to define generic objects which follow specific trajectories (the latter allowing to find invariants in terms of symmetries, which are robust regarding measurement). On the contrary, in biology, the continual symmetry changes lead to generic trajectories that remain compatible with the survival of the system. The generic/specific duality with respect to physics helped us understand this key issue, in relation to extended criticality — which is a form of “relatively stable instability.” In other words, this is stability under changes of symmetries in an interval of viability. In a sense, the biological object is also defined by its symmetries but in a very different way: it is the *specific* result of a history, where its dynamics is punctuated by symmetry changes. This makes it “historical” and *contingent* (Montévil et al. 2016; Longo 2018; Montévil 2019b).

ADDITIONAL CHARACTERISTICS OF EXTENDED CRITICALITY

In physics, criticality implies more than a pointwise symmetry change; that is, it requires a change on a mathematical point, as it leads to peculiar behaviors that are relevant to biology. The first of these properties is that criticality implies a global determination, instead of a simply local one. More precisely, the singularities involved in criticality lead to a change of the level of organization in a very strong sense. Also in physics, in view of the mathematical divergence of some observables, the singularities break the ability of the “down level” to provide a causal account of the phenomena and they lead to the need for a “top level” to overcome this difficulty. In mathematical physics, this upper level can be found in the renormalization operator (it is the abstract level of *changing scale*). In biology, instead, the upper level is the functional unity of an organism. As a result, the existence of different levels of organization is a component of our notion of extended critical transition. “Downward causation” may find the right frame of analysis in this theoretical context.

The permanent reconstruction of these levels of organization is mathematically represented by the density of the critical points and by the continual change of determination (symmetry change) in the passage between these points within the interval of extended criticality.

The second property is the presence of power laws which seem to be ubiquitous in biology. They appear regularly especially when regulation is concerned, such as in cardiac rhythms (Makowiec et al. 2006; Pikkujamsa et al. 1999), blood cell number regulation (Perazzo et al. 2000), blood pressure (Wagner, Nafz, and Persson 1996), in brain activities (Werner 2007), sensory cells (Camalet et al. 2000), mitochondrial networks (Aon, Cortassa, and O'Rourke 2004), in ecology (Sole et al. 1999), collective behaviors (Mora and Bialek 2011) and gene network dynamics and structure (Shmulevich, Kauffman, and Aldana 2005; Nykter et al. 2008; Krotov et al. 2014; Valverde et al. 2015).

Extended critical transitions also concern the relevant lengths of local and global exchanges, the temporalities mobilized for such exchanges and biological rhythms. To summarize, the extended critical situation has at least the following characteristics (Bailly and Longo 2008, 2011):

1. A spatial volume enclosed within a semi-permeable membrane;
2. Correlation lengths of the order of magnitude of the greatest length of the above referred volume;
3. A metabolic activity that is far from equilibrium and irreversible, involving exchanges of energy, of matter and of entropy with the environment, as well as the production of entropy due to all these irreversible processes, see Bailly and Longo (2009; Longo and Montévil 2012);
4. An anatomo-functional structuralization into levels of organization that can be autonomous but also coupled to each other. They are “entangled” in the sense defined by Bailly and Longo (2009; Soto, Sonnenschein, and Miquel 2008). These levels are distinguished by the existence of fractal geometries (membranous or arborescent), where the fractal geometries can be considered as the trace (or a “model”) of effective passages to the infinite limit of an intensive magnitude of the system (for example, local exchanges of energy¹⁵, Longo, Montévil, and Pocheville (2012)). The different levels of organization induce, and are a consequence of, the alternation of “organs” and “organisms”, such as organelles in cells, which, in turn, make up the organs in multicellular organisms. Organisms stay in an extended critical transition, while organs are partially “optimally shaped” by the exchange of physical energy and matter. For example, fractal geometries essentially manifest in organs that are also the privileged loci of endogenous rhythms (see below). Correlation lengths are manifested both *in* and *between* these levels¹⁶. Likewise, the various biological “clocks” are coupled, and in some cases even synchronized, within and between these levels. Last, this space-time organization enables the interdependency between the parts of cells and organisms, a fundamental topic in theoretical biology (Mossio, Montévil, and Longo 2016). We described symmetries which are met for a time as constraints. Constraints canalize processes of transformation and we posited that constraints of an organism collectively maintain each other, leading to a circularity called closure of constraints (Montévil and Mossio 2015).

With the purpose of providing biological temporality with a structuring of the mathematical type, we will consider two other aspects as being specific to extended criticality.

- The two-dimensionality of time, proposed in (Bailly, Longo, and Montévil 2011):
 1. One dimension is classical and is parametrized according to the line of real numbers limited by fertilization on one side, and death on the other. This dimension is linked to the biophysicochemical evolution of the organism in relation to an environment.
 2. The other dimension is compactified, i. e. it is parametrized on a circle. This second dimension is linked to the organism’s endogenous physiological rhythm that is manifested

¹⁵ The fractal dimension of some organs may be calculated by optimizing the purely physical exchanges within the intended topological dimension (for example, the maximization, within a volume, of surfaces for lungs, or of volumes for the vascular system, West, Brown, and Enquist (1997; Longo and Montévil 2014b)), and it may be subjected to constraints in terms of sterility and homogeneity, as in the cases mentioned (lung, vascular system, kidney, etc).

¹⁶ The term “entanglement” in Soto, Sonnenschein, and Miquel (2008) does not correspond, of course, to the physical meaning of “quantum entanglement” as expressed by Schrödinger’s treatment of the state function and the inseparability of quantum measure, yet it may be appropriate because there is no way to isolate one of the organs mentioned above (e.g. put a brain in a flowerpot) and perform any reasonable physiological measure on it.

through *numeric quantities without dimension* such as the mean total number of heartbeats and respirations during the lifetime of mammals. These are the interesting interspecific invariants and they are “pure” numbers, *not frequencies* (they have no dimension; they are the “total number of ...”). They become frequencies (with the inverse of time as a dimension), according to the average lifespan. The extra dimension is needed exactly because the invariant phenomenon is not defined by a period which has the dimension of time, but by this new invariant observable. For example, on average, the identical (invariant) number of total heartbeats give different frequencies according to the different lifespans of an elephant or of a mouse.

Moreover, the temporality of extended criticality involve protention (i.e. pre-conscious expectation) and retention (i. e. pre-conscious memory) (Longo and Montévil 2011), which seems to lead to a breaking of information conservation in cognition.

- The confinement within a volume of a parameter space (such as temperature, pressure, etc) of n dimensions of which 3 are spatial and 2 temporal and whose measure is different from 0 (see above).

CONCLUSION

Since ancient Greece (Archimedes’ principle on equilibria) up to Relativity Theory (and Noether’s and Weyl’s work) and Quantum Mechanics (from Weyl’s groups to the time-charge-parity symmetry), symmetries have provided a unified view of the principles of theoretical intelligibility in physics. We claimed here that some major challenges for the proposal of mathematical and theoretical ideas in biology depend, in principle, on the very different roles that symmetries play in biology when compared to physics. The unifying theoretical framework in biology is neither associated to invariants nor to transformations preserving invariants like in (mathematical/theoretical) physics. It focuses, instead, on the permanent change of symmetries that *per se* modify the analysis of the internal and external processes of life, both in ontogenesis and evolution.

In a sense, variability may be considered as the main invariant of the living state of matter (Montévil et al. 2016). In order to explain it, we proposed to consider the role played by local and global symmetry changes along extended critical transitions. In extended criticality, dynamically changing coherent structures as global entities provide an understanding of variability within a global, extended stability. The coherent structure of critical phenomena also justifies the use of variables depending on non-local effects. Thus, an explicitly systemic approach may help in avoiding the accumulation of models and previously hidden variables. In conclusion, the notion of extended criticality provides a conceptual framework, to be further mathematized, where the dynamics of symmetries and symmetry breakings provide a new, crucial role for symmetries in biology with respect to physics.

Acknowledgement:

We warmly thank the editors of the first published version of this paper for several and very close preliminary revisions of this conceptually difficult text.

REFERENCES

- Aon, M. A., S. Cortassa & B. O’Rourke. (2004). “Percolation and Criticality in a Mitochondrial Network.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101 (13): 4447. 10.1073/pnas.0307156101.
- Aspect, A., P. Grangier & G. Roger (1982). “Experimental Realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm Gedankenexperiment: A New Violation of Bell’s Inequalities.” *Physical Review Letters* 49 (2): 91–94. 10.1103/PhysRevLett.49.91.
- Bailly, F., F. Gaill & R. Mosseri. (1993). “Orgons and Biolons in Theoretical Biology: Phenomenological Analysis and Quantum Analogies.” *Acta Biotheoretica* 41 (1–2): 3–11. 10.1007/BF00712769.

- Bailly, F. & G. Longo. (2008). "Extended Critical Situations: The Physical Singularity of Life Phenomena." *Journal of Biological Systems* 16 (2): 309. 10.1142/S0218339008002514.
- Bailly, F. & G. Longo. (2009). "Biological Organization and Anti-Entropy." *Journal of Biological Systems* 17 (1): 63–96. 10.1142/S0218339009002715.
- Bailly, F. & G. Longo. (2011). *Mathematics and the Natural Sciences; the Physical Singularity of Life*. London: Imperial College Press. 10.1142/p774.
- Bailly, F., G. Longo & M. Montévil. (2011). "A 2-Dimensional Geometry for Biological Time." *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 106 (3): 474–84. 10.1016/j.pbiomolbio.2011.02.001.
- Bak, P., C. Tang & K. Wiesenfeld. (1988). "Self-Organized Criticality." *Physical Review A* 38 (1): 364–74. 10.1103/PhysRevA.38.364.
- Begley, C. G. & J. P. A. Ioannidis. (2014). "Reproducibility in Science." *Circulation Research* 116 (1): 116–26. 10.1161/CIRCRESAHA.114.303819.
- Binney, J., N. J. Dowrick, A. J. Fisher & M. E. J. Newman. (1992). *The Theory of Critical Phenomena: An Introduction to the Renormalization Group*. Oxford U. P.
- Camalet, S., T. Duke, F. Julicher & J. Prost. (2000). "Auditory Sensitivity Provided by Self-Tuned Critical Oscillations of Hair Cells." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 3183–8. 10.1073/pnas.97.7.3183.
- Delamotte, B. (2004). "A Hint of Renormalization." *American Journal of Physics* 72: 170. 10.1119/1.1624112.
- Einstein, A., B. Podolsky & N. Rosen. (1935). "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?" *Physical Review* 47 (10): 777–80. 10.1103/PhysRev.47.777.
- Jensen, H. J. (1998). *Self-Organized Criticality, Emergent Complex Behavior in Physical and Biological Systems*. Cambridge lectures in Physics.
- Kauffman, Stuart A. (1993). *The Origins of Order: Self Organization and Selection in Evolution*. Oxford university press.
- Kochen, S. & E. P. Specker. (1967). "The Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics." *Journal of Mathematics and Mechanics* 17: 59–87. 10.1103/RevModPhys.38.447.
- Krotov, D., J. O. Dubuis, T. Gregor & W. Bialek. (2014). "Morphogenesis at Criticality." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (10): 3683–8. 10.1073/pnas.1324186111.
- Longo, G. (2018). "How Future Depends on Past and Rare Events in Systems of Life." *Foundations of Science* 23 (3): 443–74. 10.1007/s10699-017-9535-x.
- Longo, G. & M. Montévil. (2011). "Protention and Retention in Biological Systems." *Theory in Biosciences* 130 (2): 107–17. 10.1007/s12064-010-0116-6.
- Longo, G. & M. Montévil. (2012). "Randomness Increases Order in Biological Evolution." In *Computation, Physics and Beyond*, edited by M. Dinneen, B. Khossainov & A. Nies, 7160:289–308. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin / Heidelberg. 10.1007/978-3-642-27654-5_22.
- Longo, G. & M. Montévil. (2014a). "Protention and Retention in Biological Systems." In *Perspectives on Organisms*, 99–119. Lecture Notes in Morphogenesis. Springer Berlin Heidelberg. 10.1007/978-3-642-35938-5_4.
- Longo, G. & M. Montévil. (2014b). "Scaling and Scale Symmetries in Biological Systems." In *Perspectives on Organisms*, 23–73. Lecture Notes in Morphogenesis. Springer Berlin Heidelberg. 10.1007/978-3-642-35938-5_2.
- Longo, G., M. Montévil & A. Pocheville. (2012). "From Bottom-up Approaches to Levels of Organization and Extended Critical Transitions." *Frontiers in Physiology* 3 (232). 10.3389/fphys.2012.00232.
- Lovecchio, E., P. Allegrini, E. Geneston, B. J. West & P. Grigolini. (2012). "From Self-Organized to Extended Criticality." *Frontiers in Physiology* 3 (98). 10.3389/fphys.2012.00098.

- Makowiec, D., R. Galańska, A. Dudkowska, A. Rynkiewicz & M. Zwierz. (2006). “Long-Range Dependencies in Heart Rate Signals—Revisited.” *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 369 (2): 632–44. 10.1016/j.physa.2006.02.038.
- Montévil, M. (2019). “Which First Principles for Mathematical Modelling in Biology?” *Rendiconti Di Matematica E Delle Sue Applicazioni* 40 (3-4): 177–89. [http://www1.mat.uniroma1.it/ricerca/rendiconti/40_3-4_\(2019\)_177-189.html](http://www1.mat.uniroma1.it/ricerca/rendiconti/40_3-4_(2019)_177-189.html).
- Montévil, M. (2019a). “Measurement in Biology Is Methodized by Theory.” *Biology & Philosophy* 34 (3): 35. 10.1007/s10539-019-9687-x.
- Montévil, M. (2019b). “Possibility Spaces and the Notion of Novelty: From Music to Biology.” *Synthese* 196 (11): 4555–81. 10.1007/s11229-017-1668-5.
- Montévil, M. (n.d.) “Entropies and the Anthropocene Crisis.” *AI and Society*.
- Montévil, M. & M. Mossio. (2015). “Biological Organisation as Closure of Constraints.” *Journal of Theoretical Biology* 372: 179–91. 10.1016/j.jtbi.2015.02.029.
- Montévil, M., M. Mossio, A. Pocheville & G. Longo. (2016). “Theoretical Principles for Biology: Variation.” *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 122 (1): 36–50. 10.1016/j.pbiomolbio.2016.08.005.
- Mora, T. & W. Bialek. (2011). “Are Biological Systems Poised at Criticality?” *Journal of Statistical Physics* 144 (2): 268–302. 10.1007/s10955-011-0229-4.
- Mossio, M., M. Montévil & G. Longo. (2016). “Theoretical Principles for Biology: Organization.” *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 122 (1): 24–35. 10.1016/j.pbiomolbio.2016.07.005.
- Noble, D. (2006). *The music of life*. Oxford: Oxford U. P.
- Noble, D. (2008). “Claude Bernard, the First Systems Biologist & the Future of Physiology.” *Experimental Physiology* 93 (1): 16–26. 10.1113/expphysiol.2007.038695.
- Nykter, M., N. D. Price, M. Aldana, S. A. Ramsey, S. A. Kauffman, L. E. Hood, O. Yli-Harja & I. Shmulevich. (2008). “Gene Expression Dynamics in the Macrophage Exhibit Criticality.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (6): (1897). 10.1073/pnas.0711525105.
- Perazzo, C. A., E. A. Fernandez, D. R. Chialvo & P. Willshaw. (2000). “Large Scale-Invariant Fluctuations in Normal Blood Cell Counts: A Sign of Criticality?” *Fractals* 8 (3): 279–83. 10.1142/S0218348X00000329.
- Pikkujamsa, S. M., T. H. Makikallio, L. B. Sourander, I. J. Raiha, P. Puukka, J. Skyttä, C.-K. Peng, A. L. Goldberger & H. V. Huikuri. (1999). “Cardiac Interbeat Interval Dynamics from Childhood to Senescence: Comparison of Conventional and New Measures Based on Fractals and Chaos Theory.” *Circulation* 100 (4): 393. 10.1161/01.CIR.100.4.393.
- Sarti, A., G. Citti & D. Piotrowski. (2019). “Differential heterogenesis and the emergence of semiotic function.” *Semiotica*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02123626>.
- Shmulevich, I., S. A. Kauffman & M. Aldana. (2005). “Eukaryotic Cells Are Dynamically Ordered or Critical but Not Chaotic.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (38): 13439–44. 10.1073/pnas.0506771102.
- Silverman, M. (2008). *Quantum Superposition*. Springer Verlag.
- Sole, R. V., S. C. Manrubia, M. Benton, S. A. Kauffman & P. Bak. (1999). “Criticality and Scaling in Evolutionary Ecology.” *Trends in Ecology & Evolution* 14 (4): 156–60. 10.1016/S0169-5347(98)01518-3.
- Sonnenschein, C. & A. M. Soto. (1999). *The society of cells: cancer and control of cell proliferation*. New York: Springer Verlag.
- Soto, A. M., C. Sonnenschein & P.-A. Miquel. (2008). “On Physicalism and Downward Causation in Developmental and Cancer Biology.” *Acta Biotheoretica* 56 (4): 257–74. 10.1007/s10441-008-9052-y.

- Soto, A.M, Giuseppe L., D. Noble, N. Perret, M. Montévil, C. Sonnenschein, M. Mossio, et al. (2016). “From the Century of the Genome to the Century of the Organism: New Theoretical Approaches.” *Progress in Biophysics and Molecular Biology, Special Issue*, 1–82.
- Suzuki, M., K. Kaneko & S. Takesue. (1982). “Critical Slowing down in Stochastic Processes. I.” *Progress of Theoretical Physics* 67 (6): 1756–75. 10.1143/PTP.67.1756.
- Toulouse, G., P. Pfeuty & G. Barton. (1977). *Introduction to the renormalization group and to critical phenomena*. London: Wiley.
- Tredicce, J. R., G. L. Lippi, P. Mandel, B. Charasse, A. Chevalier & B. Picque. (2004). “Critical Slowing down at a Bifurcation.” *American Journal of Physics* 72: 799. 10.1119/1.1688783.
- Valverde, S., S. Ohse, M. Turalska, B.J. West & J. Garcia-Ojalvo. (2015). “Structural Determinants of Criticality in Biological Networks.” *Frontiers in Physiology* 6: 127.
- Wagner, C. D., B. Nafz & P. B. Persson. (1996). “Chaos in Blood Pressure Control.” *Cardiovascular Research* 31 (3): 380. 10.1016/S0008-6363(96)00007.
- Weibel, E. R. (1994). “Design of biological organisms and fractal geometry.” In *Fractals in Biology and Medicine*. Vol. 1. Springer Verlag.
- Werner, G. (2007). “Metastability, Criticality and Phase Transitions in Brain and Its Models.” *Biosystems* 90 (2): 496–508. 10.1016/j.biosystems.2006.12.001.
- West, G. B., J. H. Brown & B. J. Enquist. (1997). “A General Model for the Origin of Allometric Scaling

SURFING THE COMPLEX INTERACTION BETWEEN NEW TECHNOLOGY AND NORMS: A RESISTANCE OR RESILIENCE ISSUE? INSIGHTS BY THE VIABLE SYSTEM APPROACH (VSA)

Author(s) / Auteur(s) :

Sergio BARILE

Full Professor of Business Management

Department of Management, Economics Faculty

Sapienza University of Rome (Italy)

Founder of ASVSA, Association for research on Viable Systems, www.asvsa.org.

sergio.barile@uniroma1.it

Cristina SIMONE (corresponding author)

Associate Professor of Business Management

Department of Management, Economics Faculty

Sapienza University of Rome (Italy)

cristina.simone@uniroma1.it

Antonio LA SALA

Research Fellow in Business Management

Department of Management

Sapienza University of Rome (Italy)

antonio.lasala@uniroma1.it

Marcelo Enrique CONTI

Associate Professor of Environmental Management

Department of Management, Economics Faculty

Sapienza University of Rome (Italy)

marcelo.conti@uniroma1.it

Abstract / Résumé :

The paper investigates the complex interaction between technological innovation and norms: a crucial dynamic to facing the severe challenges of the Anthropocene.

On the one hand, the sedimentation of norms acts as the genetic memory of a society. Allowing a reduction in the uncertainty of human condition and ensuring greater predictability of human interaction, the set of norms tend to activate a system of constraints that normalize and legitimate technological innovations.

On the other hand, technological innovation is one of the most unpredictable and non-linear sources of change. It demands legitimization for what in the past were excluded or prohibited a priori (e.g. behaviors, ethics): this may trigger a “decoupling” process from the extant set of norms. Nevertheless, what decoupling should be legitimized? A wicked problem arises, and forking paths emerge in the socio-economic landscape.

Leading the tension between new technology (source of unpredictability) and the taken-for-granted norms (source of predictability) is crucial if the aim is to linking effectiveness and efficiency to viable sustainability. While the (still dominant) cartesian approach considers norms and new technology as separate elements of the social system, system thinking enlightens the interaction between them. This helps to unveil hidden options/feedbacks in the decoupling-recoupling process between technological innovation and the evolution of norms enriching the information variety of the decision-makers (policy makers, citizens, urban planners, etc.).

The dynamics that govern this dyad, however, are not linear: norms, in fact, do not have the same reactivity to absorb (recouple) the change triggered by new technologies (decoupling from the extant set of norms).

Although the relevance of the issue, it has been often neglected, or at least not taken in the right consideration. Therefore, aiming to investigate this dyadic relationship, the paper focuses on the ambiguous role technology plays in enabling resilience: sometimes it acts as a resilience amplifier; sometimes it is a resilience inhibitor (and even a steel cage); sometimes it provokes an undesirable deviation from the taken-for-granted codified rules.

In particular, aiming to contribute in filling this gap, and rooting in the Viable System Approach (VSA), the paper investigates why and how in some cases the interaction between technological innovation and norms leads to resistance towards change or acts as a resilience amplifier in other cases.

The paper is structured as follows: after an Introduction underlying the need to understanding the increasing tension between new technology and norms, Section 2 deals with the contribution of the VSA in understanding the social systems; then, rooting in the VSA and moving from the concept of information variety, Section 3 frames the complex interplay between new technology and taken-for-granted norms as one of the most dramatic “resistance-resilience” issue of the Anthropocene era; Section 4 proposes a more comprehensive framework discussing the range “resilience-resistance-vulnerability” and presents final reflections.

Keywords / Mots-clés :

Norms, new technology, resilience, Viable System Approach (VSA), decoupling-recoupling process

1. NEW TECHNOLOGY AND NORMS: HOW TO SURF THE COMPLEX INTERACTION?

This paper investigates the complex interaction between new technology and norms, one of the most crucial issues to understand and govern the challenges posed by the advent of the Anthropocene. A glimpse of this centrality, for example, can be found in the relationship between the present ecological crisis (e.g. global warming, the reduction of biodiversity, the risk of the collapse of ecosystems), and the continuous tension towards socio-economic growth (West, 2017). In fact, if principles that regulate sublinear ecological systems imply slowing down their metabolism (and their resources consumption) as their scale increases, superlinear socio-economic systems are characterized by the acceleration of their metabolism (and by the increase in the resources they need to survive) as their scale increases (Adger, 2000; West, 2017). This leads to an interesting result: “*to sustain open-ended growth in light of resource limitation requires continuous cycles of paradigm-shifting innovations*” (West, 2017: 452). Therefore, these *accelerating cycles of innovation* are the key to maintain both ecological and socio-economic systems dynamically viable, avoiding the collapse of one or the other (West, 2017).

On the other side, however, this same innovation brings hidden and unpredictable effects: consider, for example, the progressive transfer of decision-making authority from human beings to algorithms and the related risk of a digital tyranny (Harari, 2018). This twofold issue poses crucial questions about the relationship between technological innovation and norms and states the pivotal importance of norms balancing role.

On the one hand, in fact, the sedimentation of norms acts as the genetic memory of a society. Allowing a reduction in the uncertainty of human condition and ensuring greater predictability of human interaction, the set of norms tend to activate a system of constraints that normalize and legitimate technological innovations.

On the other hand, technological innovation is one of the most unpredictable and non-linear sources of change. It demands legitimization for what in the past were excluded or prohibited a priori (e.g. behaviors, ethics): this may trigger a “decoupling” process from the extant set of norms. However, what decoupling *should* be legitimized? A wicked problem arises and forking paths emerge in the socio-economic landscape.

Leading the tension between technological innovation (source of unpredictability) and the taken-for-granted norms (source of predictability) is crucial if the aim is to linking effectiveness and efficiency to a viable sustainability. While the (still dominant) cartesian approach considers norms and technology innovation as separate elements of the social system, system thinking enlightens the *interaction* between them. This helps to unveil hidden options/feedbacks in the decoupling-recoupling process between technological innovation and the evolution of norms enriching the information variety of decision-makers (policy makers, citizens, urban planners, etc.).

The dynamics that govern this dyad, however, are not linear: norms, in fact, do not have the same reactivity to absorb (recouple) the change triggered by technological innovation (decoupling from the extant set of norms). This is not without consequences. In the presence of disruptive innovation, this lack of readiness could after result in a fall of social resilience and a consequent social collapse (Adger, 2006). These aspects have been often neglected, or at least not taken in the right consideration. Thus, aiming to study this dyadic relationship, the paper focuses on the ambiguous role technology plays in enabling resilience: sometimes it acts as a resilience amplifier; sometimes it is a resilience inhibitor (and even a steel cage); sometimes it provokes an undesirable deviation from the taken-for-granted codified rules.

In particular, rooting in the Viable System Approach (VSA), the paper investigates why and how in some cases the interaction between technological innovation and norms leads to resistance towards change or acts as a resilience amplifier in other cases.

The paper continues with the following sections: Sec. 2 deals with the contribution of the VSA in understanding social systems by the duality structure-system; then, rooting in the VSA' information variety, Sec. 3 frames the complex interplay between technological innovation and norms as one of the most dramatic "resistance-resilience" issue of the Anthropocene era; Sec. 4 presents final reflections.

2. THE VIABLE SYSTEM APPROACH (VSA): THE DUALITY STRUCTURE-SYSTEM AS A CONTRIBUTION TO UNDERSTANDING COMPLEX SOCIAL SYSTEMS

The Viable System Approach (VSA) is a theoretical framework for the analysis and interpretation of systems behaviors, derived from systems thinking and based on a constructivist approach. According to the VSA, (Barile and Saviano 2011a; Barile, 2008) each entity (i.e. individual, community, and organization) can be described as a viable system (VS), whose ultimate purpose is to survive within its specific context of reference.

The (VSA) can be defined as a systemic constructionist approach (Ashby, 1956, 1958; Bateson, 1972, 1979; Watzlawick, Weakland, Fisch, 1974; Maturana, Varela, Beer, 1975; Von Foerster, 1984; Watzlawick, 1984) and aims to deepen the understanding of social complex systems.

The notion of VS was introduced by Stafford Beer (1972). According to this author, a system is viable if as a system which survives, remains united and is integral, is homeostatically balanced both internally and externally and possesses mechanisms and opportunities for growth and learning, development and adaptation, which allow it to become increasingly effective within its environment (Barile, 2008). The ultimate purpose of a viable system (VS) is to survive within its context of reference; this purpose of survival characterizes all the VSs and is reflected in the change and adaptation processes of the system's components and elements that are needed to preserve its viability.

Moving from Stafford Beer's Viable System Model, the VSA proposes an updated perspective and some conceptual innovations. In particular, the VSA proposes a new frame of the VSs based on the duality "structure-system". In fact, according to the VSA, the analysis of the structural components must be integrated by the analysis of the emergent (i.e. unpredictable and non-linear) dynamics that qualify a system. In other words, the VSA identifies two main dimensions of analysis: the structural and the systemic. The structural dimension is static and considers the parts and the relationships that exist among them; the systemic dimension is emergent, dynamic and deals with the identification of the interactions while keeping into account the structural components themselves (Barile and Saviano, 2011a). In this perspective, it is the dynamic behavior that allows the VS to learn, adapt and develop over time (principle of homeostasis) (Von Bertalanffy, 1968; Beer, 1972; Barile, 2008; Simone et al., 2018). In fact, the ultimate purpose of survival that characterizes all the VSs is reflected in the change and adaptation processes of the system's components and elements that are needed in order to preserve its viability. These conceptualizations are crucial with particular reference to change and adaptation processes; in fact, understanding how viable complex systems react to the internal and external

solicitations by modifying their structure can be useful to analyze which are the elements that persist within new configurations and which are the ones that mutate.

The VSA holistic epistemology is becoming more relevant in a world where people are becoming more aware, unfortunately, most of the time the hard way, about the high interconnectivity of all kinds of social and natural phenomena. People need more powerful tools to think about these phenomena. These should enable them to recognize connectivity and understand the possible reverberations of their actions (Espejo, 1990).

3. THE COMPLEX INTERACTION BETWEEN NEW TECHNOLOGY AND NORMS: A RESISTANCE OR RESILIENCE ISSUE? A VSA BASED-EXPLANATION

3.1 Norms, technology and the $[infV_t]$: a structural view.

Technology and norms are fundamental elements featuring human beings history. According to the VSA, they constitute relevant elements of the *structure* of the society conceived as a VS in a certain instant time t .

Norms are ways of behaving that are taken-for-granted and understood as natural, normal and proper (Van Maanen and Barley, 1984), and that are encoded into formal (explicit) rules or embedded in strict behavioral rules. When norms, formally or informally, delimit acceptable behaviors, they take on a structural quality. Norms provide a structural consistency for social action and encode technical, social and political knowledge that is useful for accomplishing specific goals (Elsbach, 2002). People adhere to such institutionalized norms without being explicitly aware of them and generally do not challenge them (e.g. legal services, teaching instructions, architectural practices). Deepening these theoretical aspects, norms constitute the behavioral boundaries to contain social action and permit people to discern what is allowed from what is not. According to the VSA, norms configure one of the more stable structural element of the *information variety*, a concept rooted in the Ashby's requisite variety (1956, 1958) and that expresses the overall knowledge endowment owned by a viable social system at a certain instant t $[infV_t]$ (Barile and Saviano, 2011b; Conti et al., 2019).

As the more stable element of the $[infV]$, the taken-for-granted norms act as a genetic memory of a social system (Hayek, 1952, 1979; North, 2006). Allowing a reduction in the uncertainty of human condition and ensuring greater predictability of human interaction, the set of norms builds an implicit, pervasive order that defines the framework of the decisional process (Simon and Barnard, 1947; March, 1994). However, the taken-for-granted norms constantly face technological transformations (Van Maanen and Barley, 1984) a relevant source of change in the $[infV]$ of a social system over time. In fact, if norms tend to frame a consistent structure of constraints that normalize technological evolution and play a role of their validation and legitimization, new technology could provoke a profound rethinking of the extant norms. Like norms, also technology represents a relevant element of the $[infV_t]$. However - for the reasons stated in the previous Section - in the emerging societies of the last decades of the Anthropocene, technology configures a less stable element (namely the more volatile one) of the $[infV]$.

A new technology makes possible in t_1 what until yesterday (t_0) was hardly conceivable: what about the unpredictable feedbacks emerging from the interaction between *new* technology and the *extant* set of consolidated norms? New technology demands legitimization for what in the past was excluded a priori because of its total incompatibility with the taken-for-granted norms of the extant $[infV_t]$: it asks for the legitimization of the prohibited. However, since norms are the most stable elements of the $[infV]$, technology and norms evolve at a different velocity. Taken-for-granted norms do not have the same reactivity to absorb (recouple) the change triggered in the $[infV_t]$ by new technology: this different speed brings about a decoupling from technology and the extant set of norms. On the one hand, new technology changes the $[infV_t]$ available for a viable social system; on the other hand, taken-for-granted-norms could resist to this change.

Despite the relevance of the structural view of norms and technology as a significant element of the $[infV_L]$ of a viable social system, it is not enough to appreciate how complex it is surfing between their reciprocal interaction, in particular in the (realistic) hypothesis in which they change at different speeds. For this reason, the VSA proposes a second complementary dimension - the systemic one – who takes into account the $[\Delta infV]$ over time due to the emergence of new technology together with the eventual change of norms. This helps to understand the emerging behavior of the complex social systems: namely a behavior featured by unpredictable non-linear feedback loop.

3.2 From structure to system: the interaction between new technology and norms

The VSA aims to overcome a reductionist approach to the study of social issues, among which is the complex interaction between technology and norms that brings about an unpredictable change $[\Delta infV]$ in the $[infV_L]$.

According to the VSA, the systemic interaction between new technology and norms is a typical “resistance-resilient” issue affecting the viability of a complex social system. According to this approach, “resistance” refers to the extent to which the social system does not change the taken-for-granted norms -i.e. the more stable part of the $[infV_L]$ – despite the solicitation due to the technological change (Harrison, 1979; Lake, 2013; Stark, 2014). On the other hand, “resilience” refers to the extent to which the social system can develop and transform itself by absorbing recurrent perturbations, dealing with uncertainty and risk and still sustaining its essential properties (Holling, 1973; Adger, 2000).

When a destabilizing new technology emerges, and taken-for-granted norms do not adapt consistently at the same speed, a decoupling process arises: on the one hand, norms as structural elements do not change, but on the other hand, a new emerging social system behavior emerges due to the interaction between an unchanged structural element of the $[infV]$ (norms) and a new one (technology). In particular, in the last decades of the Anthropocene, the interaction between norms and technology seem to be more and more characterized by a stressing decoupling. Actually, in the current 21st century, one of the main source of non-linear deviations is the endless emergence of new technologies (Harari, 2018; West, 2017). A compelling example of this systemic decoupling-recoupling interaction between new technologies and norms can be found in the field of environmental sustainability. Evolution of technologies and norms are strongly intertwined each other, so much so that it would be more appropriate to speak of *coevolution*. This coevolution, however, happens at a different speed.

On the one hand, the R&D efforts give rise to better technologies (such as BATs, Best Available Technologies) that should imply a lower environmental impact and better protection of people's health. The coevolution of BATs should be taken into account to effectively improve environmental regulations (e.g. levels of risk of exposure to a toxic substance or reduction of the amount of waste in the landfill). On the other hand, however, environmental regulations recouple the novelty embedded in these evolutions with a temporal lag (Conti, 2018).

The increasing digitization of the world gives a second enlightening example. Digital technology has become the historical space of public communication. In the past, this role was played by specific physical spaces (streets, squares, churches). The digital space offers obvious advantages: groups can be organized without physically moving, costs are low, communications occur in real-time. In this sense, the web makes protest and participation possible. However, as underlined among others by the German sociologist Ulrich Beck (2016) and by the Israeli historian Yuval Noah Harari (2018), these digital spaces, like the related digital communication, are created and managed by transnational private market players. Therefore, the sovereignty of public debate is occupied by the power of private companies with the risk of a possible digital dictatorship. There is a dramatic tension: on the one hand, there is an increasing ask of public regulation of the web; on the other hand, the evolution of the web and the digital distributed technologies give rise to decoupling from the extant set of rules.

A third eloquent example is a technological innovation in reproductive medicine. Today, conception can be shaped by medical technology. This opens up to a new technical horizon that asks for a newly consistent set of rules: the available technologies can manufacture human life, but the set of rules still

takes time to regulate these new revolutionary technical possibilities. Reproductive medicine creates new options [positive $\Delta infV$], and at the same time, it provokes a decoupling from the extant set of norms and the current language (meaning and significance). In front of this decoupling, we are asked to be resilient and we are forced to invent new words and norms to indicate and regulate new phenomena (re-coupling).

A fourth example is provided by the case of UBER in Italy: similarly to other cases such as Airbnb, the on-line world spills-over in the off-line world giving rise to a decoupling, unveiling a normative void and fueling socio-economic conflict related to the need to defend/attack economic income positions.

As suggested by the previous examples, the non-linear deviations triggered by a new technology innovation seem to accelerate in the emerging social systems characterized by the dual digital and biotechnological revolution. In this case, by adopting the lens of the VSA, it is possible to framing the issue not only in structural terms instead, and above all, according to a system way to think that leads to consider the interaction between the structural elements: the unchanged structural elements (norms) and the new structural one (new technology). By focusing on the interaction among the structural elements, the VSA leads to a deeper understanding of the decoupling-recoupling processes as expressions of the VS resistance-resilience capability.

The interactions between the new technology (source of unpredictability) and the taken-for-granted norms (source of predictability) affect the extant equilibrium among self-organization and command and control social mechanisms, which provokes a crisis and demands a social effort to be led (Barnard, 1938; Gouldner, 1954; Crozier, 1963, 1971; Barile et al., 2017; Simone et al., 2017), fueling in the meantime the risk of a social conflict.

Figure 1 tries to frame the endless interaction between new technology and norms in terms of decoupling-recoupling process. Starting from a satisficing norms-technology coupling in a certain time t (1), a new technology provokes a $[\Delta infV_t]$ (2); this could trigger a decoupling process and then lead to a rethinking of the extant taken-for-granted norms. If norms resist (3), the technology will develop without involving a deep change in the most stable part of the $[infV]$. If the technology is destabilizing, it would be expected that the normative void will be filled by a new norm-driven recoupling involving a coevolutionary change in the deeper part of the $[infV]$ (4).

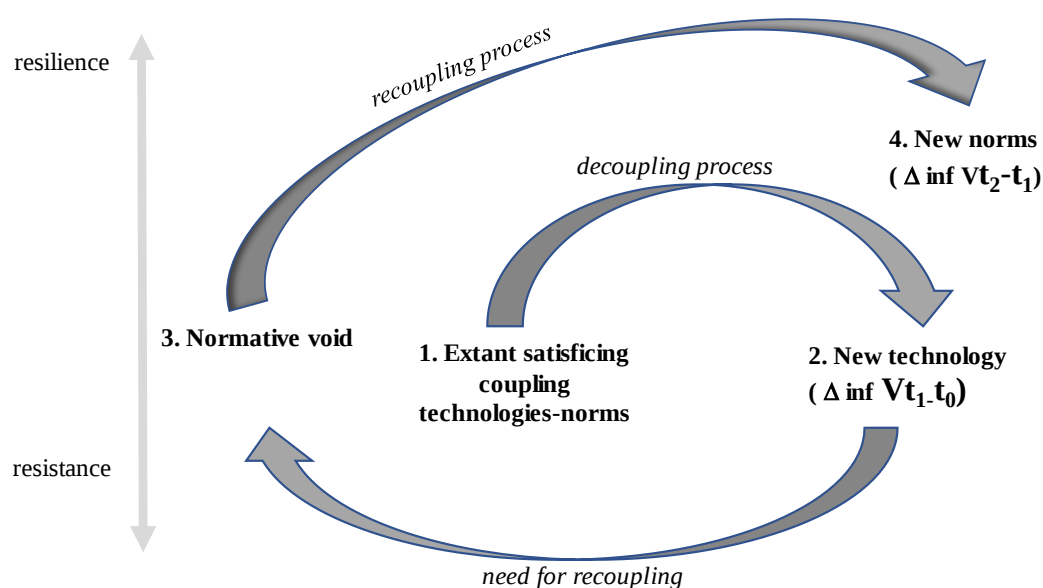


Fig. 1 – New technology and norms: the recursive decoupling-recoupling process; *source*: our elaboration

For nearly half a century, social theorists have argued the virtues of decoupling and its importance for and social effectiveness. Decoupling enables societies to be resilient maintaining standardized, legitimated, formal structures while their activities vary in response to challenges and practical considerations (Bromley and Powell, 2012; Crilly et al., 2016; Meyer et al., 1983; Lawrence and Suddaby, 2006). Moreover, decoupling allows societies to ceremonially comply with their elements while engaging in activities that are necessary for their own wellbeing (e.g. Hirsch and Bermiss, 2009). In other words, when discussing the social system behavior, social theorists typically acclaim the virtues of decoupling processes for allowing resilience.

However, decoupling advantages could arise together with several problems of coordination, culture alignment and social identity (Kunda, 2009). When decoupling persists over time actors lose faith in the taken for granted norms because their allowed options do not match the reality of their available possibilities (Meyer and Rowan, 1977; Zbaracki, 1998; Diamond, 2012; Groleau et al., 2012). The result is social instability (Orton and Weick, 1990). This is particularly evident in the interaction between new technology and extant norms. From a conceptual standpoint, if norms do not reflect nor effectively discipline the exploitation of the new technology at people's disposal, two outcomes may occur: either people will stop viewing previous norms as natural and proper, growing unhappy (Barley and Kunda, 2001); or people will cease to care what society mandates and will pursue practices they believe help them to live better (Meyer et al., 1983; Covaleski and Dirsmith, 1983). In this case, therefore, decoupling could give rise to a loss of authority, order, legitimacy or effectiveness when the norms crumble and become inadequate (Covaleski and Dirsmith, 1983; Hirsch and Bermiss, 2009).

Whether decoupling is felt like a dramatic crisis or, on the contrary, as a discovering opportunity, to collapse in a resilient transformation, it needs a complementary recoupling process between the new technology and the taken-for-granted set of norms. Recoupling, as "the process of creating tight couplings where loose couplings were once in place" (Hallett, 2010), therefore, is the way by which social actors can reinstate a tightly coupled (namely, viable) system.

Decoupling new technology from norms, thus, is not necessarily a bad thing. Often, it is a healthy response to dealing with unknown and emerging problems since innovation evolves much faster than norms (Arthur, 2009). Resilient social systems decouple new technology from norms because this allows us to solve problems more quickly than the speed at which new norms are created. In so doing, new technology may trigger an emerging, non-linear decoupling process from the extant set of norms: individuals and organizations may begin to engage in practices that do not align with the taken-for-granted norms to live together.

According to non-linear processes, the technology-driven decoupling asks for a recoupling: a feedback process through which deviant behaviors and practices must be brought into alignment with existing norms or whereby old rules must be changed to fit the new organizational and social needs (Sauder and Espeland, 2009; Bromley and Powell, 2012; Dick, 2015).

4. FINAL REMARKS: NEITHER RESISTANCE NOR RESILIENCE. THE RISK OF VULNERABILITY

Rooting in the Viable System Approach (VSA), the paper has investigated how the dyadic relationship between technological innovation and norms act as an inhibitor (i.e. a source of resistance) or an amplifier of resilience.

The meaning of resilience - from the Latin *resaltare*, which means *to rebound or bounce back, to get moving again*, and possibly from *resilire*, with the literal meaning of *to jump backwards* - indicates the capability of adapting and changing in the face of unforeseen events. Every system naturally contains some degree of resilience that allows it to flex and adapt to counteract forces that would potentially drive it toward a dangerous brittleness (Gordon, 1978; Bodin and Wiman, 2004; Taleb, 2010). Accordingly, the essence of resilience is the intrinsic ability of complex systems (natural or social) to dynamically maintaining or regaining their own equilibrium, preserving their viability after a major mishap and in the presence of continuous stress (Hollnagel et al., 2006; Zolli and Healy, 2012).

Differently from resilience, resistance is linked to the ability of a system to resist to damage remaining substantially unchanged until it breaks: it represents the systems' imperturbability to change (Bottrell, 2009). This does not necessarily mean that the system will remain as it was before the change or the impact of an unforeseen event, but that it will keep its essential functions substantially unchanged until it fails (Adger et al., 2006; Batty, 2013). Resistance does not ensure the systems access to alternative resources, nor the restoration of its structures, nor the recovery of its essential functions: if a system resists, it means merely that its resources were sufficient to withstand (Adger, 2006). However, a strategy that exclusively relies on resistance would certainly be very costly, potentially harmful and likely in conflict with social norms and individual freedom: when such a strategy fails the system becomes rigid (Thompson, 1967) and once broken, it is irreparable. Therefore, the more a system strengthens its boundaries to resist, the higher the risk that it becomes rigid, the greater it loses the capacity to absorb change, the greater is the speed with which this loss occurs in an endless feedback towards vulnerability.

This also provides the base for detecting the role of decision-makers and institutions in making a system vulnerable, resistant or resilient: i.e. the congenital nature of their *[infV]*. *[InfV]* is important for understanding the meaning and the impact of a black swan because it determines how the event is perceived and interpreted and which consequences it may have (Barile, 2008). This evidence is even more relevant in the current era of the Anthropocene where also human nature is experiencing its own boundaries becoming fuzzier and fuzzier, from the augmented human (Homo+) hypothesis to the post-human hypothesis. Technology is one of the most relevant leavers through which this change is occurring. Consequently, these issues seem to dictate the end of consolidated models (mental, educational, strategic, organizational, cultural, social, etc.) and, at the same time, they ask for new "maps" enabling old and new actors to succeed - or at least to survive - in such innovation-shaped landscape.

However, how do societies react to these pressures? Despite its resilient nature and its relevance for modern societies, technology is not neutral. Accordingly, it is pivotal to consider its relationship with norms, source of security, certainty and social order.

In this direction, we contribute to the literature by introducing the concepts of decoupling and recoupling as tools to frame and understand this dynamic. Technological innovation makes possible what until yesterday was unthinkable, giving rise to the need of new socio-organizational structures and new norms. This provokes a decoupling from the extant set of norms and language: technological innovation asks for a new order, i.e. new consistent norms to recouple the change it brought (North, 2006). The outcome of this adjustment, however, is not given. In the presence of disruptive innovation, in fact, an eventual lack of readiness could result in a fall of social resilience and a consequent social collapse (Adger, 2006).

It is implausible that one could block or stop this high-risk/high-performance technologies diffusion. It is more feasible to think that as the risk of a social collapse grows more acute (think, for example, to the more and more concrete eventuality of an ecological collapse), investments in these technologies will dramatically increase. In such a scenario, systems vulnerability precisely lies in the total lack of recoupling between norms and technological innovation: this normative void would leave all the power in the hands of those who govern the process of the technological revolution. For example, who owns data? They are the most important strategic resource for governments, companies, institutions, they have replaced the role that land and physical resources had until the end of the twentieth century. Nevertheless, the dynamics of norms evolution seems to struggle in the face of the speed of technological change, letting a worrying normative void emerge (Fig. 2).

As showed in fig. 2 norms and technological innovation are persistently misaligned but profoundly intertwined: as long as they will be considered as separate and unrelated phenomena, policy makers will not be able to understand nor frame their interaction and deep social impact. Here is the relevance of systems thinking and VSA in particular: it allows to reflect on this social misalignment by highlighting both its structural and the systemic nature and stressing the always changing outcome, in a constant tension among resilience, resistance and vulnerability.

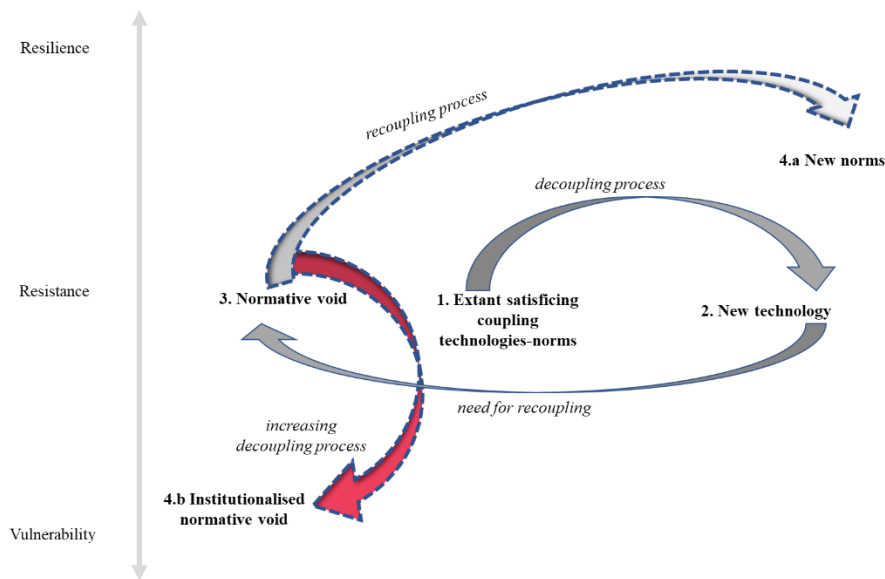


Fig. 2 – The interaction between new technology and norms: from resilience to vulnerability.

REFERENCES

- Adger, W. N. (2006) Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268-281.
- Adger, W.N. (2000) Social and ecological resilience; are they related? *Progress in Human Geography*, 24(3), 347–364.
- Arthur, W. B. (2009) *The nature of technology: What it is and how it evolves*. Simon and Schuster.
- Ashby, W.R. (1956) *An Introduction to Cybernetics*; Methuen: London, UK.
- Ashby, W.R. (1958) *Requisite variety and its implications for the control of complex systems*. *Cybernetica* 1 (2), 83–89.
- Barile, S. (2008) *L'impresa come sistema: contributi sull'Approccio Sistemico Vitale (ASV)*. Giappichelli.
- Barile, S. and Saviano, M. (2011a) Foundations of systems thinking: the structure-system paradigm”, *Contributions to Theoretical and Practical Advances in Management – A Viable Systems Approach (VSA)*, International Printing, Avellino, 1-25.
- Barile, S., Saviano, M. (2011b) Qualifying the concept of systems complexity. *Various Authors, Contributions to Theoretical and Practical Advances in Management. A Viable Systems Approach (VSA)*. ASVSA, Associazione per La Ricerca sui Sistemi Vitali. International Printing, 27-60.
- Barile, S., Simone, C., & Calabrese, M. (2017) The economies (and diseconomies) of distributed technologies: The increasing tension among hierarchy and p2p. *Kybernetes*, 46(5), 767-785.
- Barley, S. R., Kunda, G. (2001) Bringing work back in. *Organization science*, 12(1), 76-95.
- Barnard, C. (1938) *The Functions of the Executives*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Bateson, G. (1979) *Mind and nature: A necessary unity* (Vol. 255). New York: Bantam Books.
- Bateson, G. (1972) Steps to an Ecology of Mind: Collected essays in anthropology. *Psychiatry, Evolution, and Epistemology*, 381.
- Batty, M. (2013) Resilient cities, networks, and disruption.
- Beck, U. (2016) *The metamorphosis of the world*, Polity Press, Cambridge, UK.
- Beer, S. (1972) *Brain of the Firm*, The Penguin Press, London
- Bodin, P., Wiman, B. (2004) Resilience and other stability concepts in ecology: Notes on their origin, validity, and usefulness. *ESS bulletin*, 2(2), 33-43.

- Bottrell, D. (2009) Understanding ‘marginal’ perspectives: Towards a social theory of resilience. *Qualitative social work*, 8(3), 321-339.
- Bromley, P., Powell, W.W. (2012) From smoke and mirrors to walking the talk: Decoupling in the contemporary world, *The Academy of Management Annals*, 6, 1, 483-530.
- Conti, M. E., Tudino, M. B., Finoia, M. G., Simone, C., & Stripeikis, J. (2019) Managing complexity of marine ecosystems: From the monitoring breakdown structure (MBS) to the baseline assessment. Trace metal concentrations in biomonitors of the Beagle Channel, Patagonia (2005–2012). *Ecological Indicators*, 104, 296-305.
- Conti, M.E. (2018) Il management ambientale. Teorie, metodi e strumenti in una prospettiva sostenibile. Edizioni Nuova Cultura, Roma, pp. 480.
- Covaleski, M. A., Dirsmith, M. W. (1983) Budgeting as a means for control and loose coupling. *Accounting, Organizations and Society*, 8(4), 323-340.
- Crilly, D., Hansen, M., Zollo, M. (2016) The Grammar of Decoupling: A Cognitive- Linguistic Perspective on Firms’ Sustainability Claims and Stakeholders’ Interpretation. *Academy of Management Journal*, 59(2), 705-729.
- Crozier, M. (1963) *Le phenomene bureaucratique*, Seuil, Paris.
- Crozier, M. (1971) *La societ  bloqu e*, Seuil, Paris.
- Diamond, J. (2012) Accountability policy, school organization, and classroom practice: Partial recoupling and educational opportunity. *Education and Urban Society*, 44(2), 151-182
- Dick, P. (2015) From Rational Myth to Self-Fulfilling Prophecy? Understanding the Persistence of Means–ends Decoupling as a Consequence of the Latent Functions of Policy Enactment. *Organization Studies*, 36(7), pp. 897-924.
- Elsbach, K.D. (2002) Intraorganizational Institutions. In J.A.C. Baum. *Companion to Organizations*. 37-57. Oxford, UK: Blackwell Publishers Ltd.
- Espejo, R., & Harnden, R. (1990) The viable system model. *Systems practice*, 3(3), 219-221.
- Gordon, J.E. (1978) *Structures*. Penguin Books, Harmondsworth, UK.
- Gouldner, A. (1954) *Patterns of Industrial Bureaucracy*, The Free Press New York.
- Groleau, C., Demers, C., Lalancette, M., Barros, M. (2012) From hand drawings to computer visuals: confronting situated and institutionalized practices in an architecture firm. *Organization Science*, 23(3), 651-671.
- Hallett, T. (2010) The myth incarnate recoupling processes, turmoil, and inhabited institutions in an urban elementary school. *American Sociological Review*, 75(1), 52-74.
- Harari, Y. N. (2018) *21 Lessons for the 21st Century*. Random House.
- Harrison, G. W. (1979) Stability under environmental stress: resistance, resilience, persistence, and variability. *The American Naturalist*, 113(5), 659-669.
- Hayek, F. A. (1952) *The sensory order: An inquiry into the foundations of theoretical psychology*. University of Chicago Press.
- Hayek, F. A. (1979) *Law, legislation and liberty: A new testament of the liberal principles of justice and political economy*. University of Chicago Press.
- Hirsch, P. M., & Bermiss, Y. S. (2009) Institutional “dirty” work: preserving institutions through strategic decoupling. *Institutional work: Actors and agency in institutional studies of organizations*, 262.
- Holling, C. S. (1973) Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23.
- Hollnagel, E., Woods D.D., Leveson, N. (eds.) (2006) *Resilience Engineering. Concepts and Precepts*, Farnham: Ashgate.

- Lake, P. S. (2013) Resistance, resilience and restoration. *Ecological management & restoration*, 14(1), 20-24.
- Lawrence, T. B., & Suddaby, R. (2006) Institutions and institutional work. *The SAGE Handbook of Organization Studies*, 215.
- March J. (1994) *Primer on decision making: How decisions happen*, Simon and Schuster.
- Maturana, H.R.; Varela, F.J.; Beer, S. (1975) Autopoietic Systems: A Characterization of the Living Organization; Biological Computer Laboratory, University of Illinois: Champaign, IL, USA, 1975.
- Meyer, J. W., Rowan, B. (1977) Institutionalized organizations: Formal structure as myth and ceremony. *American journal of sociology*, 340-363.
- Meyer, J. W., Scott, W. R., Deal, T. E. (1983) Institutional and technical sources of organizational structure: Explaining the structure of educational organizations. In J. W. Meyer and W. R. Scott (Eds.), *Organizational environments: Ritual and rationality*: 45-67. Beverly Hills, CA: Sage.
- North, D. C. (2006) *Understanding the process of economic change*. Academic foundation.
- Sauder, M., Espeland, W.N. (2009) "The discipline of rankings: Tight coupling and organizational change", *American Sociological Review*, Vol. 74 No.1, pp. 63-82.
- Simon, H.A. (1947) *Administrative behavior: A study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan.
- Simone C., La Sala A., Montella M.M. (2017). The rise of P2P ecosystem: a service logics amplifier for value co-creation, *The TQM Journal*, 29, 6, 863-880.
- Simone, C., Barile, S., & Calabrese, M. (2018) Managing territory and its complexity: a decision-making model based on the viable system approach (VsA). *Land Use Policy*, 72, 493-502.
- Stark, D. (2014) On resilience. *Social sciences*, 3(1), 60-70.
- Taleb, N. N. (2010) *Robustezza e fragilità. Che fare? Il cigno nero tre anni dopo*. Il Saggiatore.
- Van Maanen, J., Barley, S. R. (1984) Occupational communities: Culture and control in organizations. In B.M. Staw and L. L. Cummings (Eds.) *Research in organizational behavior*. Vol. 6. Greenwich, Connecticut: JAI Press.
- Von Bertalanffy, L. (1968) *General System Theory*, Foundations, Development, Applications, George Braziller, New York, NY.
- Von Foerster, H. (1984) *Observing systems*. Intersystems publications.
- Watzlawick, P. (1984) *The invented reality: Contributions to constructivism*. NY: W. W Norton.
- Watzlawick, P., Weakland, J.H. and Fisch, R. (1974) *Change. La formazione e la soluzione dei problemi*, Astrolabio, Roma.
- West, G. B. (2017) *Scale: the universal laws of growth, innovation, sustainability, and the pace of life in organisms, cities, economies, and companies*. Penguin.
- Zbaracki, M. J. (1998) The rhetoric and reality of total quality management. *Administrative science quarterly*, 602-636.
- Zolli, A., & Healy, A. M. (2012) *Resilience: Why things bounce back*. Hachette UK.

SYSTEMS THINKING FOR THE TRANSITION OF EXISTING TECHNOLOGIES TO BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES.

Author(s) / Auteur(s) :

PhD Candidate Nikolaos ZOANNOS
University of Piraeus, Hellenic Society for Systemic Studies (HSSS)
nmzoanno@gmail.com

Professor Nikitas ASSIMAKOPOULOS
University of Piraeus, Hellenic Society for Systemic Studies (HSSS)
assinik@unipi.gr

Abstract / Résumé :

The 4th Industrial evolution has brought along a lot of technological achievements which can change the form of humanity. Peer-to-peer networks (Distributed networks), network of sensors (Internet of Things), algorithms capable to take decisions (Artificial Intelligence), computers with the ability of self-learning (Machine Learning), more complex queries for analyzing the data, that we are collecting since the birth of internet (Data Science) and new electronic money (cryptocurrencies) are some of the characteristics of those new technologies. But the adoption of those achievements (known as Digital Transformation or Digitization) demands Managers open-minded, well-educated on those technologies and ready to trace the new possible Risks. They must also be capable to use the Systems Thinking, as the Blockchain Technologies have created an Ecosystem (Sociotechnical Systems); the combination of Social Systems (Organizations - Companies), whose behavior is not predictable, and Mechanical Systems (technical equipment) with a predefined way of function. So, this kind of Systems (Sociotechnical) need a more delicate approach using a combination of, not only Systemic methodologies and technics, but also other theories and proper tools. We are going to publish a series of articles in which we are going to specify the proper theories and methodologies in each phase of the digital transformation. Thus, the purpose of this study is to explain to the new generation of Managers how the Systems Thinking, DCSYM Methodology and VSM Model, are applied on those Ecosystems.

Keywords / Mots-clés :

Blockchain Technologies, Decentralized Architecture, Distributed Ledger, Internet of Things, Ecosystem, Sociotechnical Systems, Digital Transformation, Systemic Management, Business Intelligence, DCSYM Methodology, VSM model.

INTRODUCTION

In order to explain as detailed as possible the meaning of the word “Blockchain”, how it was born and the purpose of those technologies, we must firstly explain the exponential growth of the users’ need for disintermediation. In that way we are going to focus on Supply Chain (SC).

Up until today, each time a user wanted to buy or sell a product/good or service he had to use a trusted intermediate organization, like Banks. This way, the transaction was secured and at the same time we knew that the seller had to send the product and that the buyer was going to receive this product. Also, a trusted third party, like Security Insurance companies, could be used in order to secure the product and for the buyer to rest assured. This contract, was going to be enabled only in if the product wouldn’t reach the receiver, on a predefined period of time or if the product was destroyed. In each case, a major increase in the final cost of the product was apparent and in some cases the cost of the intermediate organizations was higher than the actual cost of the product. This situation has led to the need for disintermediation.

During the past few years, it has been noticed that although many products were delivered to receivers, either they were not as they were described (it consisted products of fraud) or they were destroyed, broken, wet and/or unboxed at transportation. Those facts created two (2) different needs: (1) the need

of a contract between the receiver and the dispatcher (two entities with lack of trust on each other) and (2) the need of tracking and tracing the state of the product while it is being transported (for the assignment of responsibilities).

This contract is called “**smart contract**” (Ameer Rosic,2016) and is a piece of code which is written in Solidity programming language and contains with detail all the rules and policies called “**events**” and “**functions**” (Daniel Drecher,2017) that should be enabled if something goes wrong (for example if the product has been destroyed, broken, wet, unboxed or if it has been exposed to radiation / chemicals or even if it has not been maintained on a specific temprature) in order to ensure its quality.

Sensors for humidity, temprature, light exposure, pressure, toxical exposure and others can be used in order to trace the exact circumstances under which a product was damaged. Also, those sensors are going to trigger alarms on the smart contract using 5G Networks in order to enable specific “function” or/and “events” and the contract will automatically decide whether the transportation should be continued or if it should be postponed, and so the product would return to the sender. The fact that an alarm has been triggered on a specific “**timestamp**” creates a record on the network with the exact time: year-month-day-hour-minute-second (Wikipedia, 2019) and it can be used to document the responsibility of a freight forwarder or/and a shipping carrier.

Another need, which pusses users to use those new technologies, is to ensure the ownership of their assets. For example, when someone want to sell his house, according to the law, he must first prove that he legally holds the ownership of this house, and then he has the right to sell it. So, the ownership is going to be transferred to the buyer. There must be an easy and secure way to ensure that this ownership is going to be an immutable information, unable to be adulterated from any nefarious agent or activity. The immutability of the data can be achieved by using distributed ledgers, where the data are linked to each other on a specific way creating a binary tree which is called “**merkle tree**” (Andreas M. Antonopoulos, 2018). The data are not in the form of clear texts, but are encrypted, using: (1) **asymetric cryptography** (Hackernoon, 2018), where each user owns a combination of two keys: (a) a public key which is visible/known to everybody and (b) a secreat key which is called private key, (2) a **hash function** and (3) **hash referencies** (the combination of two hexadecimal strings, which are the output of a hash function in which we have input the data).

As we have seen so far, the new technologies provide techniques and methods that require technical skills and expertise from the users. Moreover, in order to draw up a smart contract with legal rules & policies, which will predict in detail any possible situation that may cause harm to the product, those rules must be prone to be converted to source code.

Thus, the new generation of managers must be well prepared – educated to be able to understand the the benefits of technologies, such as BT, AI, 5G Networks, IoT, and skilled enough to aid on the digital transformation of the Organizations/Companies that they are working in. In the next chapter we will develop in detail the aspects of those technologies, so as to be understood from the reader before we proceed to examine their systemic point of view.

NETWORK ARCHITECTURES

Over the past few years, many network architectures have been suggested, but only three (3) of them are going to be discussed and compared on this chapter: (a) the Centralized Networks, (b) the Decentrilezed Networks and (c) the Distributed Networks. In each case, we are going to examine: (a) the way that data are stored (a single ledger, a distrubeted ledger or synchronized data base) and (b) the credentials that a user has to own in order to have the ability to read and/or to write on the ledger (Saurabh Goyal,2015).

Centralized Networks

Nowadays, the most dominant architecture is the centralized networks (Figure 1), where a central controlling entity is responsible for creating and evaluating the credentials of each user/node in the network. On this architecture, all the data are stored on a single central data base, known as “**ledger**”.

Each user/node of the network must have the correct credentials, which are going to be validated from the central controlling entity, and then access on the data is allowed.

Those data can be texts, emails, documents, charts, reports or even transactions. Each transaction can be stored on the central data base as a new record. In this kind of architectures, in order to keep the Confidentiality, the Integrity and the Availability of the data (known as “CIA”), proper techniques and equipments, like cryptography, digital signatures, firewalls etc, must be used to prevent malicious users/software from penetrating into the network.

Many organizations and companies have already traced the potential risks and they have developed Risk Management Plans and Business Continuity Plans, after having recorded their assets, determined the possible risks, evaluated the propability of each risk etc.

So, the possibility of data manipulation or data loss not only is possible, but is also unacceptable. Especially when those data refer to transactions, because those transactions can be used to prove the ownership of assets.



Figure 1. Centralized Networks

Decentralized Networks

The next architecture refers to the decentralized networks (Figure 2), where there is not only one central controlling entity, but the rights to create and evaluate users' credentials have been shared among several independent entities. In this case the data are not stored to a central location, but they are splintered in parts and stored on different storage servers. At this point, we must stop and discuss the different choices that an IT administrator has (*Andrew Tar, 2017*). Either he can store the same copies of those data/transactions to each server (known as “**shared ledger**” and it is the default way), or he can split the data according to specific criteria in order to store them on different servers. In each case, those servers are connected through the network. Every node of the network has the ability to read and write data. That explains why if a new record is stored, deleted or edited from a node of the network, then all the nodes are going to have the ability to access this new record. If we study again the matter of a malicious user who wants to gain access on the network, now it becomes more clear the fact that even if he succeeds to penetrate, he can't manipulate all the data, as there are many copies of those data. So, the worst case scenario is to interrupt for a short while the access of a specific group of users/node to the data.

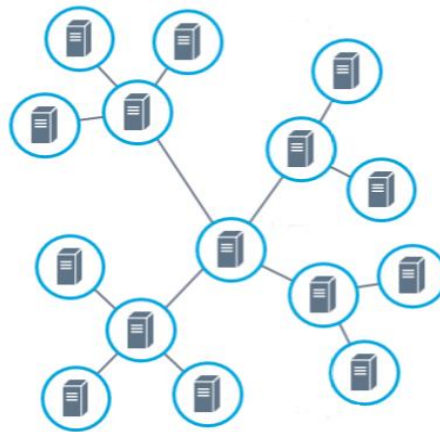


Figure 2. Decentralized Networks

Distributed Networks

The last architecture that we are going to examine refers to the distributed networks (Figure 3). At this kind of networks, there is no central controlling entity, neither independent entities which have administration rights. Each node is linked through the network with at least three (3) adjacent nodes and each one of them with another three or more nodes. Thus, when a node needs to store a new record of data/transactions it has to inform all the other nodes of the network, so as to have the same copy of data. A "**consensus mechanism**" is enabled in order to achieve a common agreement/verification of the new transaction. Then the copy of the new transaction is stored on each node (**distributed ledger**). At this point, we can safely conclude that the penetration of a malicious user to the network is a useless movement, as the consensus mechanism has the ability to trace any manipulated data. Also, the transaction between two nodes of this network should be the result of a very well organized/established smart contract, which contains rules and policies that are being agreed upon in common. Legal rules, financial rules and policies, in case a product or a cargo is destroyed, should be the highlights of this contract.



Figure 3. Distributed Networks

BLOCKCHAIN – A DECENTRALIZED NETWORK APPLICATION

The nodes of a network need to have a platform through which they will be able to interact with each other (for example to buy or/and sell a product). So, Blockchain is a Business Network Platform, known as “**Decentralized application - DApp**” (*Supply Chain 247, 2019*), which warrants the transparency of the transaction through which the ownership of an asset is being ensured. Also, the use of a distributed ledger provides data Integrity and Immutability, paperwork reduction, and due to the consensus mechanism, disputes, forgeries and unnecessary Risks are being eliminated.

At this point we will explain how the nodes of the network agree in order to store a new transaction on the next block. Several mechanisms/algorithms have been suggested, like Proof of Work (PoW), Proof of Stake (Pos), Proof of Activity (PoA), Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) etc, one of them is suitable and it depends on the way the initial stakeholders/creators of a blockchain have defined that this particular blockchain will work. In order to understand how these mechanisms work, we will explain only the Proof of Work (Andrew Tar, 2018), which is the mechanism of Bitcoin.

Let's start with a company (we will call it A) that wants to order a cargo of an industry (we will call it B) that is located on a different country, but both of them are on the same network.

STEP 1: Node “A” deposits the money for the cargo creating a transaction request.

STEP 2: Before node “A” broadcasts the transaction to the network, it will have to use asymmetric cryptography, a random number which is called “nonce” and a hash function, in order to encode the data and to create a digital signature of those data.

STEP 3: All the nodes of the network are trying to solve a mathematical problem which aims to discover the “nonce” (known as mining process). The first node which will discover the correct “nonce” gains the right to create the next Block and at the same time is being rewarded with a small part of the value of the specific transaction.

STEP 4: The Transaction is now stored on a Block and, with the aid of hash functions and hash references, is being combined with other transactions.

STEP 5: The new Block is added at the end of an existing Blockchain and it must be validated from other nodes of the network. The first node that will evaluate the validity of the enclosed data and the cohesion with the previous Block, will gain the right to be rewarded with a small fee.

STEP 6: The transaction is now completed, it is accessible from every node of the network (data transparency) and it can't be changed, it is **immutable**.

DIFFERENT KINDS OF BLOCKCHAINS

Reading the differences of the network architectures, a question may have already been born. Who decides which node has the right to participate in the network and which doesn't? Furthermore, as we have already mentioned on the decentralized architecture, there are some nodes on the network which will be responsible for creating and validating the users' credentials. So, a new question arises: Which are those nodes?

Also, if we go a step further, having in mind the General Data Protection Regulation (GDPR, 2018) it is positively certain that a new requirement is going to emerge. The need of a regulation and/or policies, concerning which node is going to have access on the transactions and which transactions will be able to be read (a part of them or all of them).

In order to answer such questions, we have to describe the four (4) different kinds of blockchains, what network architecture is suitable each time and whether there is a need for a trusted third entity. There are two (2) main criterias for dividing a Blockchain in categories: (a) Which node is going to have access on the network (b) which of those nodes are going to have only reading or reading & writing rights on the Blocks.

For example, if we create a network of raw material companies, pharmaceutical companies, pharmacies and freight forwarders or/and ocean freight forwarders, then the **blockchain is private**. In this case, there must be some nodes with administration rights (trusted third entities), which could be

for instance the European Medicines Agency – EMA and the National Organization for Medicines of each member state. So, the most **appropriate architecture is the decentralized**. On contrary, if pharmaceutical companies, maritime companies and freight forwarders or/and ocean freight forwarders could participate at the same time in the blockchain, then the blockchain is free to anyone. In this case, we have a **public blockchain** and the proper **architecture** is the **distributed** one.

In both cases, we have to determine which node will have the ability to write transactions on Blocks and on which of the existing transactions are going to have access (reading rights). If any node can create a new transaction request as we have described earlier and at the same time can read all the existing transactions, regardless if those transactions aren't theirs, then we have a **permissionless blockchain** (public or private). But, if specific participants only have the ability to write transactions on the Block and each node can read only its transactions, then we have a **permissioned blockchain** (private or public).

BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES (BT) AS A MOTIVATING POWER FOR BUSINESS INTELLIGENCE (BI)

As we have seen so far, Blockchain Technologies (BT) have many benefits (data integrity, transparency, immutability etc) and if we also combine other technologies like Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI), we could transform (**digitization**) businesses and/or organizations.

For instance, we could create a “**smart contract**” (between two specific nodes of the network) using “solidity” programming language and developing special rules, functions and events which will predict what will happen when a product/cargo is being destroyed on the supply channel, either accidentally or deliberately. Thus, a network of clever sensors, like temperature, humidity, light exposure or chemical exposure sensors (IoT), can communicate with the smart contract using the 5G Network. Consequently, depending on the rules of the contract, the sensors will trigger an alarm to inform both the receiver and the dispatcher of the product that there has been a destruction of the product. At the same time, the transportation of the product may be stopped or not, depending on the rules of the contract. In any case, the “**timestamp**” of the destruction has been stored on the contract and it is feasible to assign responsibilities on the culprit.

The most critical question arising by reading the previous paragraph is: Who decides those rules of the smart contract and how is the recipient's money secured in case of product destruction?

NETWORK NODES CONSTRUCT AN ECOSYSTEM

In both public blockchains (distributed networks) and private blockchains (decentralized blockchains) we have mentioned that there must be a platform which is going to be used from all the nodes of the network in order to buy/sell their products and only after a consensus mechanism validates and stores the transaction with an immutable way.

An **Ecosystem** is created containing: (a) Technical Equipment, which is going to connect the different nodes of the network regardless of their geopolitical position, (b) a Network Platform (Dapp), which contains the proper mechanism to broadcast the new transaction, to validate it and after mutual agreement, to save it on a distributed ledger, and (c) a number of different entities/nodes, which are businesses and/or Organizations with a different vision (strategic goal), structure, culture and different processes to convert inflows to outflows. Thus, using Systemic Thinking we can conclude that an ecosystem is nothing more than a **Sociotechnical System** – STS (*Wikipedia, 2019*), where there is an interaction between people who are working in different Organizations/Businesses and through this interaction, the properties of the Ecosystem actually emerge.

SYSTEM THINKING FOR SOCIOTECHNICAL SYSTEMS

In centralized networks, we defined as a System the Company or the Organization. All the internal Divisions or Subdivisions are going to be the Subsystems of the under study System. The energy and the capital resources are the inflows of a System. The viability, the social responsibility, the financial integrity, the organizational knowledge, the products and the quality control of the products are some

of the most important factors of the outflows. The Internal Environment of the under study System consists of the inflows, the outflows and the procedures and/or technologies that are being used to convert inflows to outflows.

There are also many factors that affect the Systems' function, like the regulatory/legislative framework, the politics of the country in which the System is situated, the technological developments, the financial framework etc. All of these form the Indirect Environment of the System. The competitors, the partners, the suppliers and the customers are the main entities of the Direct Environment of the System (*Leah May Cabugao, 2016*).

However, an Ecosystem is a network of entities, entities that might be the customers, the suppliers, even other companies that are competitors. As we can see, those entities are the subsystems of a bigger system. Using the definition of "System" we will finally prove the reasons why we must manage those ecosystems using systemic methodologies and theories.

So, "System" (*Russell Ackoff, 1981*) is: "a single set, which has one or more defining functions and consists of two or more essential parts, fulfilling three (3) basic rules". The "defining function" is nothing more than the role that each entity (subsystem) serves within the System, through which we will understand the cause of the System Existence and how it works.

At this point we establish that the word "System" will be used whenever we refer to the whole network of different entities. Subsystems of this System are going to be each entity of the network. More specifically:

1. The "essential parts" are the parts that are vital for the System, if we exclude one of them then the System can't be functional. In order to define what are the essential parts on this System we must consider the first rule (each essential part can influence the behaviour and/or the properties of the system it belongs to). At this point we will examine an example. Suppose that an entity/subsystem in the Blockchain aims to gain as much computer power as possible so as to act malicious (in proof of work mechanism) or to own more than 51% of the cryptocurrencies of the network (in proof of stake mechanism), then the actions of this specific entity/Subsystem or a group of entities/Subsystems are going to influence the whole System. Thus, we can conclude that: (a) each entity/Subsystem is an essential part of the whole System, (b) all the entities/Subsystems must be related to each other and (c) through the interaction of those parts the status/properties of the System will become evident.
2. Considering the third rule (if the divisions or/and subdivisions are organized in subsystems, then they inherit the properties of their hyper system) immediately came to our mind the question that we described earlier about the smart contracts. The rules and the policies of those contracts are going to influence the interaction between two or more Subsystems of the network. For example, if we create a smart contract that has very strict financial rules, concerning the fact that the product may be destroyed accidentally (while is being transported through the supply channel), in this case and due to the disintermediation that we have achieved using the Blockchain Technologies (no need for insurance contracts), the financial damage of the dispatcher it might be much higher than its financial strength. So, not only it raises a need for cautious movements, as far as the management of those contracts is concerned, but we can also define the **essential parts** of a Subsystem which certainly take part while this contract is being established. Those are: (1) the Legal Affairs Department, which will define the legal policies of the smart contract, (2) the Financial Affairs Department, which will decide the contract time limits and the rules of reimbursement in case of product/cargo destruction, (3) the IT Department, which will create the contract, converting the legal and financial rules to source code, and finally (4) the Manager – CEO (or the Management Department depending on the structure of the company/Organization) which will be responsible for the coordination of all those parts and to ensure that the vision of their Company/entity/Subsystem isn't in contrast to the vision of the Blockchain Network (Figure 4).

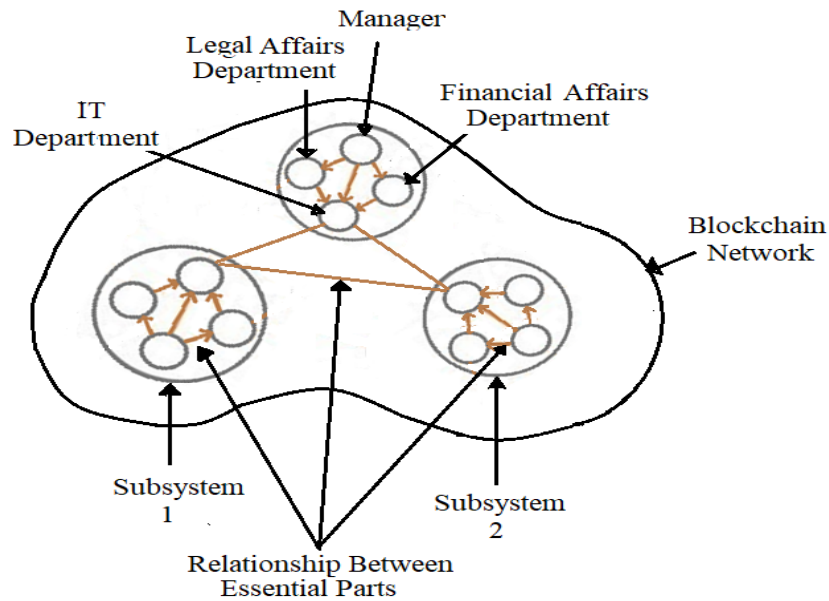


Figure 4. Blockchain Network as a System

DCSYM METHODOLOGY FOR VISUALIZATION OF SOCIOTECHNICAL SYSTEMS

As we have seen in the previous chapter, System Thinking can be applied on a network of entities, but how can we depict the structure of this System by drawing? Thus, we must use a systemic methodology to visualize this System in order to trace its structure, the inheritance of properties from the System to its Subsystems and to define how they communicate and what are their controls.

In order to apply the Design and Control Systemic Methodology – DCSYM (*Assimakopoulos Nuikitas, 2009*), first we need to define a few factors. So, suppose that a network of 4 entities (three pharmaceuticals companies and one freight forwarder company), located in Greece has been established and that they have mutually agreed to participate in a Blockchain platform (DApp), in order to buy and sell their products. They have also agreed that their cryptocurrency will be a coin similar to euro and that each company will have the ability to participate simultaneously in other Blockchains too, for example with the pharmacies that they cooperate or with other retailers.

Prior to Blockchain, those companies were separate entities and in fact, in many cases, they were competitors. Thus, using the DCSYM Methodology to imprint those Systems, we would have observed an image like the one in Figure 5. Where, companies 2,3 and the freight forwarder company are situated in the External Environment of company 1. We have also used the “Purposeful Action - U” for the control relationships between the Chief Executive Manager-CEM and other Department Chiefs (CMO, CFO, CLO and CITO). The “General Interaction or Influence - g” has been used to define the communication between companies 1,2,3 and 4.

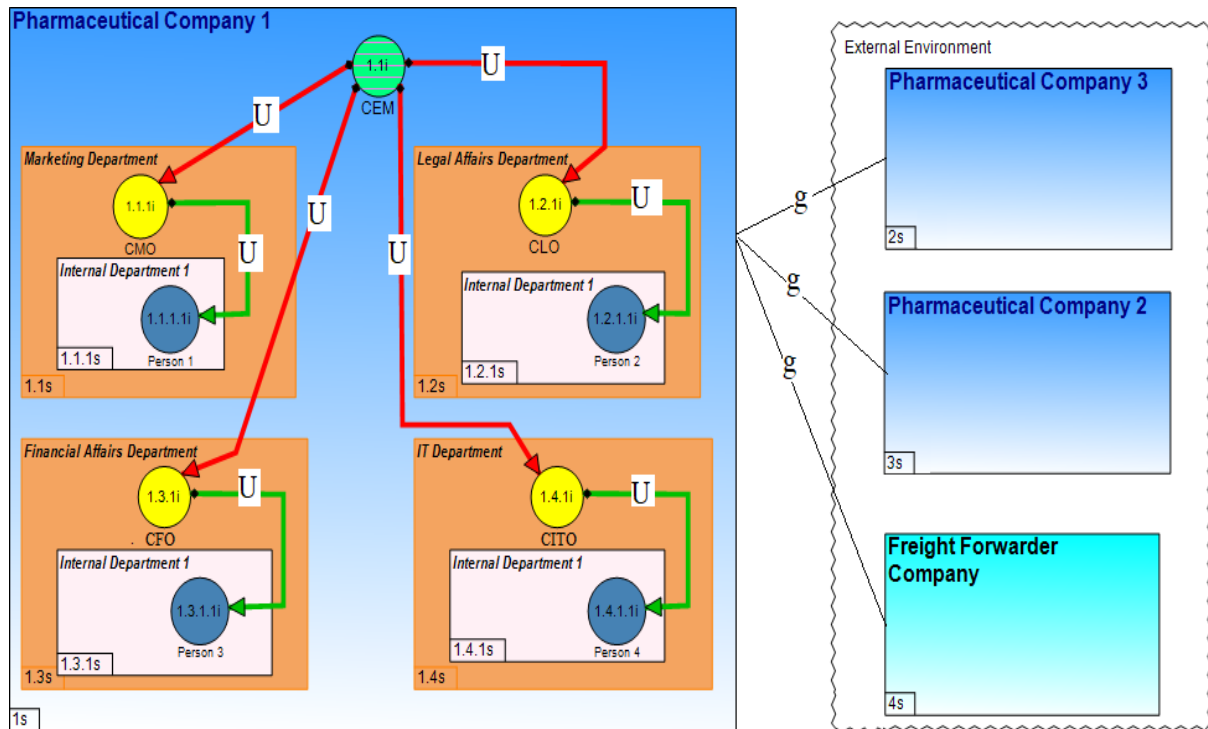


Figure 5. Before the usage of DApps

Nevertheless, using a Blockchain Platform over a distributed network (public blockchain), where everyone has access and there is no need for entities with administration rights, the System that is being created is visualized in Figure 6. In this network each company can append a smart contract with another company of the network, using the freight forwarder company of the same network. Due to the fact that the contract is just source code, the Chief of Informatics and Technology Officer- CITO of company 1 must communicate with the CITO of company 2 and the freight forwarder company. Also, in order to develop the correct legal and financial rules/policies, the Chief Executive Manager - CEM of company 1 must communicate and agree with the Chief Executive Manager of company 2. In addition, in order to develop the correct rules in case of product/cargo destruction, the communication between the Chief Executive Manager of company 1 and the CEM of the freight forwarder company is called for. (On figure 6 we have used one control entity, although we have mentioned that there must be more than one controlling entity in decentralized architecture. The scope of this figure is just to be understood from the reader by visualizing the structure and the possible communications and/or the control relationships between the Subsystems of a small decentralized network).

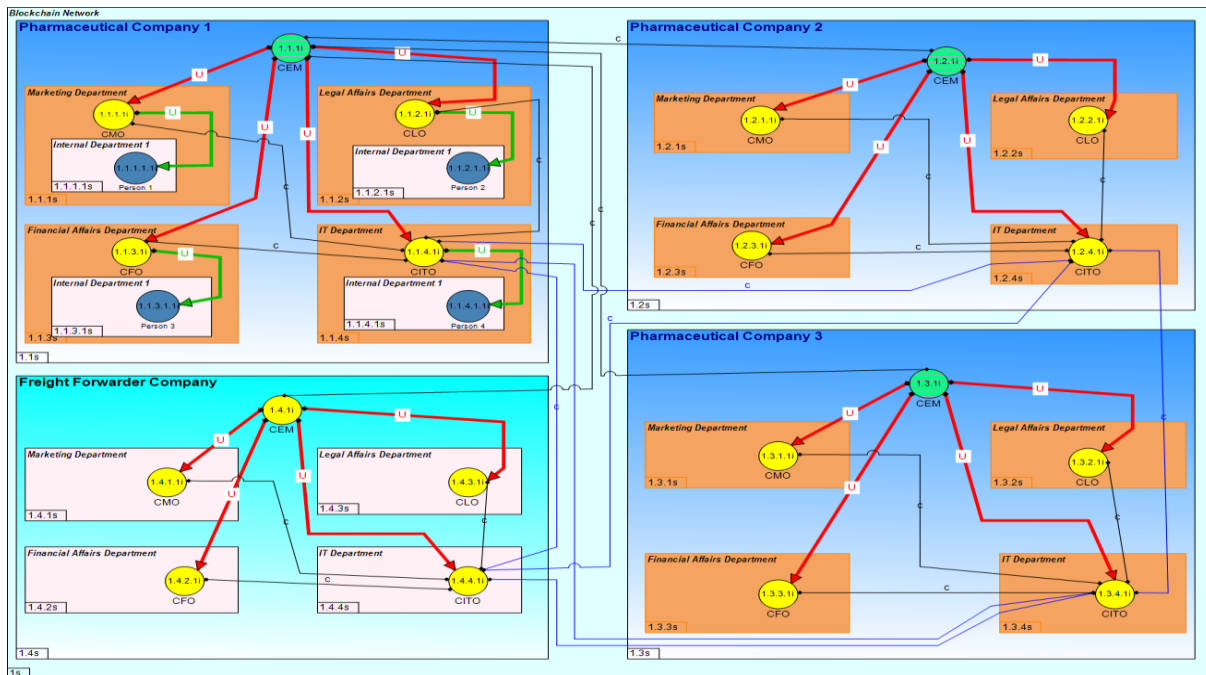


Figure 6. Using DApp over Distributed Network

But, in a private network there are some entities (q.v. company 1) that have administration rights. Those Subsystems are responsible for defining which node/Subsystem has the right to write on Blocks and which data it can read. In this case, the System is a little bit different as the administration rights will be drawn as control relationships with “Potential Conflict -P” between those Subsystems (Figure 7).

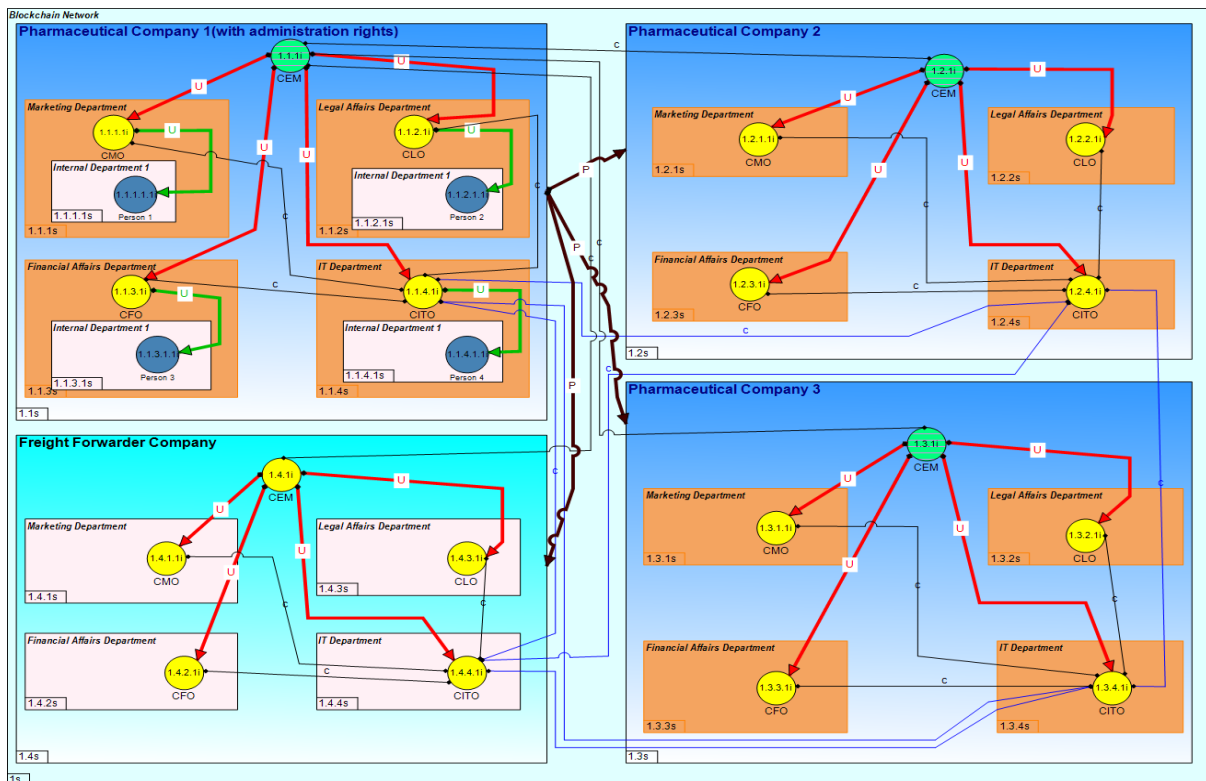


Figure 7. Using DApp over Decentralized Network

VSM MODEL FOR THE VIABILITY OF THE BLOCKCHAIN NETWORK

At this point we use the definition of Viable System: “A system is viable when is capable to ensure its independent existence”. The Viable System Model - VSM (*Anthony Stafford Beer, 1972*) has created the roots for the "Cybernetics management", which is applicable on all kinds of organizations, on the interconnections among organizations and on the interconnections among the essential parts of an organization (Figure 8). Thus, we consider the whole decentralized network as an organization of nodes, which must maintain the balance with its dynamically changing environment in order to achieve its viability/existence.

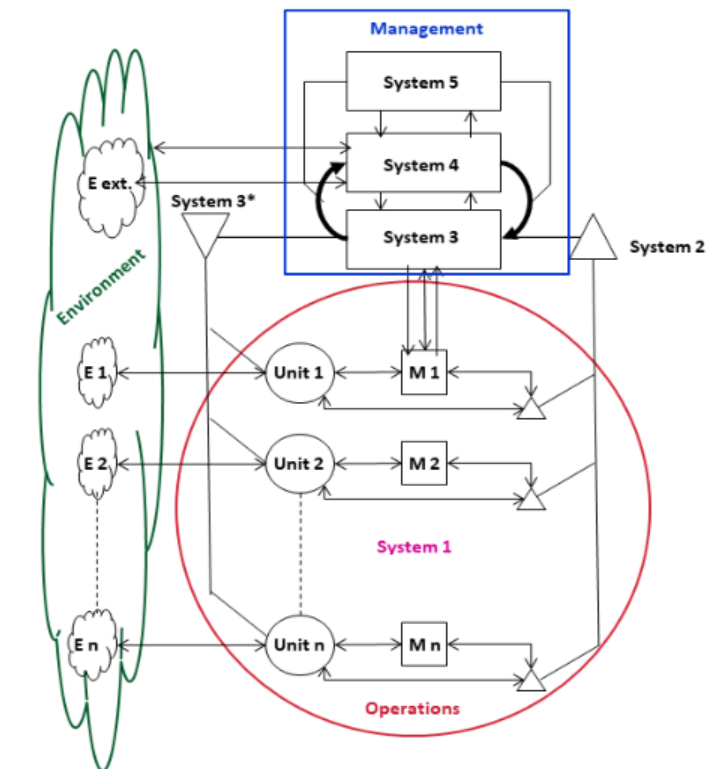


Figure 8. Viable System Model

We have chosen the private Blockchain as we can observe all the five (5) Systems of this Model. More specifically, we consider as:

For Layer 1 (Figure 9):

System 1: The basic activity of each entity of the private network is to interact with other entities of the same network for creating, validating and storing transactions (crucial operations). Thus, the operations in System 1 will be all the **nodes/entities/companies** divided depending on their subject matter. For example, an operation of System 1 will contain the companies that provide raw materials, another one will contain those companies which convert the raw materials to a final product/good. The freight forwarders or the ocean freight forwarders companies will be contained to another operation of System 1, and so on. The reason why we divided the operations of System 1 based on this criteria is to enforce the drawing of the next Layer (recursiveness).

System 2: (Monitoring the internal stability of the network and the coordination of System 1). The interoperability between the entities of System 1 can be achieved only with the use of the common platform (Decentralized Application). Through this DApp, the different companies/entities can communicate either with other entities (for example the Subsystems 12s, 13s and 14s in Figure 7) or with the entity which has administrative rights (Subsystem 11s in Figure 7).

System 3*: Is the Sporadic Audit of System 1. We can use an **Artificial Intelligent (AI) algorithm** which will record all the alarms that have been triggered on smart contracts and which of the Operations of System 1 were responsible for these triggers. The evaluation of the specific entity in System1 of the next Layer will define whether there is a need of improvement, or if there is a need to exclude this specific entity from the network.

System 3: This System controls the whole System 1 (Direction and Optimization) because, according to Stafford Beer, System 3 is a day-to-day administration. Due to the fact the the whole System 1 communicates with System 2 through the Decentralized Platform, that is why we suggest that System 3 must contain **all the IT Departments** of those entities that have administration rights on the platform and that are responsible for the creation and the validation of the nodes' credentials.

System 4: Is responsible for the Long Term viability of the whole System. At the same time, it monitors the changes of the environment and makes any appropriate changes. For example, changes on laws, a new framework for Information management or Risk management, financial changes on ICOs or new rules/policies from the European Council about the stablecoins. So, System 4 is going to be a **group of Legal Affairs Departments and Financial Affairs Departments of all the nodes who have administrartions rights**. Also, they will be responsible to inform their IT Departments for adding new source code on the common Platform regarding those new rules.

System 5: This System keeps the Identity of the whole. At the same time, it is an ultimate authority, who is responsible for the management of the differences between System 3 & System 4 and promotes the business intelligence of the whole network. That is why we propose to be the group of CEMs of those entities which have administrative rights.

Environment (of each unit of System 1): Companies that are not yet members of the private Blockchain that we are examining and that they are cooperating with one or more companies of an entity in System 1.

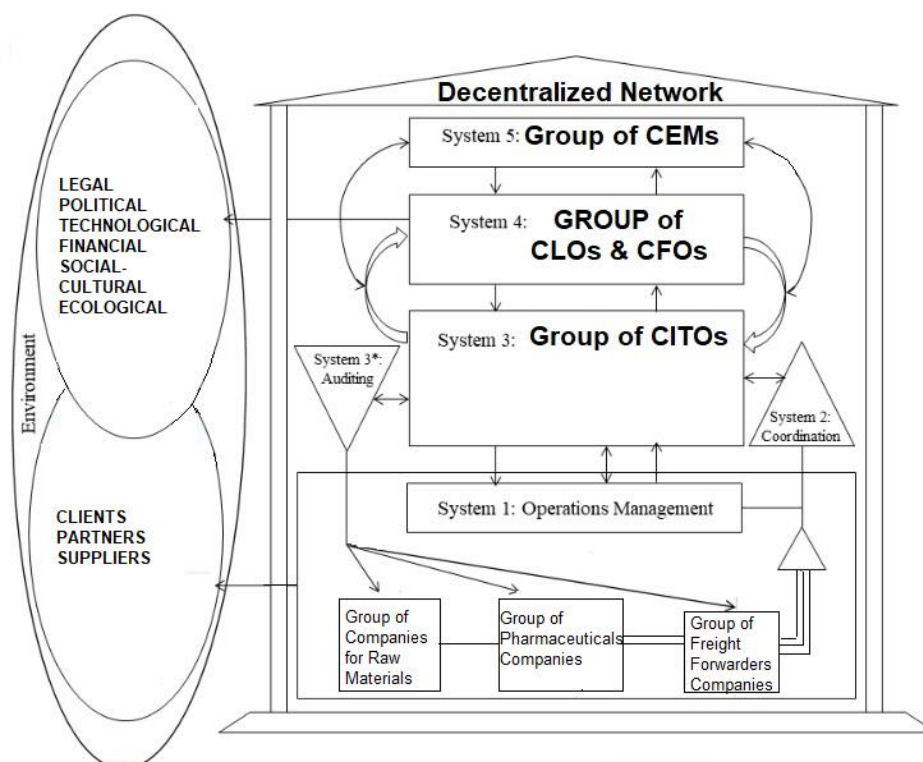


Figure 9. VSM on Decentralized Networks -Layer 1

For Layer 2:

System 1: Each operation of System 1 is a different company/entity/Subsystem of the same subject matter (for example raw materials companies) in Figure 7.

System 2: The smart Contracts through which new transactions will be created and will be saved through the use of the common Platform on Level 1.

System 3*: The specific rule, event and/or function of a smart contract, which will be enabled when an alarm will be triggered by a specific sensor of the IoT network.

System 3: The group of IT departments of the entities in System 1.

System 4: A group of Legal Affairs Departments and Financial Affairs Departments of the entities in System 1.

System 5: The group of CEMs of those entities in System 1.

Environment (of each unit of System 1): As we have mentioned before, a company might participate in a private Blockchain (so it is an entity in System 1), but it might also be a member of another Blockchain (for example, a Blockchain with its retail clients). In this case, those retail clients make up for the environment of the group, to which this System 1 entity belongs to.

We must mention that it is possible to identify the next Level (level 3), but it is out of the scope of this study.

CONCLUSIONS

In this study, we attempted to approach the Blockchain Technologies from a Systemic point of view. We started explaining what are the possible network architectures that can be applied on Decentralized Applications and we also described how Proof of Work mechanism works. We enriched the knowledge of our reader about the network of sensors (IoT) that should be used combined with the 5G Networks, in order to trace the product on the supply channel and so to trigger alarms on the smart contract in case of a product/cargo destruction.

We continued, describing the differences of the Blockchains so as to highlight their benefits, which in our opinion the most important are: (a) the data transparency and (b) the data immutability because through those we can prove the ownership of an asset. Certainly, the Blockchain Technologies possess a motivating power for Business Intelligence but there is a lot of work in front of us, as a legal framework needs to be developed.

Our study went one step further by applying a systemic approach on this Ecosystem (the network of entities which are located in different geopolitical positions). We presented which are the proper systemic methodologies not only for visualizing this Sociotechnical System, but also for ensuring its viability.

This study is just the beginning, it includes the first phase from a multi-phase process through which we will explain to the next generation of managers what are the proper methodologies, theories, models and tools that should be used in order: (a) to manage the stakeholders of a decentralized application, (b) to develop the proper policies and rules which will ensure the viability of the network (especially in decentralized architectures – private Blockchains), (c) to develop a risk management process in case of a malicious user or a group of malicious users. Finally, through our research we aim to educate them and to empower them with the proper knowledge on legal terms, financial terms and on code development regarding the Blockchain Technologies (BT).

RÉFÉRENCES

Daniel Drescher (2017). Blockchain Basics - A non-Technical Introduction in 25 Steps. Retrieved from: <https://www.apress.com/gp/book/9781484226032>

Ameer Rosic (2016). Smart Contracts: The Blockchain Technology That Will Replace Lawyers. Retrieved from: <https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/>

Wikipedia (2019, August 22). Timestamp. Retrieved from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Timestamp>

- Andreas M. Antonopoulos (2018, February 26). Blockchain Fundamentals – What is a Merkle Tree. Retrieved from: <https://medium.com/byzantine-studio/blockchain-fundamentals-what-is-a-merkle-tree-d44c529391d7>
- Hackernoon (2018, November 22). Asymmetric Cryptography in Blockchains. Retrieved from: <https://hackernoon.com/asymmetric-cryptography-in-blockchains-d1a4c1654a71>
- Saurabh Goyal (2015, July 1). Centralized vs Decentralized vs Distributed. Retrieved from: <https://medium.com/delta-exchange/centralized-vs-decentralized-vs-distributed-41d92d463868>
- Andrew Tar (2017, December 02). Decentralized and Distributed Databases, Explained. Retrieved from: <https://cointelegraph.com/explained/decentralized-and-distributed-databases-explained>
- Supply Chain 247 (2019, September 03). The Insolar Blockchain Business Network Platform. Retrieved from: https://www.supplychain247.com/paper/the_insolar_blockchain_business_network_platform
- Andrew Tar (2018, January 17). Proof-of-Work, Explained. Retrieved from: <https://cointelegraph.com/explained/proof-of-work-explained>
- EY – Building a better Working World (2018, August). General Data Protection Regulation (GDPR): The paradigm shift in privacy. Retrieved from: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-gdpr-aug-2018/\\$File/ey-gdpr-aug-2018.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-gdpr-aug-2018/$File/ey-gdpr-aug-2018.pdf)
- Wikipedia (2019, August 16). Sociotechnical System. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Sociotechnical_system
- Leah May Cabugao (2016, July 12). Chapter 2 – Business and its Environment (pages 20-46). Retrieved from: https://www.slideshare.net/leah_may6/chapter-2-business-and-its-environment-63932333
- Russell Lincoln Ackoff (Copyright 2017, Graham Berrisford). Ackoff's ideas- for applying system theory to management science. Retrieved from: <http://grahamberrisford.com/AM%204%20System%20theory/SystemTheory/ChallengingSystemsThinkers/Ackoff%27s%20ideas.htm>
- Assimakopoulos Nikitas (2009, January). The Design and Control Systemic Methodology (DCSYM): a multi-agent modelling and operation platform. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/247835569_The_Design_and_Control_Systemic_Methodology_DCSYM_a_multi-agent_modelling_and_operation_platform
- Anthony Stafford Beer (1972). Brain of the Firm from: https://books.google.gr/books/about/Brain_of_the_firm.html?id=T_A9AAAAIAAJ&redir_esc=y

L'ÉVALUATION CIRCULAIRE : UN MODÈLE SYSTÉMIQUE POUR PERMETTRE AUX ORGANISATIONS HUMAINES DE S'INSCRIRE DANS LA DURABILITÉ

Author(s) / Auteur(s) :

Piecq Andrée

Secrétaire générale de l'Union européenne de systémique (UES)

Directrice scientifique de l'Institut Indépendant de Systémique des organisations G.I.R.O.S.

a.piecq@gmail.com

Abstract / Résumé :

Le modèle systémique – « L'évaluation circulaire » – a été élaboré sur le plan théorique et a été mis en pratique. Son objectif est d'inscrire toutes les organisations marchandes, non marchandes ou administratives dans la durabilité. A intervalles réguliers, il accède à leur structure pour diagnostiquer leur fonctionnement. Il a été élaboré par Andrée Piecq dans le cadre de ses travaux centrés sur les organisations humaines.

L'« évaluation circulaire » est un processus qui, grâce à des observations multipliées dans le temps du fonctionnement de l'organisation, empêche l'apparition de spirales négatives. En effet, ce sont ces spirales qui menacent la durabilité de l'organisation.

Ce processus s'inscrit dans :

- une évaluation permanente ;
- la prise en compte des contextes, y compris celui du temps ;
- l'analyse des douze « principes directeurs » ;
- la mise en exergue les symptômes de bon fonctionnement ou de dysfonctionnement ;
- l'élaboration du diagnostic du fonctionnement de l'organisation ;
- l'élaboration des stratégies de changement/non changement qui répondent à la finalité de l'organisation.

En conclusion ce processus permet l'augmentation de la créativité de l'organisation et la conduit à s'inscrire dans la durabilité.

Keywords / Mots-clés :

évaluation circulaire, principes directeurs, diagnostics, stratégies de changement, durabilité

INTRODUCTION

L'observation de notre civilisation montre qu'elle a atteint un seuil de complexité inégalée et que pouvoir élaborer des stratégies face aux aléas qu'elle rencontre est devenu très difficile.

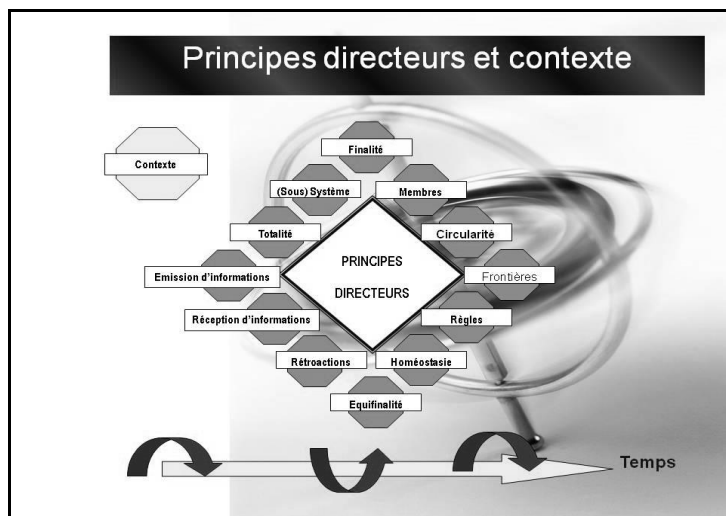
Les organisations sont attaquées de plein fouet par les pressions de l'environnement techniques, sociales et financières. Ces pressions les confrontent à des changements permanents de contextes et les obligent à évoluer. Une de leur principale priorité est devenue le maintien de leur cap pour s'inscrire dans la durabilité et développer leur capacité de résilience organisationnelle.

Un modèle systémique, « l'évaluation circulaire », est une réponse, tant théorique que pratique, à cette priorité. C'est un processus permanent qui évalue le fonctionnement des organisations afin d'élaborer des stratégies qui empêcheront l'apparition de spirales négatives et permettront à l'organisation de s'inscrire dans la durabilité.

1. COMMENT ÉVALUER LE FONCTIONNEMENT DES ORGANISATIONS ?

Évaluer le fonctionnement des Organisations se fait à l'aide du « Giroscope » (Piecq, 2011), un modèle systémique basé sur l'observation de l'ensemble des « comportements » de l'organisation (écrits, entretiens, des faits...). Ces comportements s'inscrivent dans les contextes dans lesquels l'organisation s'inscrit.

A partir de là, des hypothèses sont élaborées sur les « principes directeurs » mis en jeu. A savoir système/sous-système, membres, finalité, frontières, règles, circularité, totalité, émission d'informations, réceptions d'informations, rétroaction, homéostasie, équi-finalité (Piecq, 2011).



Ils sont en interactions, les uns avec les autres et avec les contextes de l'organisation et forment la structure de l'organisation. A partir de là, un diagnostic du fonctionnement de l'organisation est élaboré en termes de fonctionnement **opérant** ou **inopérant**. Des stratégies de types différents sont alors élaborées.

2. LES TYPES DE STRATÉGIES MISES EN PLACE

Elaborer des stratégies, c'est trouver le moyen d'introduire le changement mais en quoi consiste le changement ?

Pour Watzlawick (Fisch, Weakland, Watzlawick, 1975), il existe deux types de changement, le changement 1 et le changement 2 qui qualifient l'état dans lequel le système se trouve après la mise en place de tentatives de résolution de ses difficultés.

Le changement 1 **ne modifie pas** la structure de l'organisation :

- Les **interactions** se positionnent à l'**intérieur** des principes directeurs mais pas entre eux
- Ce sont **des changements purement correctifs**

Le changement 2 **modifie la structure de l'organisation** :

Les interactions entre les principes directeurs, et avec, les contextes sont modifiés et conduisent à une déviation de la norme et la nouvelle structure émerge. Pour rappel, Ilya Prigogine (Prigogine & Stengers, 1986) a écrit : "Sans la déviation de la norme, la discontinuité n'existe pas, et une nouvelle structure ne peut émerger".

Lorsqu'une organisation (une entreprise) rencontre des difficultés de quel qu'ordre qu'elles soient, les étapes préalables à suivre pour élaborer des stratégies de changement sont :

- **L'observation** et la **formulation** d'hypothèses sur les PDI, et l'établissement du diagnostic en fonctionnement opérant ou inopérant.
- **La vérification des hypothèses par un questionnaire.**
- **L'élaboration du diagnostic du fonctionnement en opérant ou inopérant**
- **L'approfondissement des sources présumées des difficultés présentées par l'organisation.**

- **Le Dépistage des pseudos changements** qui suppriment seulement le(s) symptôme(s) observé(s) sans modifier la structure même du système (les interactions).

Ces étapes permettent de pouvoir définir quelle stratégie mettre en place.

Si le fonctionnement de l'organisation est **qualifié d'opérant**, le conduire vers un changement **de type 1** sera suffisant. Ces stratégies sont des **AMENAGEMENTS**.

Si le fonctionnement est **qualifié d'inopérant** le changement doit **être de type 2**. Ces stratégies sont des **MUTATIONS**.

2.1. L'aménagement

Ce sont des stratégies mises facilement en place après leur dépistage. En effet, ce sont des changements purement correctifs qui ne modifient pas la structure de l'organisation

Elles nécessitent du « bon sens » et sont logiques.

Face à une difficulté A la stratégie sera non A

Mais changer une difficulté en son contraire si on n'en vérifie pas l'impact sur l'ensemble des PDI, peut amener une difficulté plus grande allant même jusqu'à faire émerger un changement de structure qui conduira à un fonctionnement qui peut devenir inopérant.

2.2. La Mutation

Ce sont des stratégies élaborées pour sortir de situations inextricables. Des aménagements ne permettent pas d'en sortir ou peuvent même faire empirer la situation. L'organisation doit être amenée à changer de structure en :

- Vérifiant les interactions entre les membres de l'organisation (départements, membres individuels), l'organisation et la situation.
- Tenant compte de ce qui ne doit absolument pas être modifié, car cela a déjà été expérimenté.
- Accédant au principe directeur qui sera le levier du changement.

Pour qu'il y ait mutation face à une **difficulté A**, **il faut avoir à la fois non A mais aussi pas non A**.

Le choix est rejeté, la modification se porte sur un autre PDI ce qui conduit à une transformation de la structure.

Les deux types stratégies peuvent avoir comme analogie des modifications faites dans des bâtiments :

- Soit il s'agit d'une modification interne qui consiste à peindre , à ouvrir une porte... ; c'est ce qui se fait avec « l'aménagement » qui change le « contenu »
- Soit il s'agit du renforcement des fondations nécessaires pour permettre d'ajouter un étage... C'est ce que fait « la mutation » en changeant les interactions.

3. L'ÉVALUATION CIRCULAIRE

Comme tous les systèmes, les organisations évoluent dans le temps.

Même si une hypothèse les considère comme opérantes à leur création, tout au long de leur vie, elles vont évoluer. Il est illusoire de croire que cet état ne sera pas modifié. L'observation a montré que toutes passent par des phases inopérantes, qui si elles ne sont pas corrigées, conduiront l'organisation à stagner ou régresser, voire même disparaître.

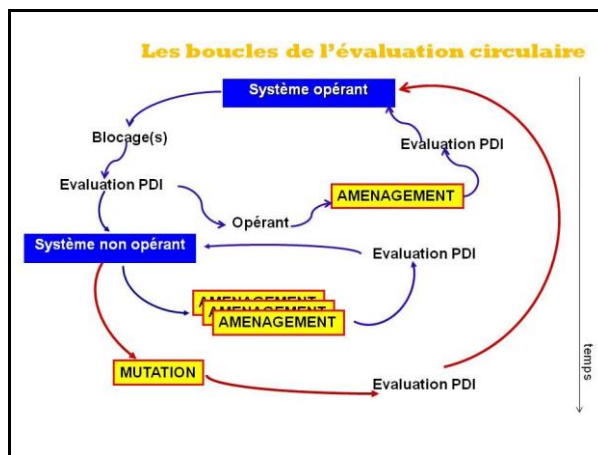
Le rôle de l'évaluation circulaire (Piecq, 2011) est de leur permettre d'évoluer par le dépistage de leurs difficultés et d'intervenir à temps avant qu'elles ne se transforment en blocages,

Son objectif est de piloter l'organisation dans la durabilité.

L'évaluation circulaire est un processus de régulation qui évalue régulièrement le fonctionnement de l'organisation en

- ne travaillant pas directement sur les blocages ;
- s'appuyant sur les PDI ;

- diagnostiquant l'état dans lequel l'organisation se trouve ;
- relevant les symptômes ;
- élaborant des stratégies en fonction du diagnostic qui :
 - 1) respecteront la structure de base de l'organisation en utilisant l'aménagement
 - 2) changeront la structure de base de l'organisation en utilisant la mutation pour élaborer une nouvelle structure.



CONCLUSIONS

L'évaluation circulaire conduit à diagnostiquer régulièrement l'organisation. C'est cette régularité qui permet de résoudre efficacement les difficultés de l'organisation, en adaptant les stratégies à utiliser pour qu'elle ne rate pas sa cible, pour qu'elle atteigne sa finalité, pour que ses interactions soient modifiées et pour s'adapter aux changements de contextes.

De plus si des difficultés n'ont pas été solutionnées par les stratégies d'aménagements elles vont s'enkyster devenir des impasses et le problème. L'évaluation circulaire conduit à élaborer la stratégie adéquate : la mutation.

Toutes les organisations rencontrent des difficultés au cours de leur cheminement, elles ne sont pas un « long fleuve tranquille ». L'observation montre qu'au cours du temps, les organisations humaines et non humaines même lorsqu'elles croient atteindre leur apogée doivent modifier leur structure pour survivre ou elles disparaîtront au profit d'autres. On pourrait dire que c'est ce qui est arrivé aux animaux préhistoriques qui n'ont pas pu muter lors des changements de climats.

"L'évaluation circulaire est un processus qui explore la vie des organisations qui analogiquement, peut être considéré comme un processus d'évaluation de LA VIE. Il observe le présent, interroge le passé, et grâce à une spirale infinie d'hypothèses, d'interrogations, de réflexions, d'élaborations et de transformations, se projette dans l'infini de l'avenir" (Piecq, 2011) ; elle est un processus qui explore la vie des organisations pour les inscrire dans la durabilité.

BIBLIOGRAPHIE

- Ashby, W.R. (1958). *Introduction à la Cybernétique*, Dunod, Paris.
- Fisch, R., Weakland, J., Watzlawick, P. (1975). *Changements paradoxaux et psychothérapie*, Paris : Le Seuil.
- Guattari F. (1975). "L'hétérogénéité machinique". *Chimère*, n°11, repris dans *Chaosmose*, Galilée, 1992 Seuil.
- Maturana, H., Varela, F. (1980). *Autopoiesis and Cognition : The realization of the Living*, Boston.

- Piecq, A., (2011). *De la pensée systémique à la pratique de l'organisation – "Le gyroscope"*. L'Harmattan, Paris.
- Prigogine, I., Stengers, I. (1986). *La Nouvelle alliance*, Gallimard.
- Prigogine, I., Glansdorff, P. (1971). *Structure, stabilité et fluctuations*. Masson.
- von Bertalanffy, L. (1973). *La Théorie générale des systèmes*, Dunod, Paris.
- Watzlawick, P., Beavin, J.H., Jackson, D.D. (1972). *Une logique de la communication*. Le Seuil.

LES NOUVELLES FORMES D'ORGANISATION (NFO) : DES SYSTÈMES HOMÉOSTASIQUES DE RÉSILIENCE STRATÉGIQUE

Author(s) / Auteur(s) :

Alphonse –Christian IVINZA LEPAPA

Docteur en Sciences de Gestion (ULB, Solvay, 2007)

DES en Télématique et Organisation (ULB, Faculté des sciences, 1997)

Professeur Honoraire de Gestion de la FWB (Belgique).

Professeur de Télématique et des Systèmes d'Information de Gestion (MIS) de l'ESU de la RDC.

ivinza@hotmail.com

Abstract / Résumé :

Les Nouvelles formes d'organisation (NFO) proviennent d'une nécessité régulière de garder la performance dans un environnement changeant. L'environnement actuel qui est dominé par les technologies de l'information et des télécommunications (TIC) a engendré la Net-économie. Désormais, les entreprises s'organisent autrement : il s'agit de la transition des formes d'entreprises pour assurer leur survie. Déjà Mintzberg (1979) introduisait la notion de transition dans les configurations structurelles.

Les entreprises et les organisations sont considérées comme un système en interaction avec son environnement. Seguin et Chanlat (1983, p. 26) définissent «l'organisation comme un système qui importe certains éléments de son environnement, les transforme et les exporte vers l'environnement».

Le changement organisationnel ou la transition structurelle dont il est question n'est pas naturel dans le sens où il ne s'agit pas d'un acte de gestion courante et opérationnelle. Mais, il s'effectue sous la pression de l'environnement, qui est une contrainte, c'est-à-dire un acte de gestion stratégique. Face aux transformations découlant de cette contrainte, il devient impérieux de redéfinir une nouvelle structure organisationnelle à adopter pour assurer la survie de l'entreprise (transition temporelle diachronique). La transition structurelle trouve son explication dans plusieurs éléments : le rapport avec l'environnement, alors le système est ouvert. La conservation des systèmes, assurer la survie.

Les entreprises sont des systèmes ouverts d'apprentissage à décideurs multiples qui doivent assurer leur conservation et leur survie. Deux concepts permettent d'illustrer la survie des organisations : l'état stationnaire mieux utilisé en cybernétique et l'homéostasie découverte par le médecin français Claude Bernard. Aussi, nous approcherons le changement organisationnel comme un phénomène homéostasique.

L'homéostasie est un processus complexe et autonome de régulation et d'équilibration dans les systèmes vivants. C'est «l'ensemble des processus organiques qui agissent pour maintenir l'état stationnaire de l'organisme, dans sa morphologie et dans ses conditions intérieures, en dépit des perturbations extérieures.» (Durand, 2006, p.19).

L'entreprise est un organisme vivant qui réagit aux changements et cherche à en tirer parti pour s'assurer un avantage sur ses concurrents. Deux facteurs exogènes poussent la création des nouvelles formes d'organisation (NFO) : les TIC et la Nouvelle Economie.

L'idée d'un impact organisationnel des TIC semble relever d'un déterminisme technologique renaissant de ses cendres comme à chaque grande vague d'innovations technologiques. (Kéfi et Kalika, 2005, p. 45). Ayant acquis déjà les économies d'échelle, les NFO recherchent aujourd'hui l'économie d'adaptabilité.

Le concept de résilience provient des travaux de recherche du docteur Boris Cyrulnik sur la capacité et le potentiel des enfants. En psychologie comme en management, la résilience représente la capacité et les attitudes d'un individu ou d'un système à surmonter l'incertitude.

En management on parlera de résilience stratégique qui n'est pas une manière de répondre à une crise passée. Pour Garry Harmel et Liisa Valikangas, elle concerne la capacité d'anticiper le changement avant que la nécessité de changer devienne une évidence. Dans cet article, nous présenterons quelques modèles homéostasiques utilisant les TIC pour la résilience stratégique pour assurer la survie des organisations par une transition structurelle (diachronique).

Keywords / Mots-clés :

nouvelle forme d'organisation (NFO), homéostasie, système homéostasique, résilience, résilience stratégique, TIC, changement organisationnel, transition structurelle

Dans cet article, nous présentons d'abord dans la première section les Nouvelles Formes d'Organisation (NFO) et les entreprises suivant une conception systémique. Les origines et les catalyseurs des NFO sont abordées.

La seconde section « Homéostasie dans les organisations » présente les concepts suivants : le changement organisationnel, la transition structurelle, l'état stationnaire et l'homéostasie.

La troisième section aborde le concept de résilience stratégique.

La quatrième section présente quelques modèles homéostatiques utilisant les TIC pour la résilience stratégique (MIT90, Triangle stratégique, Holy grail of IT, SAM-Strategic Alignment Model) pour assurer la survie des organisations par une transition structurelle (diachronique).

LES NFO, COMME ENTREPRISES SYSTÈMES

Cette section présente succinctement les origines et les catalyseurs des NFO et rappelle aussi notre conception des entreprises et des organisations du point de vue systémique.

Origine des NFO

Les Nouvelles formes d'organisation (NFO) proviennent d'une nécessité régulière de garder la performance dans **un environnement changeant**. L'environnement actuel qui est dominé par **les technologies de l'information et des télécommunications (TIC)** qui a engendré la **Net-économie ou l'économie numérique**.

Désormais, les entreprises s'organisent autrement : entreprise numérique, entreprise réseau, entreprise virtuelle, télétravail, etc. Il s'agit de la transition des formes d'entreprises pour assurer leur survie.

Les entreprises et les organisations comme système

Les entreprises et les organisations sont considérées, selon l'école systémique du paradigme fonctionnaliste, comme un système en interaction avec son environnement. Seguin et Chanlat (1983) définissent « l'organisation comme un système qui importe certains éléments de son environnement, les transforme et les exporte vers l'environnement ».

D'autre part, Luc Wilkin (1999-2000, p.180) considère que « les organisations sont des systèmes ouverts, dont le mode de fonctionnement interne doit être adapté aux caractéristiques de l'environnement ». Pour qu'une organisation soit en interaction avec son environnement, il faut qu'elle soit considérée comme un système ouvert, celui pour lequel la survie dépend de l'extérieur.

Les catalyseurs des NFO

L'entreprise est un organisme vivant qui réagit aux changements et cherche à en tirer parti pour s'assurer un avantage sur ses concurrents. Deux facteurs exogènes poussent la création des nouvelles formes d'organisation (NFO) :

- les **TIC** (réseaux informatiques, connectivité, interopérabilité, haut débit) ;
- la **Nouvelle Economie** (recherche de la compétitivité et des performances ; globalisation des marchés des produits et des ressources).

L'idée d'un impact organisationnel des semble relever d'un déterminisme technologique renaissant de ses cendres comme à chaque grande vague d'innovations technologiques. (Kéfi et Kalika, 2005, p.45). Ayant acquis déjà **les économies d'échelle**, les NFO recherchent aujourd'hui **l'économie d'adaptabilité**. Ces entreprises préfèrent investir en système d'information que d'acheter un mobilier de luxe.

HOMÉOSTASIE DANS LES ENTREPRISES ET ORGANISATIONS

Pour la bonne compréhension de notre approche, nous apportons quelques éclaircissements sur les expressions changement organisationnel et transition structurelle. A la fin de cette section, nous contrastons les concepts état stationnaire et l'homéostasie du point de vue organisationnel.

Changement organisationnel ou transition structurelle

1° Le changement organisationnel

Le changement organisationnel ou la transition structurelle dont il est question n'est pas naturel dans le sens où il ne s'agit pas d'un acte de gestion courante et opérationnelle. Mais, il s'effectue sous la pression de l'environnement, qui est une contrainte, c'est-à-dire **un acte de gestion stratégique**. Face aux transformations découlant de cette contrainte, il devient impérieux de redéfinir une nouvelle structure organisationnelle à adopter pour assurer la survie de l'entreprise (transition temporelle diachronique).

La crise provoquée par cette contrainte peut être « conçue comme une rupture créatrice. C'est un facteur de propagation des méthodes modernes. Le changement organisationnel est une condition pour que le changement stratégique réussisse. » (Godelier, 1998, p.26 et sq.)

Le changement organisationnel ou la transition structurelle trouve son explication dans plusieurs éléments, nous retiendrons quant à nous, les deux suivants :

- Le **rapport avec l'environnement**, alors le système est ouvert.
- La **conservation des systèmes**, la survie.

2° Transition des configurations structurelles (Ivinza Lepapa, 2007)

Déjà Mintzberg (1979) introduisait la notion de transition dans configurations structurelles.

Parmi les quatre possibilités suggérées par Mintzberg pour exploiter **les configurations structurelles, la transition des structures s'approche des finalités du modèle d'impact des TIC et donc de l'apparition des NFO**. « La théorie des configurations structurelles peut aussi nous servir de base pour nous aider à comprendre comment et pourquoi les organisations entreprennent des transitions d'une structure à une autre » (p.415).

Il y a **deux formes de transition, la première** s'applique aux organisations qui commencent dans des environnements simples, **la seconde** s'applique aux organisations nées dans des environnements complexes.

Les études de transition ne peuvent être appréhendées que de façon diachronique (temporelle), car il s'agit des structures organiques, contrairement aux structures mécanistes qui peuvent être étudiées de façon synchronique (à un moment donné). « Les transitions structurelles suivent souvent avec retard les conditions qui les ont provoquées » (p.417).

Dans l'étude de l'impact organisationnel des technologies de l'information (de l'apparition des NFO), nous avons attiré l'attention **sur les étapes du développement structurel** : « à mesure que les organisations grandissent, elles passent par des périodes de transition structurelles, qui sont des changements de nature plutôt que des changements de degré » (p.223).

On retrouve aussi le concept de transition des configurations structurelles dans le « CBIS model » de Hossein Bidgoli (1997, p.5) qui cite « **information system life cycle (ISLC)** », comme l'un des sept éléments composant le CBIS. Selon lui, la vie d'un CBIS comprend quatre stades (introduction, croissance, maturité, déclin) qui dépendent des besoins des managers de chaque entreprise.

Etat stationnaire et Homéostasie

Les **entreprises sont des systèmes ouverts d'apprentissage à décideurs multiples qui doivent assurer leur conservation et leur survie**. Deux concepts permettent d'illustrer la survie des organisations :

- **L'état stationnaire** mieux utilisé en cybernétique
- et **l'homéostasie** découverte par le médecin français Claude Bernard.

Dans cet article, nous approcherons le changement organisationnel comme **un phénomène homéostatique**.

Daniel DURAND (2006, p.19) relève les différences suivantes :

- « A la différence de la machine artificielle qui continue à exister sans fonctionner, l'arrêt de fonctionnement de l'organisme soumis à l'homéostasie signifie mort et corruption du corps ; le maintien de l'organisme vivant s'effectue en quelque sorte par un renouvellement constant de ses composants sans que son identité soit changée.
- Le système vivant fabrique lui-même ses propres constituants à partir d'éléments fournis par son environnement et réorganise sa propre structure ; la machine artificielle a été créée par un intervenant extérieur. »

L'homéostasie est un processus complexe et autonome de régulation et d'équilibration dans les systèmes vivants. Cannon le définit comme « l'ensemble des processus organiques qui agissent pour maintenir l'état stationnaire de l'organisme, dans sa morphologie et dans ses conditions intérieures, en dépit des perturbations extérieures. » (Durand, 2006, pp.18-19)

On peut donc, considérer **l'homéostasie** comme « la conjonction des processus par lesquels un système résiste au courant général de corruption et de dégénérescence. Elle désigne donc l'ensemble des rétroactions correctrices et régulatrices par lequel la dégradation déclenche la production et la réorganisation » (Boque, 1993, p.76).

Par le *concept d'homéostasie*, le changement organisationnel s'explique aussi aisément, suivant l'hypothèse d'Edgar Morin qui considère que la vie d'un système implique un double mouvement :¹

- *un mouvement de corruption et de désorganisation,*
- *un mouvement de fabrication et de réorganisation.*

Grâce au concept systémique d'homéostasie nous pouvons dire que l'organisation évolue dans un environnement qui offre des opportunités d'une part et des menaces d'autre part. L'entreprise se comporte alors comme « un organisme vivant qui réagit aux changements et cherche à en tirer parti pour s'assurer un avantage sur ses concurrents. La combinaison de ces facteurs crée un environnement de plus en plus concurrentiel et changeant autour de l'entreprise, l'obligeant à des efforts d'innovation de plus en plus intenses. » (Jabes Jak, 1996, p.594).

LA RESILIENCE STRATÉGIQUE

La résilience stratégique est abordée en deux étapes. D'abord la compréhension du terme résilience et ensuite l'aspect stratégique qui en résulte.

La résilience

Le concept de **résilience** provient des travaux de recherche du docteur Boris Cyrulnik sur la capacité et le potentiel des enfants. En psychologie comme en management, la résilience représente la capacité et les attitudes d'un individu ou d'un système à surmonter l'incertitude. Il s'agit de vivre et de se développer en parvenant de vaincre les risques et à surmonter les chocs et traumatismes. Elle illustre la capacité adaptative de l'individu à mieux connaître ses limites et à vaincre ses peurs.

Nous basant sur cette compréhension, notre propos qui concerne la résilience des entreprises et des organisations, donc les NFO qui recherchent aujourd'hui **l'économie d'adaptabilité**. Cette adaptabilité doit permettre d'assurer la survie des entreprises. Cette survie marque le passage de l'ancienne organisation vers les NFO.

La résilience stratégique

En management on parlera de **résilience stratégique** qui **n'est pas une manière de répondre à une crise passée**, mais un **modèle d'anticipation**. Pour Garry Harmel et Liisa Valikangas, la **résilience**

¹ Cette partie résume Edgar Morin, 1977, pages 182 à 223 citée par BOQUE Jean-Michel, *L'organisation en tant que système paradoxal*, in BONAMI Michel et all, *Management des systèmes complexes : « Pensée systémique et intervention dans les organisations »*, 1993, de Boeck page 15.

stratégique consiste à la **capacité d'anticiper le changement avant que la nécessité de changer devienne une évidence**.

Elle consiste à anticiper et à ajuster continuellement des tendances qui peuvent en permanence détériorer la capacité de l'activité corps de métier à générer des revenus.

La résilience stratégique ressemble à la veille stratégique, qui est basée sur le principe d'anticipation.

RÉSILIENCE STRATÉGIQUE ET SYSTÈMES HOMÉOSTATIQUES UTILISANT LES TIC

La résilience stratégique peut être opérée grâce à des modèles homéostatiques. Nous présenterons ci-dessous quelques modèles homéostatiques utilisant des TIC pour réaliser la résilience stratégique qui permettra la survie des entreprises et organisations et donc le passage de l'ancienne organisation vers les NFO.

Il existe plusieurs modèles dans la littérature du MIS, nous en avons choisi quelques-uns utilisés pour assurer la survie des organisations par une transition structurelle (diachronique) :

- MIT 90,
- Triangle stratégique,
- Holy Grail of IT,
- SAM-Strategic Alignment Model.

Les travaux du MIT 90

En 1984, à la Sloan Management School du MIT s'est constitué un groupe qui avait pour but d'étudier :

1. la turbulence de l'environnement (social, politique, technique et économique) ;
2. l'évolution des TI de la prochaine décennie suivant six aspects (matériels-hardware, logiciels-software, réseaux, poste de travail, robotique, puces intelligentes).

Les organisations suivant le paradigme fonctionnaliste des écoles systémiques et de contingence structurelle doivent continuer à survivre devant la turbulence de l'environnement et de l'évolution rapide des TI. Ce qui implique, bien sûr, la maîtrise des changements qui se répercuteront sur les organisations.

1° Les principales conclusions de la recherche (Scott Morton, 1991, pp.3-28)

Les travaux du MIT 90 ont retenu six impacts majeurs des TI.

1- *Les TI permettent d'apporter de profonds changements à la façon de travailler.*

Trois sortes des travaux subissent le changement projeté : le travail de production, le travail de coordination, et le travail de management.

2- *Les TI rendent possible l'intégration des fonctions à trois niveaux, à l'intérieur de l'organisation aussi bien avec d'autres organisations.*

Cette intégration se manifeste sous quatre formes :

- à l'intérieur de la chaîne de valeur ajoutée,
- dans les liaisons de bout en bout de chaînes de valeur ajoutée entre organisations,
- dans la substitution de chaîne de valeur ajoutée, grâce à une sous-traitance ou une alliance,
- et dans les marchés électroniques.

3- *Les TI créent des modifications dans le climat de concurrence de nombreuses branches professionnelles.*

4- *Les TI offrent de nouvelles opportunités stratégiques aux organisations qui révisent leurs missions et leur fonctionnement.*

5- *Pour réussir dans l'utilisation des TI, il faut apporter des changements dans le management et dans la structure de l'organisation.*

6- Un problème majeur des années 90 sera, pour les directions, de faire passer leurs organisations par toutes les transformations nécessaires pour réussir dans un environnement globalement concurrentiel.

2° Les cinq forces de l'organisation du MIT 90

Les impacts ci-dessus repérés correspondent à cinq forces de l'organisation qui sont : les technologies, les individus et rôles, les structures, le processus de management et la stratégie.

A vrai dire, le cadre du MIT 90, n'est que le raffinement du modèle de Leavitt (1968, p.325), auquel on a ajouté les environnements technologiques et socio-économiques externes.

Ces cinq forces sont représentées dans la figure ci-dessous (Scott Morton, 1991, p.35).

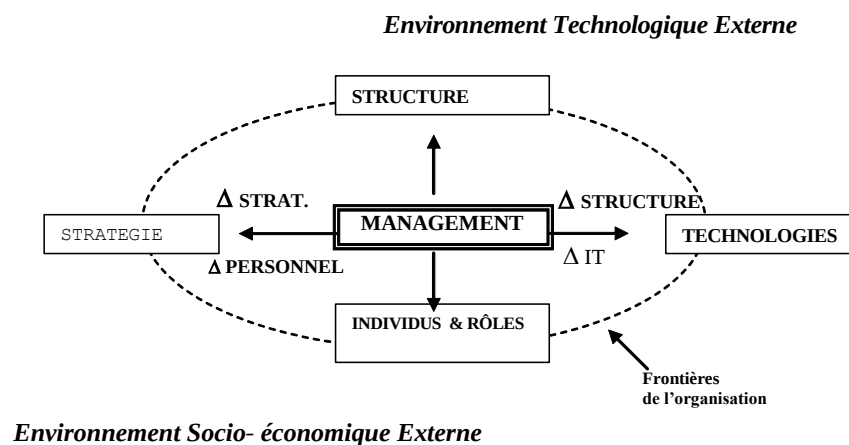


Figure 1. Le rôle du management dans le processus du changement (Cadre du MIT 90)

Le cadre du MIT90 propose cinq composants qui sont : la structure, la stratégie, les TI, les individus et le management. Ce modèle est du type homéostatique son utilisation assure la survie d'une organisation.

Le triangle stratégique et l'organisation intelligente

A la suite des travaux du MIT 90, Hubert Tardieu et Bernard Guthmann (1992) présentent le fondement du triangle stratégique, qui est un système d'auto - référence partielle comprenant la stratégie, la structure et les technologies de l'information.

"Le triangle stratégique ne s'est pas constitué en un jour. On peut identifier schématiquement trois grandes périodes :

- Les années 60, avec les travaux de R. Anthony et A. Chandler aux USA ainsi que J. Mèlès en France. L'entreprise est alors vue comme un système cybernétique.
- Les années 70, avec les travaux de H. Simon, M. Scott Morton et G. Davis aux USA ainsi que J.L. Le Moigne en France. L'entreprise est alors vue comme dotée d'une mémoire et capable d'organiser son processus de décision.
- Les années 80, avec les travaux de M. Porter, C. Wiseman et R. Wilenski aux USA. L'entreprise est désormais vue comme devant tirer partie d'opportunités stratégiques qui s'offrent à elles et donc concernée par la compréhension de son environnement." (Tardieu & Guthmann, 1992, p.23)

Ce triangle est représenté à la figure 2.

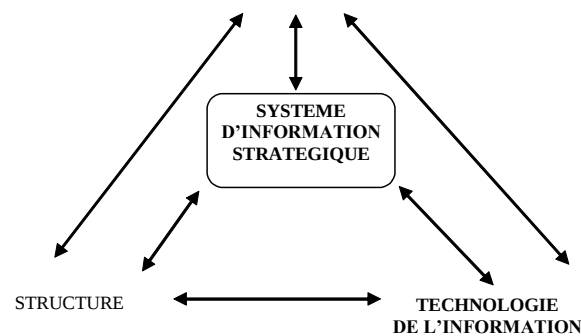


Figure 2. Le Triangle stratégique

Le triangle stratégique propose trois composants (TI, structure, stratégie) qui sont articulés autour du système d'information stratégique.

"La stratégie détermine les structures de l'entreprise, mais les technologies de l'information aident à déterminer la stratégie et à en faire le suivi. Les structures déterminent l'usage des technologies de l'information et permettent de déterminer les coups stratégiques qui eux-mêmes constituent la stratégie." (Tardieu & Guthmann, 1992, p.67) Cette notion de système auto - référence était déjà évoquée dans l'article "Système d'information et pilotage de l'entreprise : quelques boucles étranges" (Tardieu & Guthmann, 1992).

Le Grasce (Groupe de recherche sur l'adaptation, le systémique et la complexité économique) dirigé par le Professeur Jean- Louis Le Moigne, avait vers la même période inscrit dans son programme de recherche la théorie des organisations intelligentes en proposant (Bartoli & Le Moigne, 1996) :

- des bases épistémologiques et paradigmatiques,
- des méthodologies de conception des systèmes d'information intelligents, supports de l'éco - pilotage stratégique,
- et quelques exemples des organisations intelligentes.

Ce modèle est aussi du type homéostatique, son opérationnalisation peut assurer la survie d'une organisation dans la perspective de la résilience stratégique.

The Holy Grail of IT: a circle of forces

Bob Galliers et Walter Baets (1998, pp.3-6) reprenant Baskerville et Smithson (1995) considèrent que très peu des études et recherches concernant les impacts organisationnels des TI sont descriptives et holistiques. Cela proviendrait de cinq raisons majeures (notre traduction) :

1. Les professionnels des TI tendent toujours à généraliser une expérience heureuse en paradigme managérial de succès.
2. Les chercheurs des TI cherchent une formule universelle qui va transformer n'importe quel type d'organisation d'une situation médiocre en une situation excellente.
3. Les chercheurs des TI donne une préséance aux TI et néglige d'autres facteurs important que sont le social et l'environnement.
4. Les théoriciens du management semblent incapables à lier l'imprévisibilité de la nature humaine dans l'organisation et son contexte culturel.
5. Plusieurs facteurs critiques influencent les impacts organisationnels des TI et les formes émergentes des organisations (organisation intelligente).

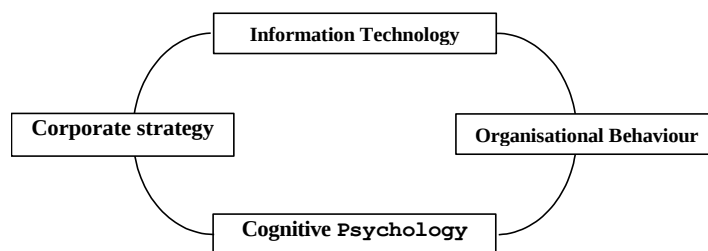


Figure 3. Circle of forces for the consideration of IT and organizational transformation

Galliers et Baets (1998, pp.6-8) considèrent que quatre forces expliquent les impacts organisationnels des TI, suivant la figure 3 ci –dessus.

Information technology (technologie de l'information). Ces quatre dernières décennies, les technologies de l'information ont marqué les différents changements organisationnels.

Corporate strategy (Stratégie d'entreprise). Deux tendances marquent la stratégie de l'entreprise avec les TI. La première tendance concernant l'insertion des TI dans la stratégie de l'entreprise, la seconde tendance concernant le "design school" est influencée surtout par la pensée systémique et contingencialiste.

Organizational behaviour (Comportement organisationnel). Cette force est remarquable pour les organisations intelligentes, qui permettent aux membres d'évoluer dans le même ordre que l'entreprise.

Cognitive Psychology (Psychologie cognitive). Cette tendance devient pertinente avec l'émergence des organisations intelligentes et des réseaux neuronaux. C'est ce que le programme du GRASCE appelle intelligence organisationnelle (Bartoli et Le Moigne, 1996).

Ce modèle est aussi du type homéostatique, son opérationnalisation est difficile, mais il peut assurer la survie d'une organisation dans la perspective de la résilience stratégique.

L'alignement stratégique des TI comme modèle de changement organisationnel

1° Cadre théorique. (Venkatraman, 1991,1995; Henderson et Venkatraman, 1994, Henderson, Venkatraman and Oldach, 1996)

Dans une de ses conclusions, le rapport du MIT90 a montré que dans l'environnement concurrentiel actuel, aucune entreprise ne peut se passer des TI. Pour fonctionner dans cet environnement, les entreprises doivent aligner consciemment leurs stratégies et leurs structures sur les TI. Cet alignement doit être dynamique, c'est à dire évolutif entre le contexte stratégique de l'entreprise et des TI dans le cadre d'un modèle appelé SAM (Strategic Alignment Model).

Le modèle théorique d'alignement stratégique (SAM) proposé par Venkatraman (1991, pp.122-158) comprend quatre composants : la stratégie commerciale (stratégie d'entreprise), l'infrastructure et les processus de l'entreprise (infrastructure organisationnelle), la stratégie des TI, l'infrastructure et les processus des TI (infrastructure des SI).

Ce modèle est analysé suivant trois types de relation :

- **bivariée verticale** qui représente l'intégration stratégique (stratégie d'entreprise- infrastructure organisationnelle, stratégie des TI- infrastructure des TI),
- **bivariée horizontale** qui représente l'intégration fonctionnelle (stratégie d'entreprise- stratégie des TI, infrastructure organisationnelle- infrastructure des TI),
- **multivariée** qui donne les quatre triades du schéma d'alignement stratégique : *potentiel concurrentiel* (stratégie d'entreprise- infrastructure des SI – infrastructure organisationnelle), *potentiel technologique* (stratégie d'entreprise- stratégie des TI - infrastructure des SI) *valeur de l'entreprise* (stratégie d'entreprise- stratégie des TI - infrastructure organisationnelle), *niveau de service* (stratégie d'entreprise- stratégie des TI -infrastructure des SI).

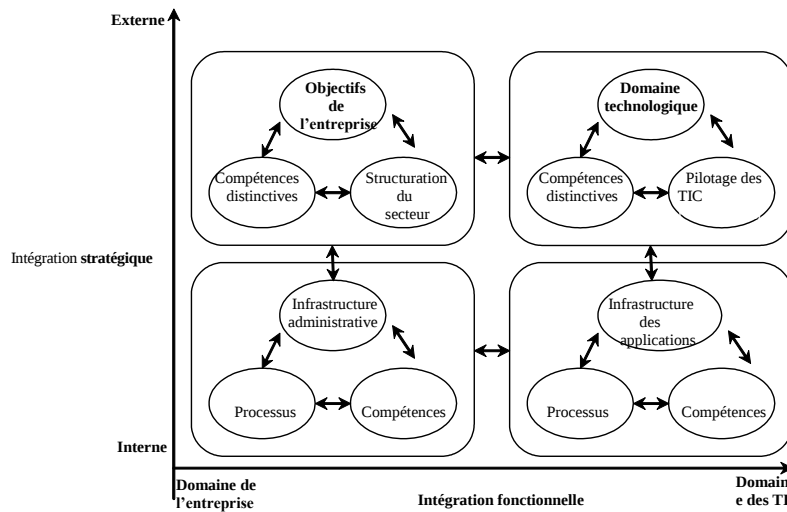


Figure 4. Le modèle d'alignement stratégique

2° Les niveaux de reconfiguration d'entreprises provoquées par les technologies de l'information².

Ce modèle propose cinq niveaux de reconfiguration provoqués par les TI : (1) Exploitation en local, (2) Intégration interne, (3) Reconception des processus de gestion, (4) Reconception du réseau de gestion, (5) Redéfinition des objectifs de l'entreprise.

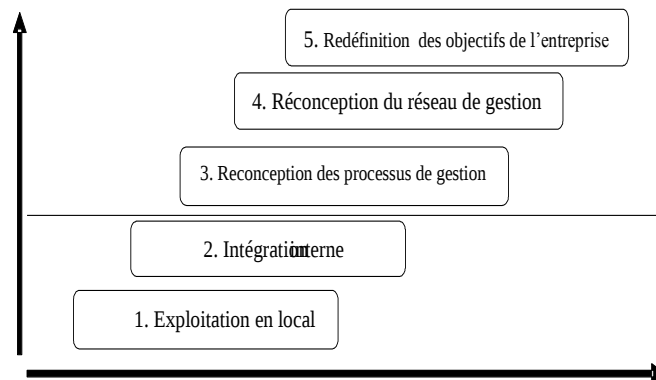


Figure 5. Les cinq niveaux de reconfiguration provoqués par les technologies de l'information

1 Le niveau 1 : Exploitation en local.

Il concerne **l'utilisation des technologies de l'information dans le cadre d'une fonction de l'entreprise** telle que la production ou le commercial ce qui implique la mise en œuvre d'applications des technologies de l'information destinées améliorer l'efficacité des opérations.

2- Le niveau 2 : Intégration interne.

C'est une extension logique du niveau précédent en ce sens que **les possibilités des technologies de l'information sont exploitées dans toutes les fonctions de l'entreprise où cela est faisable.**

² Ce paragraphe s'inspire complètement de Venkatraman, 1991, pp.122-158.

Deux types d'intégration sont possibles :

- l'intégration technique : c'est l'intégration des différents systèmes d'applications utilisant une plate-forme informatique commune,
- l'intégration organisationnelle des différents rôles et responsabilités exploitant les possibilités d'intégrations techniques.

En d'autres termes, **la mise en œuvre d'une plate-forme informatique commune sert à intégrer les activités de gestion de l'organisation ; ce qui doit en améliorer potentiellement l'efficacité.**

3- Le niveau 3 : Reconception des processus de gestion.

Elle concerne la **reconfiguration de la gestion en utilisant les technologies de l'informatique comme levier central**. Au lieu de traiter les processus de gestion existants comme une contrainte dans la définition d'une infrastructure informatique optimale, c'est le processus de gestion lui-même qui est réétudié pour exploiter au mieux les possibilités offertes par les technologies de l'information. Ce qui est un reflet d'efforts conscients de création d'une homogénéité.

4- Le niveau 4 : Réconception du réseau de gestion

Elle consiste à **se servir des technologies de l'information pour mettre en place un système d'information qui va utiliser les fournisseurs, clients et autres tiers capables de contribuer à l'objectif de la firme**. En d'autres termes, il s'agit de quitter l'organisation traditionnelle pour aller vers une organisation « virtuelle » ou en « réseau » qui permettra d'atteindre un objectif particulier. L'intégration électronique des partenaires externes devient ainsi le problème dominant du management stratégique.

5- Le niveau 5 : Redéfinition des objectifs de l'entreprise

A ce niveau, **l'organisation décide de rompre avec le passé et décide d'exploiter les nouvelles technologies** en termes de marchés ou de produits.

6- Conclusion

Les niveaux 1 et 2 sont évolutifs, les niveaux 3 à 5 sont révolutionnaires. Les deux premiers niveaux ont un caractère évolutif et se contentent de modifications relativement incrémentales des processus existants.

En revanche, les trois autres niveaux sont conceptualisés comme quelque chose de révolutionnaire et ils exigent des changements de fond dans la nature même du processus de gestion.

Ce modèle est aussi du type homéostatique. C'est le modèle plus utilisé dans le MIS pour assurer la survie d'une organisation dans la perspective de la résilience stratégique.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans la première section on a présenté succinctement les origines et les catalyseurs des NFO et avons rappelé aussi notre conception des entreprises et des organisations du point de vue systémique.

Pour la bonne compréhension de notre approche, nous avons apporté quelques éclaircissements sur les expressions changement organisationnel et transition structurelle. A la fin de cette section, nous avons contrasté les concepts **état stationnaire** et **l'homéostasie** du point de vue organisationnel.

La résilience stratégique a été abordée en deux étapes. D'abord la compréhension du terme résilience et ensuite l'aspect stratégique qui en résulte.

La résilience stratégique peut être opérée grâce à des modèles homéostatiques. Nous avons présenté quelques modèles homéostatiques utilisant des TIC, pour réaliser la résilience stratégique qui permettra la survie des entreprises et organisations et donc le passage de l'ancienne organisation vers les NFO.

RÉFÉRENCES

- BARTOLI, Jacques André & LE MOIGNE, Jean Louis (1996). *Organisation intelligente et système d'information stratégique*. Economica gestion, Paris.
- BIDGOLI, Hossein (1997). *Modern Information Systems for Managers*. Academic Press, California.
- BOQUE, Jean-Michel (1993). "L'organisation en tant que système paradoxal". BONAMI, Michel *et al.* (1993). *Management des systèmes complexes : Pensée systémique et intervention dans les organisations*. de Boeck.
- DURAND, Daniel (2006). *La Systémique*. Presses Universitaires de France (PUF), Paris.
- GALLIERS, Robert D. & BAETS, Walter R. (1998). *Information Technology and organizational transformation : Innovation for the 21st Century organisation*. John Wiley and Sons, New York.
- GODELIER, Eric (1998). "Le changement dans les entreprises : crise ou mutation". *Revue Française de Gestion*, n°120, Septembre - Octobre 1998, page 26 et sq.
- IVINZA LEPAPA, Alphonse (2019). "NFO : Nouvelles Formes d'Organisation ; entreprises réseau, virtuelle, numérique et Télétravail". Bookelis, Paris.
- IVINZA LEPAPA, Alphonse (2016). *Informatique Stratégique : Cadre théorique et Applications dans les entreprises congolaises*. Bookelis, Paris.
- IVINZA LEPAPA, Alphonse (2010). *Analyse de l'introduction de l'EDI dans les entreprises congolaises : une contribution à l'impact organisationnel des TI*. Tome 1, EUE.
- IVINZA LEPAPA, Alphonse (2007). *Analyse de l'introduction de l'EDI dans les entreprises congolaises : une contribution à l'impact organisationnel des TI*. Tome 2, ULB , Solvay Business School.
- MINTZBERG, Henry (1979). *Structure et dynamique des organisations*.
- SEGUIN, F. & CHANLAT, J.F. (1983). *L'analyse des organisations, une anthologie sociologique, Tome I Les théories de l'organisation*. Gaëtan Morin éditeur, Paris.
- SCOTT MORTON, Michael S. (ed.) (1991). *The Corporation of the 1990's, Information technology and Organization transformation*. New York, Oxford University Press ; pour l'édition française *L'entreprise compétitive au futur : Technologies de l'information et transformation de l'organisation*. Les éditions d'organisations, Paris, éd.1995.
- TARDIEU, Hubert & GUTHMANN, Bernard (1992). *Le Triangle Stratégique : Stratégie, Structure et Technologie de l'information*. Edition de l'organisation, Paris.
- TARDIEU, Hubert & THEYS, Michel (1987). "Systèmes d'information et pilotage de l'entreprise : quelques boucles étranges". *Revue Internationale du systémique*, numéro spécial "L'entreprise système", Vol.1, n°4.
- VENKATRAMAN, N. (1991). *IT- Induced Business Reconfiguration*. M.S. Scott Morton, The Corporation of the 1990's, pp.122-158.
- WILKIN, Luc (1986). *Informatique et Organisations*. Actes du colloque de Nivelles : L'ordinateur, L'homme et L'organisation 2^e partie, PUB.
- WILKIN, Luc (1999). *Principes généraux d'organisation et de gestion*. 2e édition, PUB.

LA PENSÉE SYSTÉMIQUE DES TRANSITIONS APPLIQUÉE À L'EST DE LA RDC UN MODÈLE DE LA RÉSISTANCE A LA RÉSILIENCE

Author(s) / Auteur(s) :

Rodrigue IYEMBO NGINDA
Licencié en Informatique de Gestion
Assistant MIS (Management Information System) du
Professeur Alphonse Christian IVINZA LEPAPA (Membre S&O)
rodrieveille@gmail.com

Abstract / Résumé :

*Cet article introduit le concept de la résilience dans la pensée systémique des transitions contextualisé par rapport à la situation sociale que vivent les populations de l'Est de la RD Congo ; La notion de résilience correspond à la capacité d'un système à intégrer une perturbation dans son fonctionnement, sans changer de structure qualitative. L'un de ses intérêts est qu'elle relativise le caractère positif d'un certain nombre de concepts systémiques, tel que la **stabilité** et l'**équilibre**. Un système sera dit résilient lorsqu'il est capable de se maintenir alors qu'il est affecté par des perturbations.*

L'Est de la RD Congo présente une instabilité grandissante de risques, et une grande incertitude sur le futur. Les populations sont frappées par des chocs multiples, comme les conflits armés systémiques, les violences inter-ethniques, l'épidémie à virus Ebola ou les viols liés au genre, qui ont un impact direct sur les moyens d'existence des populations. (UNICEF, OECD 2014)

Comment envisager l'intervention systémique des transitions en incluant le courant de pensée de la résilience au sein des populations de l'Est de la RD Congo ?

Le social est devenu intenable pour la majorité des Congolais. Il l'est surtout pour la jeunesse en ce moment où les fondamentaux de l'économie s'effondrent. Il s'est particulièrement aggravé ces deux dernières décennies suite aux guerres répétitives avec son lot des millions de morts des civils et la misère dans laquelle baigne l'écrasante majorité de la population. Il faut une réflexion méthodique, ordonnée et approfondie de la nature de l'être congolais. (MUTINGA, 2001, p.13)

Cet état d'instabilité est nourri, entre autres, par des vagues successives des crises humanitaires chroniques, des violations graves des droits de l'Homme, l'exploitation illégale des ressources naturelles, l'ingérence de la communauté internationale, l'impunité décrite par tous et de tout temps, et la faiblesse des systèmes judiciaire et pénitentiaire. (JACQUEMOT, 2009, p.83)

L'analyse systémique des transitions que nous allons appliquer à l'Est de la RD Congo utilisera les concepts de risque, de résilience et approche des moyens d'existence durables pour les communautés.

Keywords / Mots-clés :

risque, résilience, approche systémique, transition, système, résistance

INTRODUCTION

Le but de cet article est de proposer une réflexion qui va se pencher sur une analyse systémique de la résilience à l'Est de la République Démocratique du Congo ; Ensuite, nous aborderons également les concepts de transition systémique et enfin proposer un modèle systémique de la résilience.

L'Est du Congo présente un panorama complexe et changeant de risques, et une grande incertitude sur le futur. Les populations sont frappées par des chocs multiples et de différente intensité, comme les conflits armés, les viols à répétition, qui ont un impact sur les moyens d'existence des foyers ; Et tous ces problèmes sociaux nous permettra de parler de la **résilience** (UNICEF, OECD, 2014).

La résilience offre aux gens la possibilité de prendre de meilleures décisions face aux risques auxquels ils sont confrontés. On entend souvent que la résilience permet de rapprocher les acteurs humanitaires et de développement pour un but commun ; Elle serait le maillon manquant entre l'urgence et le

développement, entre la réduction des risques de catastrophes et la prévention des conflits. Il n'y a pas de guide technique expliquant clairement comment « faire » des programmes de **résilience**.

LE CONCEPT DE RÉSILIENCE

Le terme même de résilience vient du latin *Resilio* qui signifie rebondir, ainsi est résilient l'objet capable de résister et de trouver un nouveau souffle après un choc ; La résilience est une notion utilisée à l'origine en physique pour désigner la résistance d'un matériau au choc.

En écologie, elle prend un sens différent : dans son acception traditionnelle, elle mesure le temps de retour à l'équilibre d'un système après une perturbation. Depuis, sa définition a beaucoup changé ; Celle qui est communément admise aujourd'hui est formulée par (Holling, 1973). Il définit la résilience comme la capacité d'un système à pouvoir intégrer dans son fonctionnement une perturbation, sans pour autant changer de structure qualitative.

En management, on parlera de **résilience stratégique** qui n'est pas une manière de répondre à une crise passée ; Mais plutôt la capacité d'anticiper le changement avant que la nécessité de changer devienne une évidence. Elle consiste à anticiper et à ajuster continuellement des tendances qui peuvent en permanence détériorer la capacité cœur de métier à générer des revenus (Ivinza Lepapa, 2019, p.20).

La capacité d'un système ouvert à se maintenir lorsqu'il est affecté par une perturbation, et donc à se reproduire, se définit comme sa résilience, qui est une propriété systémique. La définition traditionnelle de la résilience en écologie repose sur l'idée d'un système en équilibre stable dont le comportement est prévisible et, dans cette acception, la résilience devient équivalente à la notion de **stabilité** d'un système autour d'un point d'**équilibre** (Holling, 1986).

La figure 1 nous illustre qu'un système en équilibre stable revient rapidement à l'équilibre, lorsqu'il s'en est écarté. Un état d'équilibre est dit stable si, après une petite variation des conditions initiales, le système retourne à cet état (point B). Si cette petite perturbation entraîne, au contraire, le système irrémédiablement loin de son équilibre, celui-ci sera qualifié d'instable (point A).

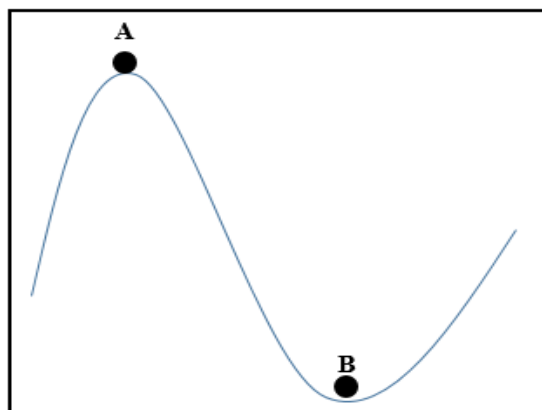


Figure 1. : Notion d'équilibre. Équilibre Instable (A) : une perturbation entraîne le système immédiatement loin de son point d'équilibre. Équilibre Stable (B) : le système résiste à sa propre mise en équilibre. Il revient rapidement à l'équilibre après s'en être écarté.

Les facteurs de la résilience

Il n'existe pas encore de véritable théorie formalisée pour expliquer la résilience. Cependant, de nombreuses études soulignent l'importance de quelques facteurs déterminants. Parmi les facteurs positifs qui augmentent la résilience d'un système soumis à une perturbation, trois sont souvent cités :

- la diversité ;
- l'auto organisation ;
- l'apprentissage.

En écologie, la perte de biodiversité est considérée comme un facteur qui réduit la résilience de l'écosystème. En outre, la résilience systémique est directement proportionnelle à l'*auto organisation* du système. *Les colonies d'insectes, de fourmis ou d'abeilles, sont de bons exemples de systèmes auto organisés.* Peu fragiles, ils ont une grande capacité à se restaurer, car les fonctions des « parties » endommagées sont prises en charge par les autres éléments. Les systèmes auto organisés sont donc très résilients.

Enfin, la résilience dépend de la capacité d'un système à s'adapter, ce qui est le cas des sociétés humaines grâce à l'*apprentissage*. Par exemple, dans une société où la population est bien préparée à réagir face à un type d'événement catastrophique des comportements de panique sont moins à craindre qu'au sein d'une population mal informée. Ainsi, au Japon, les scènes de panique sont exceptionnelles lors des séismes, alors qu'elles sont fréquentes en Turquie ou en Italie. Cette remarque n'implique pas que toute la chaîne de prévention des risques soit optimale au Japon. En sens inverse, divers facteurs réduisent la résilience sociale. De même ce comportement peut être applicable à la population vivant à l'Est de la RD Congo.

LE CONCEPT DE TRANSITION SYSTÉMIQUE

La notion de transition reste floue et peut recouvrir plusieurs visions selon les auteurs ou les décideurs. Il existe un concept scientifique de la transition quand on parle de systèmes. Elle peut être entendue comme le « processus de transformation au cours duquel un système passe d'un régime d'équilibre dynamique à un autre régime » (Bourg & Papaux, 2015). Il s'agit là d'un modèle générique qui a donné lieu par exemple à la notion de transition démographique (Chabot, 2015).

Il existe deux grandes approches de la transition que l'on pourrait qualifier de complémentaires.

L'approche de la transition la mieux connue est celle de Rob Hopkins qui a rendu le terme populaire à la fin des années 2000 ; Sa caractéristique est de se baser sur l'initiative citoyenne et le développement local. La seconde approche est celle de l'action publique qui est politique et descendante. C'est celle de la transition écologique et solidaire ou de la transition énergétique (Theys, 2017) ; Elle englobe l'environnement et le développement économique. Elle peut parfois inclure la sphère sociale, la culture et l'éducation.

La théorie des systèmes

La **théorie des systèmes (cybernétique)** (Walliser, 1977) ou la théorie des catastrophes peuvent servir de guide pour appréhender des phénomènes transdisciplinaires. La théorie des systèmes cherche à rendre compte des fonctionnements et des dysfonctionnements des systèmes, générateurs de **crises** et de **risques** propose ainsi des méthodes d'analyse des risques technologiques construites sur la théorie des systèmes.

La **cindynique** (Yacov, 1998) est largement fondée sur l'étude des systèmes complexes dont la complexité est accentuée par la multiplicité des interactions qui unissent les différentes composantes d'une catastrophe.

ANALYSE SYSTÉMIQUE DE LA RÉSILIENCE À L'EST DE LA RD CONGO

Pour renforcer la résilience, il faut tout d'abord analyser comment un système a réagi aux chocs dans le passé, en s'appuyant sur un panorama des risques liés à un contexte donné.

L'analyse systémique de la résilience :

- Englobe non seulement les risques majeurs, mais aussi les séries de petits chocs dont l'impact sur les moyens d'existence des populations peut être tout aussi dévastateur.
- Etudie comment les facteurs de stress à long terme peuvent influencer la nature et l'impact des chocs à l'avenir.
- Sélectionne les composants du système des moyens d'existence par lesquels se propage l'impact négatif des chocs, afin que les programmes visant à renforcer la résilience se concentrent spécifiquement sur eux.

- Analyse comment les différents acteurs participent aux différents systèmes et quels sont leurs relations de pouvoir afin de savoir où et comment renforcer le plus efficacement la résilience.
- Identifie les composants résistants du système, afin de comprendre comment opèrent les personnes déjà résilientes, et afin d'identifier des mesures qui permettent de mieux faire face à des risques inconnus ayant des effets inconnus. Cela permet de compléter les mesures actuelles de gestion des catastrophes, focalisées sur la capacité d'absorption avec des mesures soutenant les capacités d'adaptation et de transformation des individus et des sociétés.

Pour renforcer la résilience au sein de nos populations de l'Est du Congo, il faut au préalable comprendre les différents paradigmes liés aux risques, et cela pour chaque contexte, et saisir dans quelle couche de la société chaque risque peut-il être mieux géré. Ensuite il faut travailler à renforcer deux types de capacités pour mieux gérer ces risques et l'incertitude future (UNICEF, OECD, 2014), il s'agit de :

- **la capacité d'adaptation ;**
- **la capacité de transformation.**

Le renforcement de la résilience implique une approche systémique du management des risques, du changement et de l'incertitude. Un système peut être une unité de la société telle que l'individu, le foyer, un groupe de personnes ayant des caractéristiques communes, une communauté, une nation, une entité physique comme une infrastructure urbaine ou un écosystème.

Ce qui explique notre figure 2, en ce qui concerne les étapes de l'analyse systémique de la résilience appliquée à l'Est du Congo.

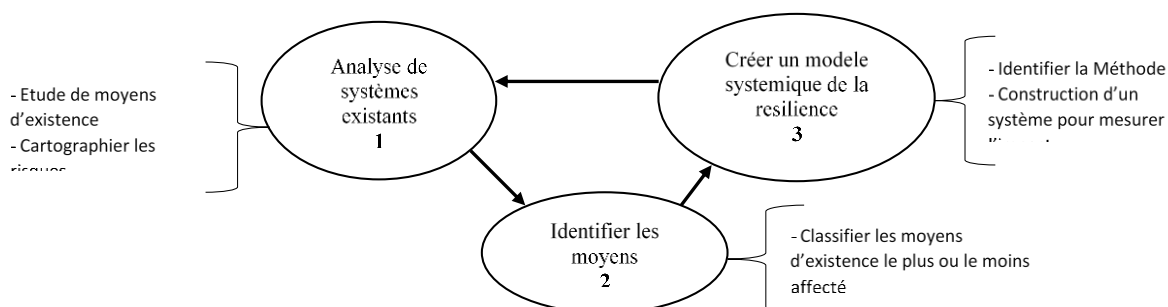


Figure 2. : Les étapes d'une analyse systémique de la résilience

Situation sécuritaire à l'Est de la RD Congo : Facteur d'instabilité

De 1996 à 2003, la République Démocratique du Congo a subi deux guerres au cours desquelles neuf armées étrangères et environ trente groupes armés se sont affrontés sur son territoire. Les guerres ont donné lieu à la partition temporaire du pays et coûté la vie à des millions de personnes (Baaz & Stern, 2010).

Dix ans plus tard, malgré la signature de plusieurs accords de paix, l'organisation de trois élections présidentielles (en 2006, 2011 et 2018) et un investissement important des partenaires internationaux, l'Est de la RDC continue à abriter un grand nombre de factions armées et reste le théâtre de cycles réguliers de violence. La complexité et la longévité du conflit congolais doivent être replacées et analysées dans le contexte d'une désintégration profonde de la société congolaise au cours des dernières décennies et de l'effet cumulé de deux cycles de conflits se renforçant mutuellement l'un régional, l'autre local aux dimensions locales, nationales, et régionales (Unité de stabilisation du DFID).

Les conflits à l'Est de la RDC peuvent être expliqués de la façon suivante. Dans un système social, l'aptitude à satisfaire ses besoins essentiels dépend des réseaux auxquels chacun appartient et à la

position relative détenue dans le système. Pour pouvoir exploiter les institutions, ces dernières sont délibérément maintenues dans un état de faiblesse (International Alert, 2010).

C'est pourquoi :

- L'État congolais est particulièrement susceptible d'être victime d'ingérences extérieures ;
- Les Forces Armées de la République Démocratique du Congo et autres institutions étatiques sécuritaires ne disposent pas de capacités suffisantes afin de remplir leurs fonctions régaliennes auprès des populations civiles et sont parfois utilisées afin de poursuivre des intérêts privés ; et
- L'État n'est pas en mesure de fournir un cadre administratif et réglementaire répondant aux besoins de la population.

Compte tenu de ces trois dynamiques, la population vit dans une insécurité matérielle et institutionnelle permanente. Cela contribue à la formation de groupes exclusifs (en opposition à « l'autre »), souvent à caractère ethnique, desquels les individus dépendent pour leur sécurité. Ces tensions sont ensuite instrumentalisées par des entrepreneurs de conflit provoquant des cycles de violence (Peterman & Palermo, 2011).

Par rapport à cette situation, la figure 3 nous démontre quatre dynamiques négatives principales qui se dégagent :

1. *Dilemmes sécuritaires* : Les dilemmes sécuritaires sont le produit de la nature patrimoniale de l'État, provoquant la faiblesse et la fragmentation des institutions de défense et de sécurité. L'État ne pouvant ou ne voulant pas protéger ses populations et leurs moyens de subsistance, les communautés ont tendance à se reposer sur les groupes armés pour leur défense.

2. *Mobilisation autour de la terre et de l'identité* : Les moyens de subsistance étant très limités, les communautés se replient sur des identités tribales exclusives, sources de solidarité et de ressources, et s'identifient en opposition à d'autres communautés. Le lien entre la terre et l'identité tribale ajoute une dimension économique à ce processus et solidifie encore plus les identités exclusives.

3. *Exploitation des ressources naturelles* : La disponibilité de précieuses ressources naturelles à forte valeur ajoutée (l'exploitation requiert de faibles apports financiers et utilise une main-d'œuvre à bas prix), est également attrayante pour les groupes armés.

4. *Les dynamiques régionales* : La porosité et la longueur des frontières avec les Etats voisins, les décennies - voire siècles - de flux de populations incontrôlés et de migrations saisonnières, et l'attrait des vastes ressources naturelles, ont contribué à la formation d'intérêts privés et publics régionaux pour l'Est du Congo. Que ces intérêts soient légitimes ou pas, à présent, des individus, réseaux criminels et acteurs étatiques soutiennent des réseaux complexes qui contribuent à maintenir le conflit, soit directement, soit par procuration, soit parfois les deux à la fois.

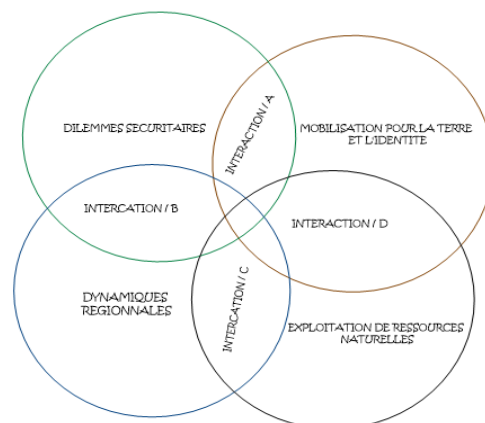


Figure 3 : Interaction de quatre dynamiques négatives

INTERPRÉTATION DU MODÈLE SYSTÉMIQUE DE LA RÉSILIENCE APPLIQUÉE À L'EST DU CONGO

Une lecture systémique des trajectoires de la commune *Ungersheim* présenté par Guy Koninckx (2018) dans son article intitulé : « Les parcours de transition d'Ungersheim : Être aspiré par le chaos des crises ou emprunter des trajectoires de résiliences » publié dans la revue de l'Union Européenne de Systémique, *Acta Europeana Systemica n°8* nous a permis de proposer un modèle systémique de la résilience présenté dans la figure 4.

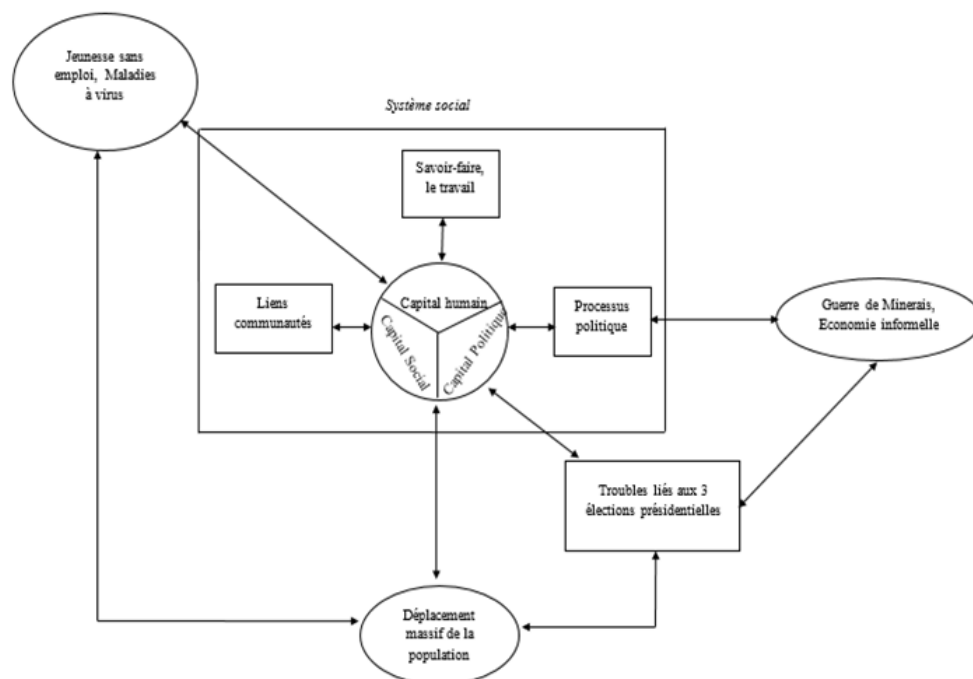


Figure 4 : Modèle systémique de la résilience

Notre modèle s'explique en ces termes, Vu que le capital humain, social et politique reste la clé majeure pour le développement d'une communauté ou d'une nation ; Ainsi la persistance des différents conflits occasionne un changement dans les motivations des belligérants. Les aspects économiques prennent le pas sur les motivations politiques. Les contrôles sur les mines et les autres ressources naturelles deviennent la raison principale expliquant les changements d'alliances et les affrontements entre les groupes armés. Le conflit s'autofinance avec l'économie de guerre : Les ressources minières, le Coltan, Gaz Méthane et Autres.

La possibilité d'exploiter certaines de ces ressources avec un très faible investissement de départ et une haute intensité de main d'œuvre est une aubaine pour les groupes armés, qui trouvent des recrues parmi une population jeune et sans perspective de ressource. L'économie informelle de subsistance des ménages est parfois complétée par la contribution à l'économie de l'ombre, telle l'exploitation minière illégale comme stratégie de diversification de moyens d'existence¹.

L'insécurité liés aux élections ainsi limitant l'accès à la prévention et au traitement de certaines maladies, institutions faibles ne permettant pas un accès au système de santé dans les zones reculées, déplacements de population, violences sexuelles et liées au genre, mais aussi la propagation rapide de maladies touche particulièrement l'Est du Congo, car le système sanitaire peine dans la plupart des cas à prévenir ou répondre à ces épidémies. De nombreux malades souffrent et décèdent de maladies évitables ou que l'on sait soigner. Ce coin du Pays est particulièrement affecté par la maladie à virus Ebola, le choléra, et les épidémies de rougeole reviennent de manière récurrente malgré les campagnes de vaccinations (Woods, 2006).

¹ <http://revue-sesame-inra.fr/transition-reperes-pour-reussir-vers-une-approche-systemique-2-4/>

En plus des conséquences liées aux conflits eux-mêmes, tels les déplacements massifs, les violences et l'impact sur les moyens de subsistance des ménages, il faut aussi considérer les répercussions d'une exploitation non régulée des ressources en terme de dégradation de l'environnement et de la biodiversité, de pollution et de santé.

Ainsi la capacité d'un système social à s'adapter à ses perturbations que ça soit internes ou externes dépend de deux choses : d'une part de l'importance de l'aléa envisagé, car il est évident que si l'aléa envisagé conduit à la destruction du système, toute stratégie de résilience est vaine, et, d'autre part, elle dépend de la stratégie mise en place afin d'anticiper l'impact d'un choc. Une société qui connaît les risques pesant sur elle, qui en connaît par la même les conséquences et qui tire la leçon des perturbations passées, sera mieux à même de se redresser qu'une société n'ayant pas envisagé une telle hypothèse. Si, durant ces derniers siècles, la capacité d'un système social à résister à des perturbations s'illustre par le patriotisme (capacité d'une nation à s'unir suite à un choc), aujourd'hui, les Etats doivent trouver d'autres moyens pour assurer leur pérennité d'où l'intérêt croissant des politiques pour ces questions de résilience (Holling, 1986).

CONCLUSION

La résilience s'intéresse fondamentalement à la capacité d'un système à supporter une perturbation, voire à l'intégrer dans son fonctionnement. Étudier la résilience d'un système social amène à focaliser le travail sur les moments critiques de changements dans la dynamique du système. Pour qu'une nation, un Etat et plus généralement un système social soit résilient c'est-à-dire qu'il puisse s'adapter à des perturbations internes et externes, naturelles ou humaines, il faut que soit mise en place une stratégie de résilience.

Une stratégie fondée sur la résistance concentre les moyens dans la prévention alors qu'une stratégie fondée sur l'acceptation du risque concentre les moyens sur le rétablissement de la situation et sur la limitation des dégâts et des conséquences. Une véritable stratégie de résilience vise, non pas à s'opposer à l'aléa comme cela peut être fait dans certains domaines, mais vise à en limiter les effets. Dès lors se pose la question de ce qui conditionne l'adaptabilité d'un système social :

- Qu'est-ce qui permet à un système social de se remettre plus ou moins facilement d'une perturbation plus ou moins importante ?

André Dauphiné et Damienne Provilo (2007), dans leur article *La résilience pour un concept de gestion des risques*, ont souligné le fait que, quel que soit le domaine d'application de la résilience, aucune étude n'a, à ce jour, identifié tous les facteurs qui influent la résilience d'un système. Néanmoins trois facteurs ont été identifiés comme améliorant la résilience d'une société à savoir :

- la diversité,
- la capacité d'auto-organisation du système et
- l'apprentissage.

Ainsi, un système disposant d'une multiplicité de valeurs et d'acteurs, disposant d'une capacité d'auto-organisation et d'un dispositif d'apprentissage (dans le sens d'une capacité d'apprendre des accidents passés pour s'adapter au futur) sera nécessairement plus résilient. A l'inverse, une société hostile à l'innovation et à l'apprentissage, concentrant la prise de décision en un seul acteur entravant la prise d'initiative, serait, de fait, moins résiliente.

D'un point de vue théorique, la résilience s'insère dans le référentiel des systèmes complexes loin de l'équilibre : un système perturbé mais caractérisé par un comportement résilient parvient à se maintenir parce qu'il change. Ce point de vue est l'inverse d'une conception traditionnelle des systèmes en équilibre qui suppose qu'après une perturbation le système reviendra toujours vers le même état d'équilibre. De même manière, le cadre théorique de la résilience nécessite de relativiser certains critères qui, généralement, sont considérés comme positifs pour la reproduction d'un système. C'est le cas notamment pour l'adaptabilité et la stabilité de la trajectoire d'un système, qui peuvent avoir des effets négatifs sur la résilience.

RÉFÉRENCES

- BOURG, D. & PAPAUX, A. (2015). *Dictionnaire de la pensée écologique*, Ed. Presses Universitaires de France, Paris.
- BAAZ. & STERN. (2010). *La complexité de la violence : une analyse critique de les violences sexuelles en RDC*. Document de travail du SIDA sur la violence sexiste.
- CHABOT, P. (2015). *L'âge des transitions*, Ed. Presses Universitaires de France, Paris, p.68.
- DAUPHINÉ, A. & PROVITOLO, D. (2007). *La résilience : un concept pour la gestion des risques*. Annales de géographie, 2007/2 n° 654, p. 115-125.
- HOLLING, C.S. (1973). *Resilience and stability of ecological systems*. Annual review of ecology and systematics, n° 4, p. 1-23.
- HOLLING, C.S. (1986). *The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change*. In Clark W.C., Munn R.E., dir., Sustainable development of the biosphere, Cambridge: Cambridge University Press, p. 192-217.
- IVINZA LEPAPA, A. C. (2019). *NFO : Nouvelles formes d'Organisation, Entreprises numérique, virtuelle, réseau et télétravail*. Ed. Bookelis, Paris, p.20.
- JACQUEMOT, P. (2009), « Ressources minérales, armes et violences dans les Kivus (RDC) », Hérodote, n° 134, vol. 3, pp. 38-62.
- KONINCKX, G. (2018). Les parcours de transition d'Ungersheim : être aspiré par le chaos des crises ou emprunter des trajectoires de résiliences, in *Revue UES, Acta Europeana Systemica*, n°08, p. 307-312.
- MUTINGA MUTUISHAYI, M. (2001), *La réconciliation nationale en RDC*, Kinshasa, Ed. Média pour la Paix.
- MUTINGA MUTUISHAYI, M. (2001), *La problématique de la gouvernance en RDC : défis*, Kinshasa, Medias pour la Paix.
- PETERMAN, A. et PALERMO, T. (2011) « Estimations et déterminants de les violences sexuelles dont les femmes sont victimes en République démocratique du Congo ». American Journal of Public Health. Vol 101, No. 6.
- UNICEF, OECD. (2014). *Atelier sur l'analyse systémique de la résilience appliquée à l'Est de la République Démocratique du Congo*, Goma, 29 et 30 avril 2014.
- WOODS, D. D., (2006). Essential Characteristics of Resilience, in Hollnagel E., Woods D., Leveson N., *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*, Ashgate.
- WALLISER, B. (1977). *Systèmes et modèles, introduction critique à l'analyse des systèmes*. Ed. Seuil, Paris.
- YACOV, H. (1998). *Risk modeling, Assessment and Management*, Wiley, New York.
- Unité de stabilisation du DFID. *Note sur les problématiques de la stabilisation en matière de genre*.
Sur Internet :
<http://www.stabilisationunit.gov.uk/attachments/article/520/SIN%20Gender%20011010.pdf>
- International Alert. (2010). « *La guerre n'est pas encore finie : les perceptions communautaires des violences sexuelles et de ses racines en RDC*. » Londres, Royaume-Uni.
<http://revue-sesame-inra.fr/transition-reperes-pour-reussir-vers-une-approche-systemique-2-4/>.

LES AVATARS PROCESSUELS DE LA PENSÉE SYSTÉMIQUE TRANSITIONNELLE VERS UN SYSTÈME RÉSILIENT ET AGILE

Author(s) / Auteur(s) :

Amédée Marie ANDRIAMISA-RAMIHONE
Doyen de la Faculté des Sciences Sociales
Université Catholique de Madagascar
amedee.andriamisa@ucm.mg

Abstract / Résumé :

État et situation d'un système postérieurs à un choc, à un traumatisme, la transition « évoque l'idée d'un passage, d'un état à un autre, d'une position à une autre, que ce passage s'effectue graduellement, progressivement et enfin qu'il se passe quelque chose dans l'entre-deux ». C'est un processus qui engendre une interaction continue entre le processus amont et le processus aval, suivant la définition même du processus.

À ce titre, elle établit la liaison entre le choc qui a initié le processus de résistance et le processus de résilience. Le changement qui en résulte affecte la durabilité du « système télescopé et traumatisé (STT) ».

C'est à partir de ces divers éléments de définition que les enjeux et les conditions de vie (ou de sur-vie) de la transition sont précisés à l'aide de différents exemples et modèles en lien avec la systémique et ses applications dans le domaine du changement.

Forgeant un système dynamique complexe, non-linéaire et chaotique, la transition avec la résilience (réactive et pro-active) induit le changement qui à son tour crée l'incertitude. Une adaptation s'impose pour comprendre le futur qui vient et qui est imprédictible dans un monde VICA ! Le processus du changement en U semble univoque et traduit paradoxalement une voie toute tracée, ce qui n'est pas le cas du processus en Wn ou en L ! Loi de Murphy oblige !

La pensée systémique semble se présenter en panacée de par la durabilité des systèmes complexes, mais un concept plus fécond lui vient en aide, suivant la dialogique morinienne pour y adjoindre le concept de « système résilient et agile » ; marquant le passage de STT à SRA !

Telle est la conviction de cet article qui essaie d'innover dans le domaine de la science politique, notamment en politiques publiques elles-mêmes systèmes complexes...

Keywords / Mots-clés :

transition, résilience organisationnelle, processus, changement, système télescopé et traumatisé, système résilient et agile

CONTEXTE INTRODUCTIF.

Il est révolu le temps où le monde était perçu comme un “long fleuve tranquille”, sans heurts ni fortes secousses, avec moins de population, moins d'informations, moins de produits à consommer, moins de flux, etc... ! Le contexte a bel et bien évolué et les temps ont changé ! Et l'on est actuellement en présence d'un bouleversement social et sociétal enragé et frénétique : involutions, évolutions et révolutions ont modifié la face du monde, ont remodelé la carte du monde ! De nouveaux besoins, de nouvelles possibilités se réifient.

Explosion des flux et des réseaux, mutations technologiques, économie de marché, montée du chômage, inégalités sociales, enchainement des crises financières, primauté des entreprises et multinationales au détriment des politiques, etc... sont les facettes dérangeantes d'une mondialisation, heureuse ou non, d'une globalisation inégalitaire ! Un monde en et de turbulence, un monde ago-antagoniste apparaît !

“Un monde « de turbulences », chaotique, incertain et instable, mais aussi riche en opportunités et porteur de promesses » titraient les Rencontres économiques d'Aix, au vu de la crise financière de 2008, des Printemps arabes, de la crise grecque ayant failli aboutir à un Grexit, et maintenant le Brexit

dans tous ses états. « Le contexte de compétition générale crée de l'instabilité durable puisqu'aucune force stabilisatrice n'émerge [...]. Et ce n'est pas fini ! Les turbulences que nous connaissons vont perdurer dans tous les domaines. » estimait Hubert Vedrine, sous les plumes de Caroline Castets. Et ces turbulences essentiellement macro-économiques ne sont pas sans bouleverser ou impacter les équilibres politiques et démocratiques : le concept de « *broken political system* » de Suzanne Berger, professeur au MIT, résume d'une manière générale l'ambiance délétère et d'incertitude qui prévaut, eu égard à ces turbulences.

Et ces turbulences ne sont pas sans impact sur l'ordre mondial. Pour Paul Valéry, l'humain dans son anthropocène ne cesse de d'osciller entre ordre et désordre (Moreau-Defarges, 2008) :

le premier l'ennuie et le second l'effraie. Dès qu'il a l'un, il s'en sent prisonnier et cherche l'autre. Il n'existe pas – heureusement – d'ordre définitif, parfait ; tout ordre réel est partiel, inachevé, tolérant ou supportant des zones de désordre. A l'inverse, aucun désordre n'est total ; tout chaos humain – notamment les guerres [donc les crises, dirons-nous] suscite des ordres spontanés, sauvages. Si un ordre parfait équivalait à la mort, un désordre total est impossible, les hommes dans les pires catastrophes, produisant toujours des règles, des codes ;

Quant aux militaires auditeurs de la 68^e session du Centre des Hautes Études Militaires (CHEM-France), ils ont intentionnellement intitulé le *Cahier* de la Revue de Défense Nationale (RDN) sous le titre « Un monde en turbulence » avec trois thématiques, à savoir (i) un contexte géopolitique instable, puis (ii) des défis stratégiques renouvelés, et enfin (iii) l'humain au cœur de la transformation. Le préfaceur étoilé Jean Christophe Bechon, directeur du CHEM, introduit le *Cahier* en ces termes à propos de cette turbulence :

Fondamentalement, nos démocraties occidentales font face au défi gigantesque du deuxième âge de la mondialisation, du partage des richesses, de la maîtrise des flux et de la violence, à un moment où une forme de désinhibition et de déstructuration semble en passe de l'emporter. L'exponentielle des bouleversements frappe par son intensité, tout comme les cloisonnements transparents que le numérique favorise ou la norme qui souvent contraint.

Et dans ce tumulte turbulent présageant un retournement, pis encore un effondrement, dans ce bouillonnement déroutant, dans cette frénésie inhibitrice de toute grille de lecture rationnelle, les systèmes (et sous-systèmes) de toute nature se bousculent et se fractalisent par isomorphisme ou homomorphisme, se heurtent mutuellement à de niveau de létalité différent, se succèdent dans le temps et de par leur interdépendance, affectant ainsi leurs propriétés synchronique et/ou diachronique. Imprévisibilité, imprédictibilité, incertitude sont au rendez-vous !

De ce qui précède, la situation présente semble alors s'apparenter à une situation de crise. Et une crise - polymorphe de surcroît - n'est pas à exclure : elle peut être (i) sociale, (ii) politique, (iii) économique, (iv) financière, (v) écologique, (vi) démographique, (vii) humanitaire et humaniste, (viii) culturelle, etc... Une crise systémique est le pendant de cette effervescence irresponsable, une sorte de "dérapage incontrôlé" (ou plutôt qu'on essaie de contrôler à coups de conférences et de sommets) mais qui va se terminer par une "sortie de route" dans ce "monde fini", si l'on se repaît dans l'inaction ! (*Je crois que je vais voter pour ce loup, ça fera réfléchir le berger*).

Dans l'éditorial de la *Revue Acta europeana systemica*, Damien Claeys, professeur à l'Université catholique de Louvain, précise que « les crises ne sont plus considérées comme de simples adaptations de systèmes pré-crisis, mais elles sont les sources potentielles de l'émergence de structures nouvelles. Ces dernières sont générées par l'intégration de nouvelles connaissances et technologies, l'amélioration de la gestion des ressources, la redéfinition d'un équilibre sociopolitique » (Claeys & Minati, 2018, p.2).

Synonyme de tension entre deux forces paradoxales, la crise est annonciatrice de disruption : elle est déjà un changement. Plus subtile encore est l'idée selon laquelle la crise n'est pas seulement les prémisses d'une transition : elle est déjà une transition vers un nouvel équilibre ! Il s'agit de la méta-stabilité d'un système.

Fatalement, les crises encourues ou à venir interpellent un changement, un changement dans la façon de penser des acteurs et dans les actes eux-mêmes ! Janine Renier associe la crise à la méta-morphose¹ pouvant éventuellement déboucher sur le “Grande transition”. Etape incontournable du processus de changement, la crise révèle une *situation obsidionale* dans laquelle la tension, la peur, le déséquilibre, l’incertitude, l’inattendu se sont constitués comme facteur de rupture de l’équilibre pré-existant ! Instinctivement, l’espèce humaine dans son anthropocène réagit et essaie de survivre en opérant un choix, en portant un jugement contingent, en prenant une décision importante, ce qui nous ramène à la définition etymologique grecque du vocable “krisis”. Le système est ramené “suite à cet instinct de survie” à son état antérieur d’équilibre initial et par un mécanisme d’auto-régulation permanent : le principe d’homéostasie !

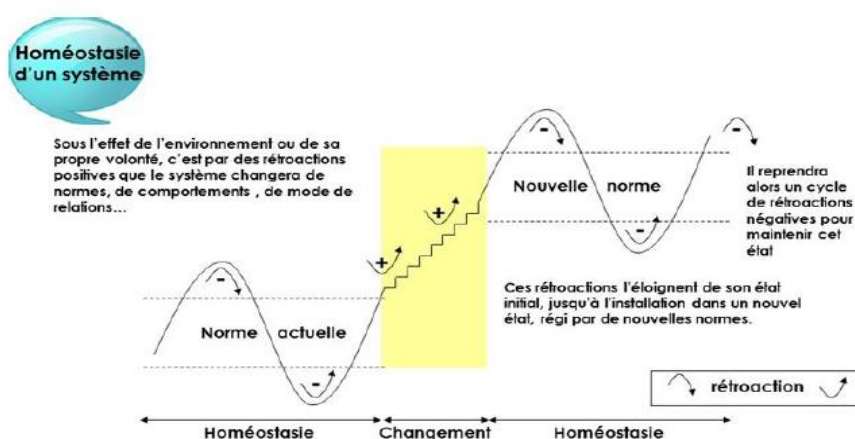


Figure 1 –Homéostasie et Changement (Janine Renier, 2018 – p. 289)

Dès lors, pléthore de questions viennent interpellier la pensée systémique en quête d’outils pratiques de modélisation.

Comment appréhender la pensée systémique dans ce monde là ? Est-il possible et utile d’anticiper ? Quelle attitude, quelle posture intellectuelle adopter ? Etre pro-actif ou rester réactif ?

On ne sait pas comme se comporter, comment se conduire ni répondre à cette effervescence turbulente du monde. On ne maîtrise pas les aléas, puis on subit les contre-coups du changement qui en résulte.

Comment raisonner en terme de système ? Ce dernier se prête comme l’outil par excellence permettant d’analyser en amont le changement.

Méthodologiquement, il sera procédé à la réification du système pour évaluer son comportement, ses attitudes.

- (i) En lui faisant subir virtuellement un choc, un traumatisme, une crise pour voir ce que cela donne.
- (ii) En manipulant le système dans son environnement (éco-système)
- (iii) En inventoriant et en analysant ses différents états possibles dans le temps, pour envisager un autre système plutôt que de persister dans et vers une optimisation des processus.

Cette réification se déclinera alors séquentiellement en termes de processus selon (i) les conditions initiales du système, puis (ii) quand il sera télescopé et traumatisé pendant cette phase de transition, et finalement (iii) quand on assista à une résilience organisationnelle du système qui innovera dans l’agilité. Ces perspectives se déroulent et se pratiquent dans le cadre des politiques publiques qui sont des systèmes complexes, ne se lasse-t-on pas de mentionner !

¹ Acta Europæana Systemica n°8

LES PRINCIPAUX CONCEPTS DU SYSTEME

Selon l'état de l'art.

Jamais un mot n'a été aussi galvaudé que la mondialisation. Il a été assimilé à beaucoup de concepts, à tort ou à raison, et les sens véritables en changeant selon les auteurs, leurs penchants, leurs profils idéologiques, etc... bref selon les contingences. Et le mot système subit les mêmes travers que le vocable mondialisation. Et la vulgate de s'en servir au détriment de la doxa qui a tenté d'endiguer cette vague par une précision du concept. Les définitions esquissées en sont multiples, et il n'est pas redondant d'en reprendre quelques-unes ici afin de cerner avec précision le sens affecté à cet article.

Ainsi, dans son état normal, dans ses conditions initiales avant d'être l'objet ou le sujet de quelque événement, le système se définit comme "une *totalité organisée*, faite d'éléments *solidaires* ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette *totalité*" selon Ferdinand de Saussure. (Durand, 1979). Celle donnée par Ludwig von Bertalanffy la pose comme "un ensemble d'unités en interrelations mutuelles", alors que J. Lesourne postule que c'est "ensemble d'éléments liés par un ensemble de relations".

Une autre vague de trois autres auteurs la définit successivement comme "un ensemble d'éléments en interactions *dynamique*, organisés en fonction d'un but" (Rosnay, 1975), puis comme "une unité globale *organisée* d'interrelations entre éléments, actions ou individus." (Morin, 2004), et enfin J. Ladrière selon lequel c'est "un objet *complexe*, formé de composants distincts reliés entre eux par un certain nombre de relations."

Les quatre concepts fondamentaux reconnus par les uns et par les autres au système ainsi défini se rapportent à (i) l'interaction qui évite la simple causalité linéaire pour privilégier la mutualité, la double causalité ; (ii) la globalité stipulant que le système composé d'éléments n'est pas la somme des éléments, est irréductible à ses éléments (Bertalanffy, 1993) et est à la fois plus et moins que la somme des parties (Morin, *op. cit.*), et conséquemment, développe cette propriété d'émergence que les parties du tout n'ont pas ; (iii) l'organisation qui revêt une double signification, à la fois structurelle et fonctionnelle ; et enfin (iv) la complexité due à trois faits, à savoir 1/la composition du système : nombre élevé puis diversité des caractéristiques et surtout la nature des liaisons entre les différentes parties du système ; puis 2/l'incertitude inhérente à l'environnement du système ; et enfin 3/l'introuvable et incestueuse relation entre l'ordre et le désordre.

Au-delà de ces caractérisations définitionnelles du système, appréhendons-le suivant le triptyque "environnement externe-attributs internes-le temps".

De l'environnement externe du système

Vis-à-vis de son environnement, le système peut être - dans l'absolu - ouvert ou fermé ou isolé ! C'est presque un non-sens dans la mesure où "un système ne saurait être *entièrement ouvert*, c'est-à-dire sans frontière marquant ses limites [...] : il se confondrait indistinctement avec [l'environnement] et ne pourrait être identifié. Toutefois, il ne saurait davantage être *entièrement fermé*, car tous les systèmes [...] dépendent pour leur survie de leurs échanges avec ce même environnement. En fait, [...] tout système est sélectivement ouvert ou fermé selon la nature des intrants et des extrants – énergétiques, matériels ou informatifs – dont il dépend pour son existence." (François, 1998). Pour plus de consensus, Bernard Walliser le nomme "un système quasi-isolé" (1977).

En outre, un système peut être dans un état d'équilibre et de stabilité, d'abord dans la mesure où il reste dans cet état en l'absence de modifications de l'entrée, et puis lorsqu'on modifie soit les conditions aux limites du système (*stabilité asymptotique*), soit les fonctions de définition du système (*stabilité structurelle*) (Walliser, 1977). Pour aller plus loin, ajoutons le concept de "métastabilité systémique" qui suppose la propriété [première] d'un état d'apparence stable, mais qu'une perturbation peut faire aller rapidement vers un état [second] encore plus stable.

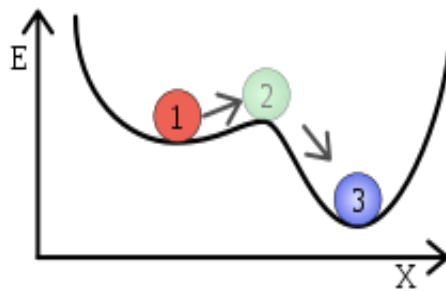


Figure 2 – Métastabilité systémique. États d'un système métastable : L'état 1 paraît stable, mais une perturbation suffisante pour dépasser l'état 2 conduira à l'état 3, plus stable que l'état 1 (qui de fait n'est que métastable). Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tastabilit%C3%A9>

Et la dernière propriété externe du système qui nous intéresse est son adaptation. Il est qualifié “*adaptatif*” s’il peut – tel un caméléon – adopter [positivement] un comportement favorable à ses finalités, tenant compte de l’environnement (Walliser, p. 37). Dans le cas négatif, le système peut opter pour “battre en retraite” selon l’expression militaire consacrée, c’est-à-dire quitter le champ, quitter l’environnement qui ne lui est pas, qui ne lui a pas été favorable pour en opter pour un autre plus “positif”. Les concepts connexes à l’adaptation sont l’*homéostasie* qui est la tendance naturelle du système à se maintenir dans son état initial par un mécanisme d’auto-régulation (Cannon, 1932, p. 22), et l’*homéorhésie* qui est l’adaptation d’un système au maintien d’un processus constant (Waddington, 1975, p. 221-223). Un concept plus fécond et qui rejoint celui cité supra et se rapportant au tout, à la totalité, vient renforcer le dispositif d’adaptation et de stabilité, à savoir l’*homéotélie* ! Du grec *homoios* (même) et *telos* (but), ce vocable s’applique à tous les systèmes naturels, et il prône le “maintien du tout” des processus du vivant (Bertalanffy, 1962, p. 123).

Des caractéristiques internes du système

Indubitablement, un système se conçoit – dans l’absolu - comme un tout avec plusieurs éléments que l’on peut assimiler à des sous-systèmes à leur tour. Il reçoit dès lors le qualificatif de système quasi-décomposable caractérisé par des interrelations entre les sous-systèmes, par l’intermédiaire des entrées et sorties de chacun de ces sous-systèmes, et aussi avec l’environnement qui les entoure. Dès lors, il peut être qualifié de soit un *hyposystème*, c’est-à-dire un système avec seulement quelques sous-systèmes sauvegardés, épargnés, mais avec toutes leurs relations ; soit un *infrasystème* si tous les sous-systèmes sont gardés et conservés, mais avec quelques relations seulement. Cette situation nous sera rappelée quand on abordera la partie où le “système est télescopé et traumatisé” !

Les autres propriétés internes du système telles que l’équilibre, la stabilité sont les mêmes, identiques à celles exposées supra concernant l’environnement externe, et ne seront plus développées ci-après. Toutefois, il est opportun de signaler qu’un système peut être composé de sous-systèmes plus ou moins interdépendants entre eux, qu’ils soient intégralement isolés, peu ou prou, et donc sont qualifiés d’agrégat, ou avec des éléments indiscernables, donc intégrats. (Walliser, 1977).

De la temporalité du système

Il est notoire et compréhensible qu’un système ne peut pas être “a-temporel” : il n’échappe pas au temps, et lui est assujéti ! Mais cela signifie aussi que le système connaît une période – même brève – au cours de laquelle elle semble s’en échapper : c’est la période d’invariance, qu’on dénomme la durée de vie du système ! Il conserve et sauvegarde pendant ce laps de temps (très variable) les caractéristiques de son maintien de sa survie.

La seconde caractéristique se rapportant à cette temporalité du système concerne la continuité ou la discontinuité. Un système ne peut pas “exister à flux tendu” : il lui est impossible de fonctionner, d’être et d’exister de la même manière, avec le même tonus, avec la même vitesse, avec les mêmes processus pendant une période observable. Des périodes de rupture, de baisse de tension, ou aussi de performance, de génie, etc... – fussent-elles brèves, ponctuelles et saccadées – sont inévitables :

continuité et discontinuité s'alternent, à des phases différentes certes, et rythment par saccades ou avec fluidité le tempo de tout système.

Pour clore sur le concept de système, empruntons à la psychologie sa représentation de l'emboîtement des niveaux possibles de systèmes (Caublot, M. et Blicharski, T. 2016, pp. 103-120), sans avoir la possibilité dans cet article d'aller au plus profond en étudiant point par point les différents composants de chaque niveau (6 niveaux en tout) :

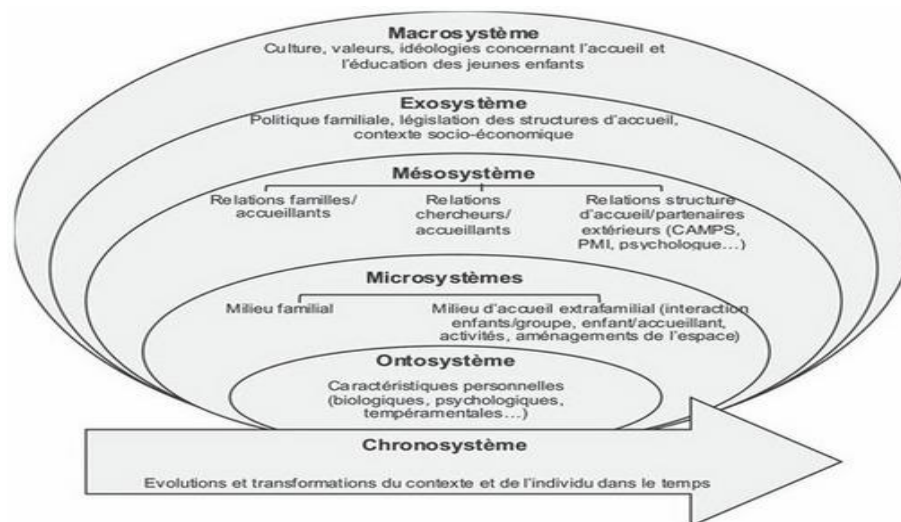


Figure 3 – Représentation schématique du modèle écosystémique de la qualité, adapté de Bigras et Japel, 2007 ; Lemay et Bigras, 2012.

Pour terminer, cet état de l'art disséquant les divers points de vue d'éminents chercheurs a été intentionnellement intitulé "les conditions initiales" rapportant les "états normaux, naturels" de tout système, car il sera abordé infra le cas de système dynamique, chaotique.... "sensible aux conditions initiales" (SCI) lors du choc, lors de la collision.

QUAND LE SYSTEME EST TÉLESCOPÉ ET TRAUMATISÉ

Retour d'expérience

Le pendule de Newton et le Chat de Scrödinger

La pertinence scientifique invite à une définition des concepts usités, et il en sera de même pour le télescope. Le choix n'en est pas anodin dans la mesure où le système qui subit un choc venant de son environnement (une crise, une défaillance, une évolution, etc.) peut retrouver *a posteriori* son état initial, du moins certaines de ses caractéristiques sans pour autant disparaître du champ, de par ses aptitudes d'auto-organisation. Le télescope n'est pas létal ! Tout juste quelques traumatismes, graves ou pas selon l'intensité du choc et selon le mouvement imprimé !

Le pendule de Newton est un corollaire qui pourrait représenter le choc, sans qu'il soit nécessaire d'approfondir et d'aller jusqu'au choc mécanique imprimé, élastique ou inélastique² ! En effet, on parle de choc (ou collision) lorsque "deux points matériels (ou particules) initialement isolés l'un de l'autre entre en interaction *pendant une durée suffisamment courte*"³, car tout choc conserve la quantité du mouvement ! Le système télescopé par un choc venant de son environnement reproduirait-

² Un choc est élastique si ce choc conserve l'énergie cinétique totale du système. Il n'y a aucune modification de l'état interne des deux corps en collision ; et le choc est inélastique s'il ne conserve pas l'énergie cinétique totale du système. Disponible à l'adresse www.ensa.ac.ma/docs/pedagogie/bouhyahia/CH6.pdf

³ Ibid.

il le même scénario ? En étant traumatisé pour un court instant, certes, mais traumatisé toujours ? Ou encore un système *burn out* !

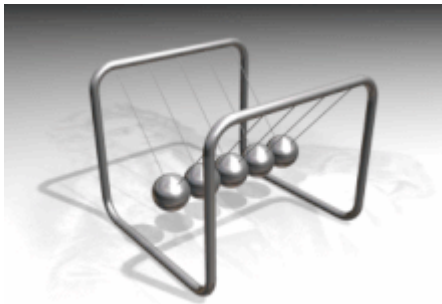


Figure 4.1 – Le pendule de Newton au repos

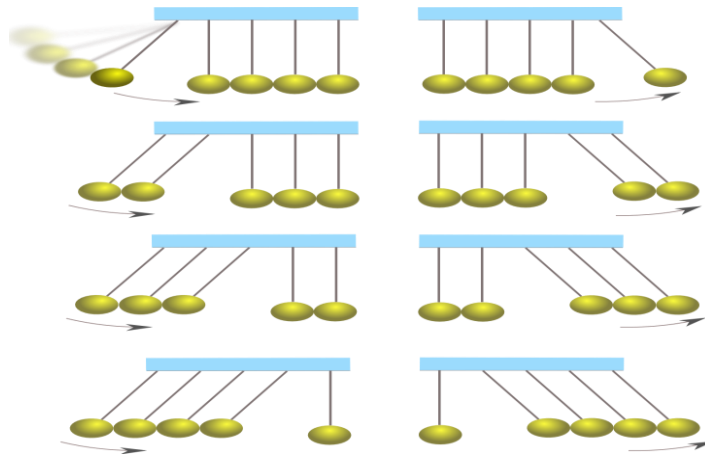


Figure 4.2 – Le pendule en mouvement, alternativement par boule : 1, puis 2, puis 3 et enfin 4

Figure 4 – Le pendule de Newton. Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Pendule_de_Newton.

Ceci dit, faisons quelques pas en arrière en nous référant à Aristote. Selon la bonne vieille logique aristotélicienne, qualifiée également de logique classique, trois axiomes prédominent et définissent la logique :

- L'axiome d'identité : A est A
- L'axiome de non-contradiction : A n'est pas non-A
- L'axiome du tiers exclu : il n'existe pas un troisième terme qui soit à la fois A et non-A.

Ainsi, il appert qu'un système ne peut pas être un non-système, et partant, s'il est dans un état donné, il ne peut pas l'être autrement, ou dans un autre état. Dans son évolution dans le temps, et ayant été télescopé, notre système n'est plus alors dans son état initial, délaissant ses "propriétés synchroniques" et acquérant ainsi celles diachroniques.

Par contre, le Chat de Schrödinger nous apporte une ouverture, une vision autre que cette bonne vieille logique classique. En effet, il s'agit d'une expérience de pensée⁴ virtuelle (elle n'a jamais été effectuée physiquement) imaginée par l'autrichien Erwin Schrödinger

Il a donc imaginé l'expérience suivante : **il enferme son chat dans une boîte close**, contenant un dispositif qui tue l'animal dès qu'il détecte la désintégration d'un atome d'un corps radioactif. De l'extérieur, on ne peut pas savoir ce qui se passe dans la boîte.
En clair : **le chat dans la boîte peut vivre ou mourir, sans que l'on sache ce qui se passe depuis l'extérieur.**

⁴ Une expérience de pensée, c'est tenter de résoudre un problème en utilisant uniquement son imagination. C'est se poser la question : "que se passerait-il si..... ?"



Figure 5 - Dessin de l'expérience de Schrödinger.
Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Chat_de_Schrödinger.

Voilà ce que dit la logique classique, mais la logique quantique modifie ce deuxième axiome de la logique classique avec l'axiome de "non-contradiction".

Schrödinger s'imagine donc à côté de cette boîte totalement fermée et se dit :
Je n'ai aucun moyen de savoir si le mécanisme s'est déclenché. Si mon chat était un objet quantique, je dirais qu'il est à la fois mort ET vivant car selon la théorie de la superposition quantique, c'est tout à fait possible.
La seule manière pour lui de savoir si son chat est mort ou vivant, **c'est d'ouvrir la boîte et de constater**. Lorsqu'Erwin ouvrira la boîte, on parlera **de décohérence quantique**. La situation ambiguë ("mort ou vivant ?") **se résout instantanément car une fois la boîte ouverte**, le minou n'est plus "ou mort ou vivant", il est clairement soit l'un, soit l'autre.

Certains systèmes quantiques comme les atomes, les photons ou les spins peuvent adopter deux états simultanément. Ils sont aussi appelés "Chats de Schrödinger". [...] Dès que l'objet quantique superposé dans deux états interagit avec son environnement, qu'il s'agisse d'atomes, de lumière ou de chaleur, la superposition cesse au bout d'un temps très court appelé "temps de décohérence". Plus l'interaction est importante, plus ce temps est court⁵.

Quelque soit le cas de figure qui se présente ou qui pourrait se présenter, superposition des deux états du système (sauf ou traumatisé) ou un seul état traumatisé suite au télescopage, le résultat est là : son état initial a évolué vers un état second, au propre comme au figuré ! Il y a un changement morphologique du système, fût-ce en un temps très court !

Le Processus en U, puis en W

Un autre concept en vogue actuellement que le changement. Mais changement n'est pas transition ! Nous reviendrons sur le concept du changement, après avoir expliqué celui de la transition.

La transition

Par définition, elle est le passage d'un état d'équilibre homéostatique à un autre, selon un processus qui suit des périodes de stabilité relative et des périodes de transformations structurelles (Loorbach, 2007) traversant plusieurs phases (multiphase) : phase de pré-développement, puis phase de décollage, et phase de percée, et enfin phase de stabilisation, selon Kemp et Rotman (2004).

Dans la même logique ordinale, ces phases sont assimilées (i) au choc, puis (ii) à la résistance, et (iii) à l'ouverture, et enfin (iv) à l'implication.

Au-delà de cette conceptualisation définitionnelle de la transition, « Importante également est l'idée qu'un processus de transition est un phénomène à la fois micro - et macro-sociologique, qu'il est fait d'une multitude de naissances spontanées, de développements locaux dont beaucoup sont éphémères mais qui s'additionnent peu à peu et dont les effets convergent sous forme de structures globales

⁵ Disponible à l'adresse <https://toutestquantique.fr/superposition/>

nouvelles qui entreront en conflit avec la reproduction des structures globales du système dominant » (Godelier, ???).

Outre-mozambique (c'est-à-dire au Rwanda, par rapport à Madagascar), la façon d'appréhender la transition se décline comme suit, selon Terry Irvin (Carnegie Mellon University) :

Change is the physical end-state of a transformation; it is the new situation and/or circumstance that is observable and measurable.
 Transition is the psychological process of making something different; it occurs within the person(s) experiencing the change. The transition process is an internal, esoteric experience. Therefore it is not directly observable and is extremely difficult, if not impossible, to measure or to track.
 The major difference between change and transition is that transition is not a physical outcome, but rather a psychological state of mind: the letting go of the old reality in order to fully and effectively realise the benefits of the new reality⁶.

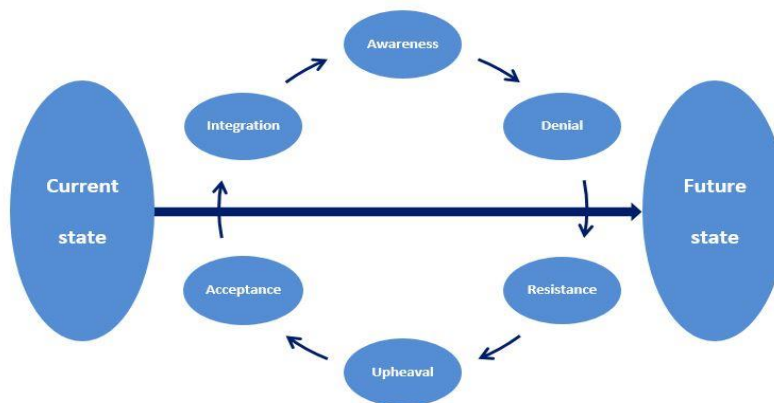


Figure 6 – Change and Transition leadership (Terry Irvin, 2017)

Pour compléter le tableau synoptique afférent à la transition, l'apport de William Bridges diffère de celui de Kemp et Rotman en ce sens qu'il a "phasé" la transition en étapes, à savoir 1/une fin, puis 2/ Zone neutre, et enfin 3/un nouveau départ.

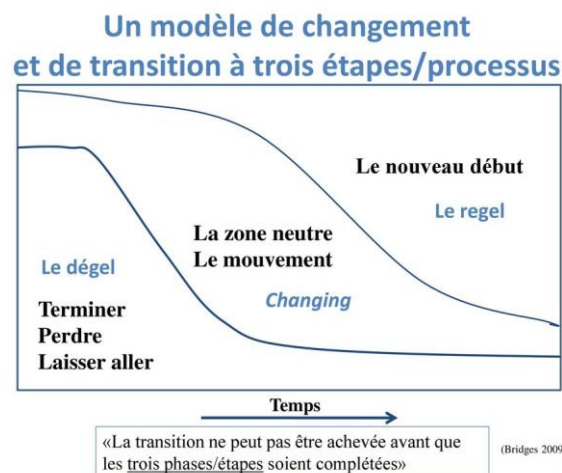


Figure 7 – La transition en 3 étapes (William Bridges, 2009)

Plus explicite, cette transition est déclinée en une nouvelle mouture mettant en évidence le lien entre le changement et la transition

⁶ Disponible à l'adresse <https://www.tcii.co.uk/2017/09/13/change-transition-leadership/>

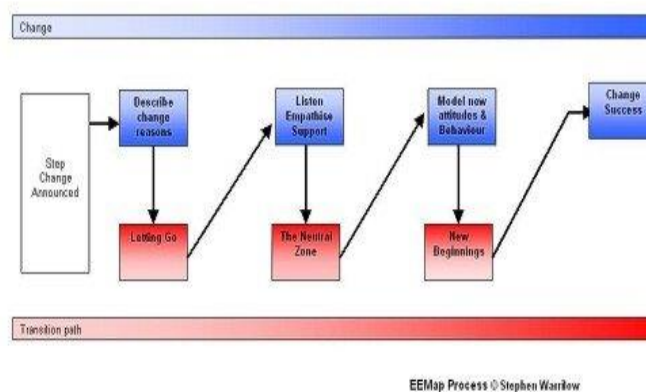


Figure 8 – La transition (plus explicite) de William Bridges, 2009

Postérieure ou également inhérente au changement, la transition est ainsi un processus interne d'adaptation psychologique à une nouvelle réalité. Les répercussions de la transition ne sont pas nécessairement liées à l'importance apparente du changement qui l'a déclenchée. Toutes les transitions commencent par (i) la fin de quelque chose, (ii) se déroulent pendant la zone neutre et (iii) se terminent par un nouveau début.

Une fin : Chaque transition commence par une fin, exprimée par un sentiment de perte, de déni, de confusion, de désir de changement mais freiné, temporisé et entrant en conflit avec la résistance à « lâcher prise ».

Zone neutre : La zone neutre est une période trouble de recherche, de confusion, de penser à la fuite, de questionnements aussi, et surtout de doute sur le futur tout en restant nostalgique du passé...

Nouveau départ : le bond et le rebond pour une « nouvelle aventure » !

De ce qui précède, l'on atteint l'apothéose en parlant de la **Grande Transition** : qu'est-ce que c'est ?

« Lancée initialement par le *Global Scenario Group* (Raskin et al. 2002), cette notion a été adoptée par d'autres acteurs par la suite, par exemple par la *New Economics Foundation* au Royaume-Uni (Spratt et al. 2010). Elle offre un cadre conceptuel pour penser une économie et une sociétés mondiales soutenables, et développer les stratégies nécessaires à leur avènement⁷ ».

L'idée principale de la Grande Transition est d'abord de faire cesser cette folie qu'est « La dégradation progressive des écosystèmes de la planète, qui fournissent la nourriture et l'eau potable nécessaires à la vie humaine, [et qui] est directement liée à l'augmentation rapide de la demande en ressources naturelles d'une partie de la population mondiale dont la richesse matérielle et le pouvoir d'achat connaissent une croissance sans précédent. En parallèle, le fossé entre riches et pauvres se creuse dans de nombreux pays, et des milliards de personnes continuent à vivre au-dessous du seuil de pauvreté⁸ », en se posant ensuite les bonnes questions de réflexion, pour enfin passer à un nouveau système, car le monde poursuit un développement profondément insoutenable ! « *You never change things by fighting the existing reality. To change something, build a new model that makes the existing model obsolete* », disait Buckminster Fuller.

Toujours à la recherche du Graal de la pensée systémique qui aiderait à réduire la vulnérabilité du système pour un développement soutenable, les systémiciens ne rejetteraient pas les principes et les prémisses esquissées pour ce faire.

⁷ Rapport de Michael Narberhaus en collaboration avec Christina Ashford, Maïke Buhr, Friederike Hanisch, Kerem Şengün et Burcu Tunçer, Traduit de l'anglais par Emilie L'Hôte, revu par Wojtek Kalinowski, Titre original : « Effective change strategies for the Great Transition. Five leverage points for civil society organisations ». *Stratégies pour la Grande Transition, Cinq leviers de changement pour les Organisations de la Société Civile*, mars 2011, s.l.

⁸ *ibid.*

Ces prémisses sont déclinées comme suit :

1. Le changement doit être un changement systémique
2. La transformation nécessaire des valeurs culturelles
3. Une économie au-delà de la croissance matérielle et du consumérisme est souhaitable, possible et nécessaire
4. Le PIB n'est pas forcément la clef du système économique
5. Il y a une vie après le consumérisme

Et les principes s'énumèrent de la façon suivante :

1. Principe de bien-être social
2. Principe de suffisance
3. Principe d'efficacité
4. Principe d'éco-compatibilité

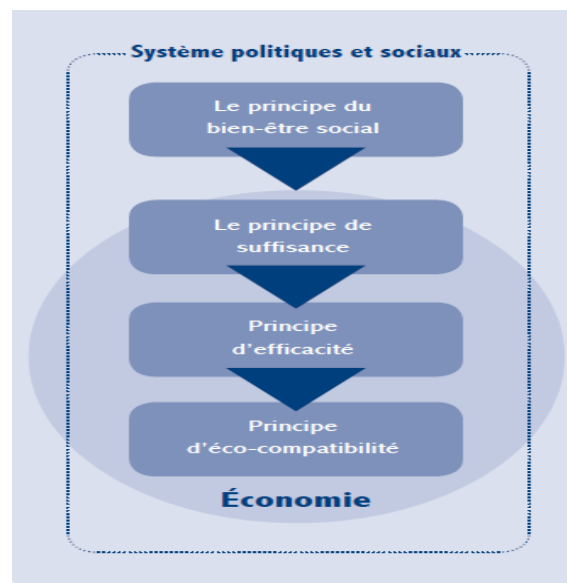


Figure 9 – Hiérarchie des principes.

Source : La Grande Transition, Cinq leviers de changement pour les Organisations de la Société Civile, page 14

Déclinée et présentée de la sorte, la Grande Transition se perçoit comme un plan de transition.

En résumé, le **plan de transition** correspond à la programmation des actions d'accompagnement du changement. Pour les processus et structures, les impacts relevés dans l'étude d'impacts sont traités avec la proposition d'actions d'accompagnement. Les actions sont ensuite mises en œuvre pendant le projet auprès des intéressés (Autissier et Moutot, 2013 – Chapitre VII, L'accompagnement du changement)

Le changement

S'il en est ainsi de la transition, qu'est-ce que le changement alors ? Outre l'explication pratique et l'exemple de changement supra, une définition plus académique du changement s'impose : c'est le « passage d'un état à un autre, processus de transformation durable et observable qui impacte, de manière substantielle ou marginale, le fonctionnement d'une organisation et/ou d'un individu⁹ »!

Terme polysémique par excellence, le changement est souvent connoté négativement, car associé à une rupture de l'environnement actuel et du futur imaginé ou souhaité qui vient.

Le changement est une rupture dans le fonctionnement lorsque les éléments suivants sont transformés (Autissier et Moutot, 2013, *ibid*) :

⁹ Tapia, 2001/2002, page 7

- Les pratiques : manières de faire
- Les conditions de travail : environnement matériel
- Les outils : informatiques et de gestion
- L'organisation : les zones de pouvoir et les délimitations fonctionnelles
- Le métier : les savoir-faire de l'organisation
- La stratégie : les finalités collectives poursuivies et envisagées
- La culture : le système de valeur

Selon la nature, la durée et l'intensité de ce passage, on parlera d'évolution, de révolution, de transformation, de métamorphose, de modification, de mutation de régression (*ie* de transformation profonde et durable).

Typologie du changement :

Tableau 1 – Principales caractéristiques du changement - Typologie des situations de changement qui influencent la démarche

	Changement Imposé	Changement Volontaire
Changement Progressif	Changement prescrit Réponse à des contraintes de l'environnement (réglementaire, technologique, etc.), à une nouvelle stratégie Ex : la monnaie euro, les 35 heures	Changement construit Évolutions des comportements, des pratiques, puis de l'organisation qui amènent à changer les manières dont les acteurs se représentent leur entreprise Ex : Culture client, qualité, processus
Changement Brutal	Changement de crise Solution à une injonction politique ou réglementaire urgente, à un dysfonctionnement grave Ex : Accident, grève, plaintes ou doléances de clients	Changement adaptatif Ex : Transformations structurelles puis des pratiques, des comportements et enfin de l'organisation Nouvel outil informatique, compétences techniques nouvelles

Source : adapté de Autissier et Moutot (2013)

Le changement le plus significatif et le plus marquant a été celui concrétisé par la courbe de Kurt Lewin, puis la courbe de deuil de Kubler-Ross, et enfin la théorie U de Otto Scharmer. Rapportées à un changement systémique, postérieur à une crise dans le cas de cet article, ces courbes retracent d'une manière générale 3 moments forts, à savoir (i) l'éclatement, l'implosion, la chute, le déclin, etc. puis (ii) la phase de transition proprement dite, la phase de résistance du système, et enfin (iii) la renaissance, le retour, la montée en puissance, la "*remontada*", bref la résilience.

Dans l'absolu, le STT épouse le tempo des "modèles applicatifs de courbes classiques" citées supra et qui sont représentées successivement comme suit :

**Les 3 niveaux dans la conduite du changement
(Kurt Lewin, 1947)**

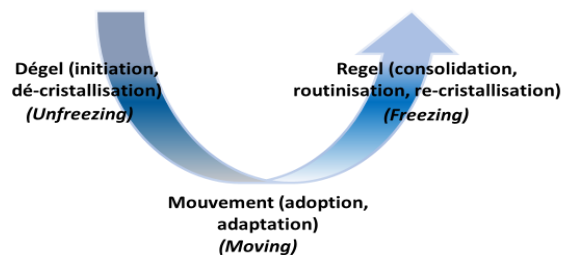


Figure 10 – La courbe en 3 étapes (Kurt Lewin, 1947)

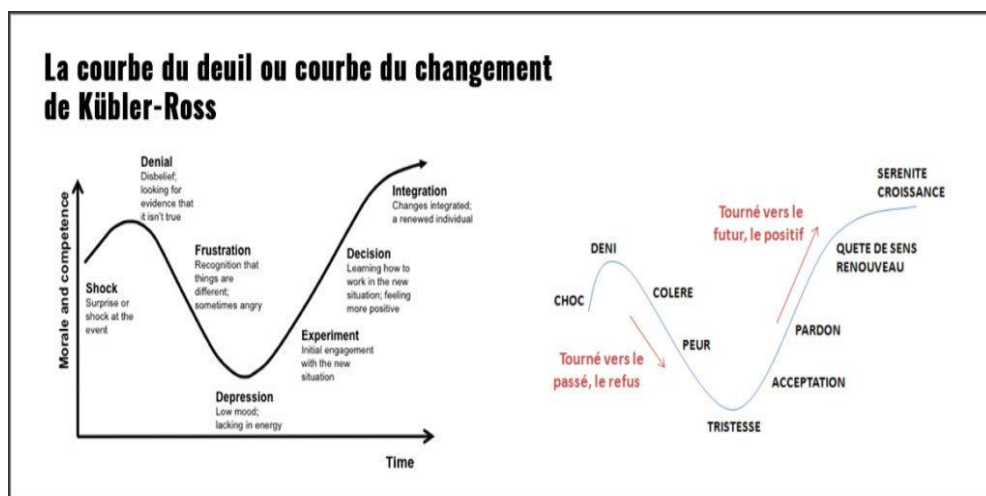


Figure 11 – La courbe de deuil (Kübler – Ross, 1969)

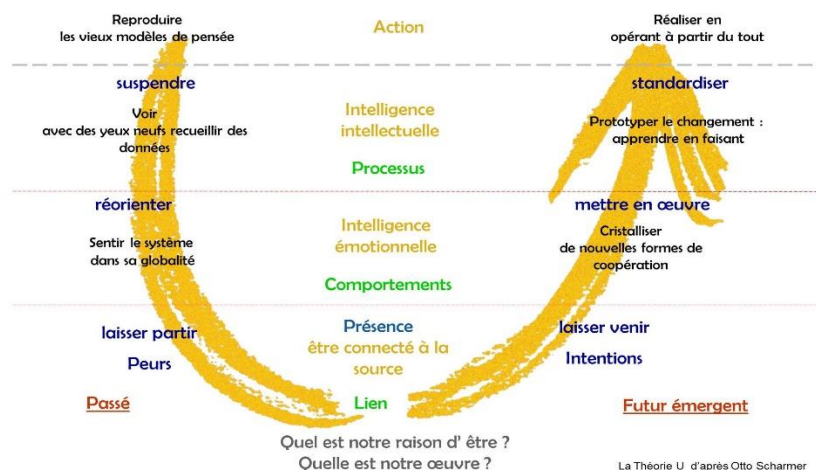


Figure 12 – Le processus en U, ou la Théorie U (Otto Scharmer, 2012)

Le point commun aux trois courbes est cette “positivisation théorique” de l’issue de la chute, du déclin, de l’implosion. En théorie, le système renaît bien de ses cendres ici, et revient à son état initial de fonctionnement : c’est bel et bien le côté positif du dispositif !

Par contre, le nouveau modèle applicatif que cet article veut mettre en évidence prend en considération le fait que le système peut ne pas réussir à se redresser, à sortir de sa léthargie, de sa transition : il n'y arrive pas pour de multiples raisons ! Comment modéliser le système dans ce cas de figure ? Il va falloir créer un nouveau modèle applicatif.

En effet, arrivé à son point mort bas, dans sa phase de transition, le système de par ses aptitudes et compétences d'auto-organisation, va "re-naître" et exécuter ce que l'on va appeler sa résurgence, ou sa résilience. Du moins, c'est ce que les théories représentées par ces trois courbes laissent entendre !

Mais il se peut que le système après une tentative n'y arrive pas : il re-plonge, il n'arrive pas à "décrocher" ! C'est ce que la courbe en W (ou le processus en W) essaie de mettre en exergue. Et il se peut que l'on ne s'arrête pas à une seule tentative, à un seul essai, mais à plusieurs essais sans que l'on en détermine d'avance le nombre, disons tout simplement "*n tentatives*" : d'où l'affectation de la lettre W à ce processus (qui prendrait la forme de cette lettre), et l'indice "*n*" qui lui est juxtaposé, pour marquer l'itération probable de tentative de...résilience !

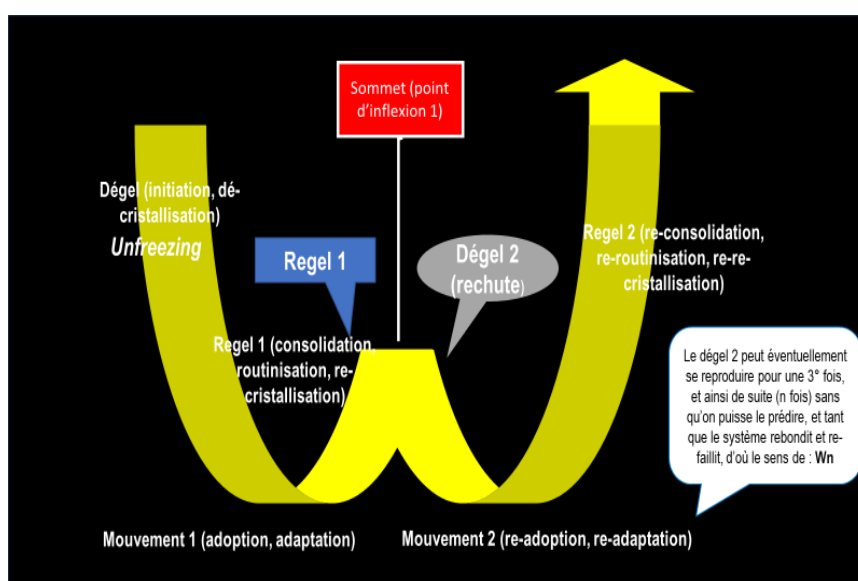


Figure 13 – Le Processus en W du changement. Réalisation : l'auteur.

Le Processus en L

Mais il est possible de pousser le raisonnement plus loin, cette fois-ci en s'aidant de la Loi de Murphy. En effet, selon cette loi, "tant qu'il y a un biais pour que cela aille mal, ça ira toujours dans ce sens" ! Un système affaibli, percuté (comme le STT) présenterait une brèche, une faille quelconque de par le principe de la néguentropie. La loi de Murphy s'énonce comme suit : "Tout ce qui est susceptible d'aller mal, ira mal", ou sous une autre formulation : "S'il existe au moins deux façons de faire quelque chose et qu'au moins l'une de ces façons peut entraîner une catastrophe, il se trouvera forcément quelqu'un quelque part pour entraîner cette voie".

Aussi, que les facteurs "*murphyques*" (de disruption) soient exogènes ou endogènes au système, pratiquement ce dernier semble être "voué et destiné" à mal tourner dans l'une des éventualités casuistiques de fonctionnement pré-citées. Serait-on alors en présence d'une "résonance morphique du système" ?

Résonance morphique

Le mythe du célèbre Pont de Tacoma interpelle la doxa quant à la détermination causale de son effondrement. Le fait est là : le pont s'est effondré ! Peu importe les causalités mises en évidence, linéaires ou pas ? L'avis expert de l'architecte nous aidera à comprendre et à déterminer les causes possibles : le vent était de la partie provoquant une forte oscillation ayant mis à l'épreuve la résistance

des matériaux qui sont entrés en résonance. Sans parler des militaires qui ont défilé en “pas cadencés” sur le Pont d’Angers en 1850...

A la différence du Brexit (signifiant un système perturbé, secoué et télescopé par le futur départ du Royaume-Uni), après lequel l’Europe ne va pas disparaître, le Pont de Tacoma, lui, s’est réellement et effectivement “effondré, nécrosé et létalisé” ! Quelle est la destinée d’un pont, serait-on tenté de poser comme question ? Deux éventualités – dans une logique binaire - semblent se profiler : ou bien le pont tient bon, ou bien il s’effondre ! Il semblerait écrit quelque part dans une mémoire, qu’une voie est toute tracée pour les ponts : un pont ferait comme les autres ponts (cas d’effondrement) ! L’hérétique Rupert Sheldrake¹⁰ a re-travaillé ce concept de “résonance morphique” en le transposant à un ou des domaines “élevés et transcendants” qu’on ne peut pas dès lors refuter ! Une mémoire de l’univers¹¹ qui enregistrerait ce qu’ont fait ou subi les autres ponts antérieurement, et que ceux qui viendraient après emprunteraient...inévitavelmente selon cette “mémoire des choses”.

Sheldrake (1989) définit la résonance morphique¹² comme suit :

C’est l’influence qu’exerce tout système auto-organisé passé sur les systèmes homologues présents. Atomes, molécules, cellules vivantes, plantes, animaux, sociétés, cultures, systèmes solaires, galaxies, sont des systèmes auto-organisés. Nos machines n’en sont pas, mais nos comportements ou nos pensées en sont. Chaque système se présente sous une certaine forme. La résonance morphique suppose que cette forme est comme mémorisée quelque part, dans un “champ morphique”, ou “champ de forme”. Prenez des pratiques nouvelles telles que le skate-board ou la navigation sur Internet : plus leurs adeptes sont nombreux, plus leurs champs de forme se renforcent et plus ces pratique deviennent faciles à mettre en oeuvre.

La loi de Murphy et le Pont de Tacoma avec la résonance morphique de Sheldrake dessinent ce que nous appelons “le Processus en L” (eu égard à la forme de la lettre en majuscule que le changement prendrait) : le système a failli ! En le rattachant au Tableau de Jones (qui a séquentialisé en 5 étapes les activités gouvernementales d’élaboration et de conception d’une politique publique), le Processus en L retrace une PPP (politique-programme-projet) qui n’a pas abouti, bref une politique publique qui disparaît en queue de poisson, ou encore un système complexe qui se désintègre...

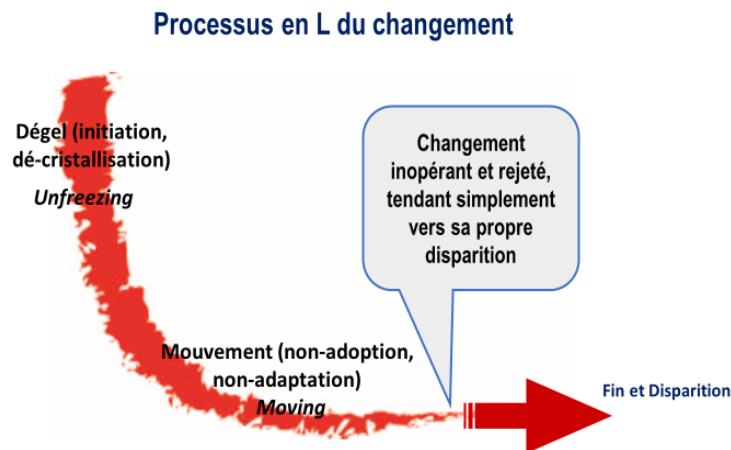


Figure 14 – Le Processus en L du changement. Réalisation : l’auteur.

¹⁰ Rupert Sheldrake était interviewé à ce propos, selon l’article in Revue Acropolis « Rupert Sheldrake, un hérétique des temps modernes ».

¹¹ Lire à ce sujet la parabole du « centième singe » et celle des billes roulant sur une surface plane légèrement inclinée, selon le principe de chréode (qui stipule qu’une fois un phénomène apparu : plus il se produit, plus il est probable qu’il se reproduise).

¹² Interview de Rupert Sheldrake, disponible à l’adresse www.olivier-lockert.com/2013/11/25/interview-de-rupert-sheldrake/

QUAND LE SYSTEME DEVIENT RESILIENT ET AGILE

Retour d'expérience

Transition et Changement

La dyade “transition et changement” constitue le point de départ de toute velleité auto-poïétique du système. En effet, au-delà de ses aptitudes d’auto-organisation, le (simple) système - à travers tout changement et toute transition – peut basculer vers l’auto-poïèse, cette “propriété d’un système de se produire lui-même, en permanence et en interaction avec son environnement, et ainsi de maintenir son organisation (structure) malgré son changement de composants (matériau)”(Angèle Kremer-Marietti, 2012).

La définition que Francesco Varela livre de l’autopoïèse se présente comme suit : “Un système autopoïétique est organisé comme un réseau de processus de production de composants qui (i) régénèrent continuellement par leurs transformations et leurs interactions le réseau qui les a produits, et qui (ii) constituent le système en tant qu’unité concrète dans l’espace où il existe, en spécifiant le domaine topologique où il se réalise comme réseau. Il s’ensuit qu’une machine autopoïétique engendre et spécifie continuellement sa propre organisation. Elle accomplit ce processus incessant de remplacement de ses composants, parce qu’elle est continuellement soumise à des perturbations externes, et constamment forcée de compenser ces perturbations. Ainsi, une machine autopoïétique est un système à relations stables dont l’invariant fondamental est sa propre organisation (le réseau de relations qui la définit) (Varela, 1971, p.45).

Si le concept d’autopoïèse n’est pas du tout assimilable à une génération ou à une re-génération consécutive à un *burn out*, elle tend cependant vers la résilience, mais sous d’autres formes et avec d’autres paramètres.

Résilience systémique et Résistance

Initialement, la résilience désigne la capacité d’un matériau à encaisser les chocs, le “fait de rebondir”. Ce mot vient du latin *resilientia*, de *resiliens* : la capacité d’un corps, d’un organisme, d’une espèce, d’un système à surmonter une altération de son environnement. Mais elle a évolué avec le temps et l’espace.

Si la « résilience » est, en sciences physiques, la capacité de résister aux chocs, ce terme désigne en psychologie la capacité de se construire alors que l’on a subi des traumatismes graves (Boris Cyrulnik, 2009). Et c’est le cas du système télescopé et traumatisé : de par son aptitude d’auto-organisation et auto poïétique, le système peut se relever, se régénérer peut-être pas à l’identique mais en mieux car prenant leçon du passé !

Observée et utilisée dans plusieurs domaines (psychologie, gestion d’entreprises, géographie, économie, physique, etc.), la notion de résilience est ici traitée et appliquée au système. Revenant au choc élastique et inélastique mentionné supra, il est utile de rappeler que le choc est absorbé par le système dès que l’on parle de résilience. Lors de la collision du système avec la crise venant de l’environnement, il n’y a pas eu refus ni rejet de ce choc par le système : au contraire, il l’a « accepté en le subissant » ! En est-il « légalisé » pour autant ?

Comme les deux faces de Janus, la résilience peut être également individuelle et organisationnelle. Cette fausse gémellité du concept – sans être un handicap – peut être exploitée car interdépendante : les éléments du tout impactent le tout, comme le tout impacte aussi les éléments constitutifs, en vertu du principe hologrammatique¹³ énoncé par Morin (1986). Dans cet ordre d’idées, le concept de résilience systémique comprenant d’une manière dyadique la résilience individuelle et celle organisationnelle est plus expressive et s’adapte mieux à l’esprit de l’article.

D’abord, parlant de la résilience individuelle, « la résilience de l’individu n’est pas une qualité innée que l’on possède ou non à la naissance. Elle se formera (éventuellement) plutôt avec le temps et grâce

¹³ Il signifie que dans un système, dans un monde complexe, non seulement une partie se trouve dans le tout [...], mais le tout se trouve dans la partie. Non seulement, l’individu est dans une société mais la société est à l’intérieur de lui puisque dès sa naissance, elle lui a inculqué le langage, la culture, ses prohibitions, ses normes [...].

à son environnement familial et social : « il s'agit d'un processus relatif qui n'est ni absolu ni stable : personne n'est résilient à toutes les variétés de traumatismes et personne n'est même assuré d'être toujours résilient à une forme de traumatisme qu'il a jusque-là surmonté avec succès. » (Tisserond, S., 2008).

Quant à la résilience organisationnelle, « c'est la capacité d'un groupe à éviter des chocs organisationnels en construisant des systèmes d'actions et d'interactions continus destinés à préserver les anticipations des différents individus les uns par rapports aux autres. » (Weick K.E., 2003).

Ainsi, la résilience systémique (ou la résilience d'un système) pour Hollnagel E. (2008) par exemple « c'est ce qui lui permet d'assurer sa sécurité au-delà de son imperméabilité aux perturbations. Le facteur humain dans le système d'organisation est primordial pour la résilience. L'individu ou le groupe est capable de percevoir les changements internes ou externes dans le système, de s'y adapter et de faire les réajustements nécessaires à la poursuite des fonctionnements. C'est, par contre, cet ajustement qui peut être mauvais et finalement détruire le système ». Cette combinaison gagnante du facteur humain et l'organisation (structurelle et fonctionnelle) confère au système cette potentialité de subir un traumatisme ou un changement brutal de sa structure, dans un premier temps, et au lieu de simplement résister et éventuellement se casser et se briser, de faire rebondir dans un deuxième temps le choc en l'absorbant, en l'assimilant pour revenir à son état initial, sinon à un état autrement différent, car déjà étant mieux préparé avec la possibilité d'anticipation ou de réaction.

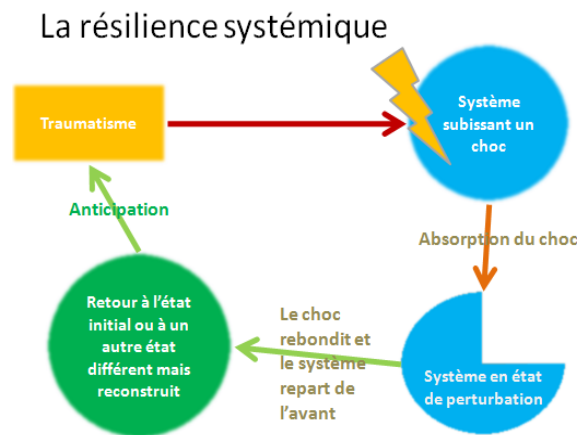


Figure 15 – La résilience systémique.

Source : <http://nuagemotsclesferriercassezl3.unblog.fr/2016/04/29/resilience-definition>.

La résilience sous-entend une capacité certaine de résistance du système. Point de départ de la résilience, la résistance est déjà inhérente au système, fait corps avec, mais c'est seulement un état, une faculté sous-jacente qu'il n'est besoin de créer *ex nihilo* mais qui se manifeste postérieurement à un événement affectant – positivement ou négativement, mais la plupart du temps, négativement – le système. Une réaction plus qu'épidermique toutefois ! Elle est synonyme d'opposition, de rejet, de fermeture à toute intrusion, à tout impact – pas nécessairement dense et vulnérant – affectant le système. Le mouvement des Gilets Jaunes ou la grève du 5 décembre 2019 impactant le système de retraite en France démontrent bien cet élan, ce mouvement de résistance !

Agilité

Après avoir résisté au choc, et assimilé le changement y connexe, et dans sa pleine résilience, qu'est-il attendu du système ? Comment il est censé se comporter après avoir survécu aux aléas ? La réponse à ces questions convergerait vers l'agilité : le système obtiendra et méritera une "valeur ajoutée" avec la méthode Agile. Un système agile en bref !

Par définition, une méthode Agile est une approche itérative et collaborative, capable de prendre en compte les besoins initiaux du client, des parties prenantes et ceux liés aux évolutions.

Initialement rapportée dans les années 90 au domaine informatique pour des projets de conception, de production et d'amélioration des logiciels par rapport aux clients qui en ont exprimé la demande personnalisée d'acquisition, pourquoi ne pas essayer de la transposer à l'étude des systèmes ? Par exemple, en science politique en général, et en politiques publiques – systèmes complexes par excellence - en particulier !

« L'Agilité est l'habilité de créer et de répondre au changement dans le but d'avoir du succès dans un environnement d'affaires turbulent » (Highsmith, 2009). L'introduction de l'agilité dans la gestion de PPP (Politique-Programme-Projet) a complètement modifié la manière de l'appréhender en y injectant du mou, de la fluidité dans les processus. Très adaptative, la méthode se fond et s'intègre parfaitement dans le processus, et grâce aux itérations très brèves et courtes (*sprint*) avec les parties prenantes pour une amélioration continue, elle permet une gestion performante adoubée par une faculté d'anticipation et de réaction rapide. Les politiques publiques mises en œuvre par les autorités gouvernementales pourraient fonctionner de la sorte. Un système répondant à ces qualificatifs est ce qu'on appelle un système agile.

Une forte pléthore de méthodes agiles inonde actuellement le paysage organisationnel et institutionnel, et la plus en vogue est la Méthode Scrum. Cette dernière permet la réalisation de projets complexes en favorisant l'interaction (va-et-vient fréquent et rapide) avec les membres de l'équipe et les dirigeants, la collaboration avec les clients et la réactivité face aux changements, en bref avec et entre les parties prenantes !

Innovation managériale par excellence, par opposition à la démarche gauche et lourde de gestion et de conduite de projet classique, la méthode agile est un outil « léger et souple » permettant au système d'éviter en partie le choc attendu par anticipation sinon par réactivité. La faisabilité en a recours aux 3 piliers qui sont :

1. La transparence : un système opaque, sans communication entre les membres, avec un certain ostracisme communicationnel sélectif ou occulte, ne contribue point à rendre un processus fluide, car contenant des zones d'ombre ;
2. L'inspection : mal aimée et rejetée, cette pratique fournit un bilan régulier des résultats afin de pister les « gaps » auxquels il faudra apporter des corrections
3. L'adaptation : phase ultime découlant des corrections et qui permet de solutionner les écarts en « corrigeant le tir ».

Les Avatars processuels de la pensée systémique

(voir Figure 16 ci-contre)

DISCUSSION - CONCLUSION

Ce n'est pas parce qu'on a adopté un système agile que l'on est hors de danger, loin de là ! C'est nécessaire mais pas suffisant ! Une issue probable à cette situation aporétique est (i) la complexification du système complexe et (ii) la latéralisation des politiques publiques !

En termes de complexité, la résilience du système post-transitionnel pratiquant l'agilité le conduit vers un attracteur et réduit considérablement sa vulnérabilité, ce qui le mènerait vers un état soutenable.

(i) Concernant la Complexification, il s'agit de pousser le système dans ses derniers retranchements afin de percevoir par quel(s) bout(s) le prendre pour trouver une solution aux problèmes du système. L'exemple typique le plus courant est la parabole de la « grève pour 5 Directrices » (voir encadré n°1) livrée par Jean-Louis Lemoigne (1999, p. 66) :

(ii) Quant à la latéralisation des politiques publiques (ou du système), elle est cette autre façon de raisonner, de voir et traiter le problème « en sortant du cadre », ce que l'*Acta Europeana Systemica* n° 7 a mis en évidence avec « *Thinking Outside The Box* ». Métaphoriquement, avoir le nez dans le guidon ne permet pas de voir la route et d'apprécier l'environnement, pour un cycliste ! Prendre de la hauteur, de la distance permet de solutionner le problème du système, le problème du tout ! C'est comme si on demandait de relier 9 points avec 4 traits sans lever la main ni revenir deux fois sur un même point ! La solution est de sortir du cadre virtuel et théorique que nous nous sommes confectionné involontairement de par

notre formation rationnelle cartésienne ! Quitte à trouver la solution au problème via la sérendipité !

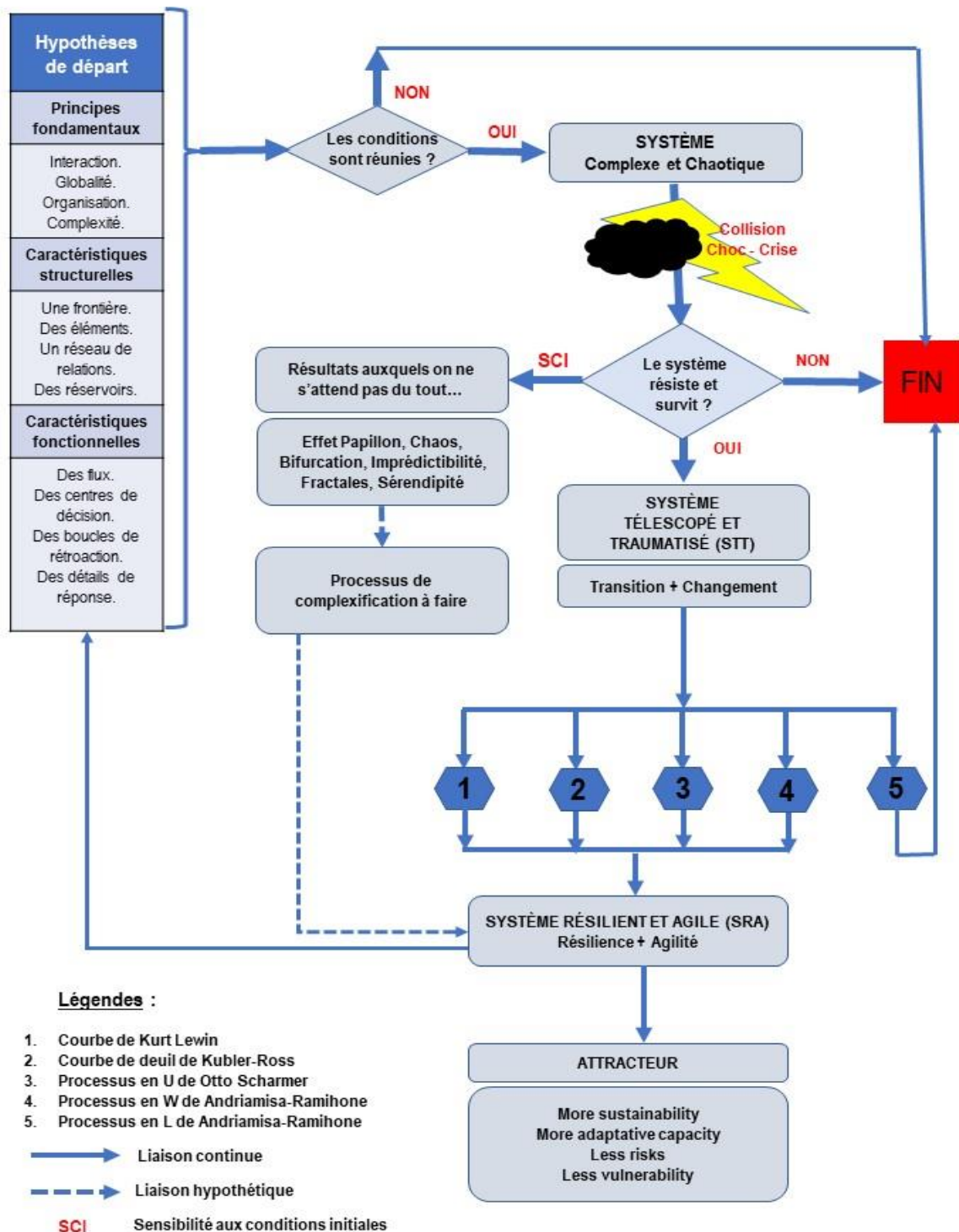


Figure 16 – Les avatars processuels de la pensée systémique transitionnelle.
Réalisation : l'auteur

Encadré n°1
La parabole de la grève pour cinq Directrices
Pour résoudre le conflit, complexifiez-le....

Dans une petite banque américaine où la gent féminine représentait plus de 50% du personnel, la grève s'annonçait si, au moins parmi les dix directeurs (tous des hommes), 5 ne sont pas désormais des femmes ! Ce que la Direction exclusivement masculine a aussitôt refusé sans pouvoir justifier son refus (on ne peut plus légalement prétendre que les femmes, parce que femmes, sont moins capables que les hommes d'assurer des fonctions de direction dans une banque). Le problème se pose en termes de rationalité arithmétique, d'un côté et de tradition machiste, de l'autre : il faut que l'un des deux camps craque ! Jusqu'au jour où l'on proposait de reposer de façon complexe ce problème tenu pour simple : était-il vraiment mono-dimensionnel et mono-critère ? Ne pouvait-on convenir de modifier sa représentation, **quitte à la complexifier**, en y reconnaissant plusieurs niveaux concomitants et non un seul ? Est-ce que, par exemple, le pourcentage de femmes cadres n'était pas également important ? Et les commodités pratiques de travail dans les bureaux (horaires variables, cafétarias, acoustique, etc.). En reconnaissant une représentation multi-dimensionnelle et multi-niveaux du problème, en exprimant le caractère multicritère des projets de chacun et de l'organisation dans l'ensemble, ne créait-on pas un nouvel espace de négociation au sein duquel des solutions possibles, jusque-là complètement ignorées, pouvaient s'avérer pertinentes pour toutes les parties ? [...] La complexification de la représentation suscitant des espaces de solutions nouvelles possibles conduisit à des négociations effectives dont les résultats furent tenus pour satisfaisants par chacun.

Source : *La modélisation des systèmes complexes* (Lemoigne, 1999, page 66)

REFERENCES

- Autissier, D. et Moutot, J.M., (2013). *La boîte à outils de la conduite du changement*. Dunod, Paris
- Bertalanffy (v), L. (1962). *Modern theories of development : An introduction to theoritical biology*. Trad. Woodger, J. H., Harper Torchbook, New York.
- Bertalanffy (v), L. (1993). *Théorie générale des systèmes*. Dunod, Paris.
- Boussaguet, L. (dir), Jacquot, S. et Ravinet, P. *Dictionnaire des politiques publiques*. Les Presses de Sciences Po, Paris.
- Bridges, W. (2009). *Managing Transition - making the most of change*. Third Edition, Da Capo Press, Cambridge.
- Cannon, W. (1932). *The wisdom of the body*. Norton, New York.
- Caublot, M., Poli, G., et Arnouil Deu, E. "Intérêts de l'approche écosystémique de la qualité de l'accueil des structures de la petite enfance pour la recherche et les pratiques professionnelles", in *Revue Spirale* 2014/2 (N°70), pp. 137-150
- Claeys, D. & Minati, G. (2018). « A systems thinking approach of crises: From optimization to change strategy? ». *Acta Europeana Systemica : Revue en ligne de l'Union Européenne de Systémique*, volume n°08 / 2018, pp.1-2.
- Crozier, M. et Friedberg, E. *L'acteur et le système*. Éditions du Seuil, Paris.
- Cyrulnik, B. (2009). *La Résilience : entretien avec Boris Cyrulnik* (Français) Broché. Le Bord de l'Eau, Bordeaux.
- Durand, D. (1979). *La systémique*. PUF, Paris.
- François, C. (1998). « La systémique : un méta-langage connectif ». *Revue Internationale de Systémique*, vol.12, N°4-5, pp. 405 à 418.
- Godelier, Maurice (????). « L'objet et les enjeux ». Godelier, Maurice (dir.). *Transitions et subordinations au capitalisme*, p. 36-37.
- Goldsmith, E. (1997). « Le chemin..... ». *Interculture / Cahier n°132*, volume XXX, N°1 /HIVER-PRINTEMPS, pp. 11-17.
- Highsmith, J. *Agile Project Management*. Addison Wesley Libri (rattachée à Pearson PLC), Londres.
- Hollnagel, E. (2008). « Resilience-the Challenge of the unstable » , dans *Resilience Engineering. Concepts and Precepts*. Ashgate

- Kemp, R., Loorbach, D., et Rotman, J. « Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development ». *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, North, 2004
- Kremer-Marietti, A. “Réflexions sur l'autopoïèse”, in *Revue de Philosophie et de sciences humaines DOGMA*, octobre 2012.
- Kübler-Ross, E. (1969), *Les derniers instants de la vie*, Labor et Fides, Genève (Suisse)
- Lemoigne, J.L. (1999). *La modélisation des systèmes complexes*. Dunod, Paris
- Loorbach, D. (2007). « Transition management : new mode of governance for sustainable development ». North. 193
- Moreau Defarges, P. (2008). *L'ordre mondial*. Armand Colin, Paris.
- Morin, E. (1986). *La méthode, T III – La connaissance de la connaissance*. Éditions du Seuil, Paris.
- Renier, J. (2018). « Crises systémiques : effondrement ? ou méta-morphose vers la Grande Transition ? ». *Revue en ligne de l'Union Européenne de Systémique AES*, volume n°08 / 2018, pp. 285-300
- Rosnay (de), J. (1975). *Le macroscope*. Éditions du Seuil, Paris.
- Tisserond S., (2008). *La résilience*, Presses Universitaires de France – PUF, Paris.
- Scharmer, O. C. (2012). *Théorie U : Diriger à partir du futur émergent*. Pearson, Londres.
- Sheldrake, R. *La mémoire de l'univers*. Editions du Rocher, Monaco.
- Varela, Francisco (1971). *Autonomie et connaissance. Essai sur le vivant* (1971), traduction en 1989 aux Éditions du Seuil.
- Varela, F.G et. Maturana, F.H. *De maquinas y seres vivos* [en anglais “Autopoiesis : the organization of the living” (1973), in *Autopoiesis and Cognition* par Maturana H. et Varela F, Reidel 1980]
- Waddington, C. H. (1975). *The evolution of an evolutionist*. Edinburgh University Press, Édimbourg.
- Walliser, B. (1977). *Systèmes et modèles*. Éditions du Seuil, Paris.
- Weick K.E. (2003). L'effondrement du sens dans les organisations. L'accident de Mann Gulch traduit par Laroche H. dans *Le sens de l'action : Karl Weick : sociopsychologie de l'organisation*, Vidaillet B., Vuibert.

COUPLAGES DE RÉSONANCE SYMBIOTIQUE ET HÉTÉRO-ORGANISATION COMME PRINCIPES FONDATEURS DES SYSTÈMES COMPLEXES : ENTRE EFFICACITÉ DISSIPATIVE ET RÉSILIENCE

Author(s) / Auteur(s) :

Jacques de GERLACHE

(éco)toxicologue, Dr Sc Pharm.

Professeur à l'Institut Supérieur Paul Lambin / General Manager de GreenFacts

Membre de l'AFSCET et du groupe Emergence (Paris), Membre du Club de Rome – European Chapter

jacquesdegerlache@gmail.com

Résumé :

Il est possible aujourd'hui d'enfin dépasser les limites du paradigme analytique en l'enrichissant d'une réelle dimension systémique permettant une complète intégration des acquis scientifiques récents les plus fondamentaux rendant compte de l'émergence et de la résilience de systèmes complexes, en particulier les états dits "vivants" de la matière. La présente contribution propose de montrer comment l'intégration de cette dimension systémique permet en particulier de mieux comprendre et de gérer de manière réellement lucide et opérationnelle les systèmes d'organisation biologiques et écologiques mais aussi socio-économiques, voire politiques comme, par exemple, en matière de transitions énergétiques face aux bouleversements climatiques.

Les travaux sur la thermodynamique des systèmes loin de l'équilibre ont en effet jeté une lumière sans précédent sur la compréhension de la dynamique des systèmes "complexes", en particulier moléculaires et biologiques. Il est bien établi à présent que l'émergence de telles structures dynamiques d'organisation est déterminée par une maximalisation de leur efficacité dissipative. Celle-ci favorise l'évolution du système au sein duquel elle émerge vers un état d'uniformité (ou d'entropie) maximale décrit par le 2d principe de la thermodynamique. Ces états topologiquement localisés résultant de processus de couplages symbiotiques et "hétéro-organisés" entre composantes distinctes produisant ces états de "résonance dissipative" sont observés depuis le cyclone tropical jusqu'aux systèmes bio-socio-économiques les plus sophistiqués. Il est possible sur cette base d'établir la nature symbiotiques des processus qui déterminent l'organisation et l'évolution des états vivants de la matière moléculaire dans toutes leurs dimensions.

Cela s'est manifesté notamment au niveau organo-biologique par l'émergence de couplages hétéro-organisés et "loca-liés" entre acides nucléiques et acides aminés, ceux-ci donnant naissance aux premières cellules vivantes consommatrices – et donc dissipatives - d'énergie. Des endo-symbioses avec certains organismes unicellulaires primitifs ayant une capacité particulière de capture et de dissipation énergétique, comme les chloroplastes et les mitochondries, autres processus d'hétéro-organisation, ont alors ouvert la voie à l'émergence de structures pluricellulaires co-déterminées encore plus efficaces et résilientes sur le plan dissipatif. Le processus de segmentation (et pas de simple division) d'une cellule "initiale" (l' "œuf") illustre cette co-détermination symbiotique entre composantes épigénétique (le "blanc d'œuf") et génétique (son noyau) ouvrant la voie à l'émergence du potentiel de différenciation tissulaire, y compris dans sa dimension neurologique. Ces processus expliquent l'absence de hiérarchie absolue dans les processus d'hétéro-organisation et leur composante "probabiliste", un peu comme dans un ensemble de jazz chaque musicien peut "improviser" (épigénétiquement) mais en s'accordant en permanence sur les autres dans l'interprétation d'une "composition" (génétique) spécifique.

Abstract :

Today it is possible to finally go beyond the limits of the analytical paradigm by enriching it with a real systemic dimension allowing a complete integration of the most fundamental recent scientific achievements reflecting the emergence and resilience of complex systems, in particular the so-called "living" states of matter. This contribution proposes to show how the integration of this systemic dimension makes it possible in particular to better understand and manage in a truly lucid and operational way the biological and ecological organizational systems but also socio-economic, even political as, for example, in terms of energy transitions in the face of climate change.

Work on thermodynamics of far-from-equilibrium systems has indeed thrown unprecedented light on the understanding of the dynamics of "complex" systems, particularly molecular ones. It is now well established that the emergence of such dynamic organizational structures is determined by maximizing their dissipative

efficiency. This promotes the evolution of the system within which it emerges towards a state of maximum uniformity (or entropy) described by the 2nd principle of thermodynamics. These topologically localized states resulting from symbiotic and "hetero-organized" coupling processes between distinct components producing these "dissipative resonance" states are observed from the tropical cyclone to the most sophisticated bio-socio-economic systems. It is indeed possible on this basis to establish the symbiotic nature of the processes that determine at all levels the organization and evolution of living states of molecular matter.

.This was manifested in particular by the emergence at the organo-biological level of hetero-organized and "localized" couplings between nucleic acids and amino acids, the latter giving rise to the first living cells consuming - and therefore dissipating - energy. Endo-symbiosis with certain primitive single-celled organisms with a particular capacity for energy capture and dissipation, such as chloroplasts and mitochondria, other hetero-organization processes, then opened the way for the emergence of co-determined multicellular structures even more effective and resilient on the dissipative front. The process of segmentation (and not of simple division) of an "initial" cell (the "egg") illustrates this symbiotic co-determination between epigenetic components (the "egg white") and genetics (its nucleus) opening the path to the emergence of the potential for tissue differentiation, including its neurological dimension. These processes explain the absence of an absolute hierarchy in the hetero-organization processes and their "probabilistic" component, a bit like in a jazz ensemble each musician can "improvise" (epigenetically) but by constantly agreeing on the others in the interpretation of a specific (genetic) "composition".

Keywords / Mots-clés :

thermodynamique, structures dissipatives, systèmes loin de l'équilibre, couplage symbiotique, hétéro-organisation, co-détermination, ago-antagonisme, méthodologie matricielle

Plan du contenu :

1. "Rupture de causalité" et le concept de "destinée" : par quoi est déterminée l'existence d'un canon ?
 - 1.1. Contexte : la crise de la "connaissance-science"
 - 1.2. (ré)habiliter la notion de cause ultime ou de finalité matérielle dans les causes des phénomènes naturels
2. Combiner réduction et intégration pour transcender enfin la limythe cartésienne
 - 2.1. La matérialité des processus dissipatifs comme explication de l'émergence des états organisés de la matière moléculaire
 - 2.2. Les couplages symbiotiques localisés, moteurs de l'émergence des systèmes dits "organisés"
 - 2.3. Le seuil critique des bifurcations et des transitions de phase
 - 2.4. L'émergence des systèmes dissipatifs cellulaires.
 - 2.5. "ceci n'est pas (seulement) un code" ou des "mystères de la vie" restent à élucider !
3. "pour-quoi il y a des arbres" ou l'émergence des systèmes organiques hétéro- reproductibles
 - 3.1. L'émergence et l'évolution des systèmes dissipatifs multicellulaires : des états végétaux aux états animaux
 - 3.2. L'évolution biologique, entre efficacité et résilience
 - 3.3. Du concept biologique d'auto-organisation à celui d'hétéro-organisation en hypercycles ago-antagonistes
 - 3.4. Les causes co-déterminantes d'un phénomène dissipatif moléculaire : une synthèse
4. Transcender enfin les limites du paradigme *reduc-tueur* de la seule "causalité efficiente"
 - 4.1. Une dimension statistique dans la reproductibilité des organisations hétéro-organisées
 - 4.2. Comment peut s'effondrer un système éco(no)(lo)gique
5. Exemples d'application de l'hétéro-organisation systémique : de la gestion d'un orchestre à celle des transitions climatiques et énergétiques
 - 5.1. La connaissance du solfège ne suffit pas à pouvoir coordonner un orchestre
 - 5.2. Une perspective opérationnelle plus intégrative, entre dimensions analytique et systémique
 - 5.3. Développer une structure opérationnelle de projets symbiotiquement hétéro-organisée et intrinsèquement co-déterminée
 - 5.4. Application au cas des projets liés aux transitions des systèmes énergétiques

Références

1. "RUPTURE DE CAUSALITÉ" ET LE CONCEPT DE "DESTINÉE" : PAR QUOI EST DÉTERMINÉE L'EXISTENCE D'UN CANON ?

"Une idée nouvelle ne triomphe jamais, ce sont ses adversaires qui finissent par mourir."

Max Planck

"Ces mystères qui nous dépassent, feignons d'en être les organisateurs."

Jean Cocteau

"Le silence absolu de toutes nos recherches scientifiques à l'égard de nos questions concernant la signification et la portée de la totalité du déploiement apparent est extrêmement pénible."

Erwin Schrödinger, (cité par Etienne Klein)

"Ce n'est pas la manière dont les choses sont réellement qui constitue le problème et qui devrait être changée, mais la prémisses selon laquelle les choses devraient être vues d'une certaine façon."

Paul Watzlawick

"L'homme de science doit faire voir (dessiner) ce que l'on n'a pas encore vu : c'est un concepteur de modèles, de dessins, de théories."

Jean-Louis Le Moigne

"Quand on a compris, on n'a plus besoin de croire."

Albert Constantin

1.1. Contexte : la crise de la "connaï-science"

Face à la complexité des systèmes que constituent nos sociétés, tant écologiques qu'économiques, et aux crises qui les traversent, ce qui manque toujours le plus aujourd'hui, c'est l'intégration méthodologique rigoureuse des interactions systémiques et irréductibles entre les éléments dynamiques de ces systèmes. Une dimension de l'analyse qui procure pourtant une *clair-voyance* et donc une lucidité exceptionnelle, quel que soit le domaine auquel on l'applique. La méthode expérimentale alliée à l'outil analytique a certes produit des résultats spectaculaires et a fondé les instruments théoriques capables de décrire derrière leur apparente complexité la simplicité élémentaire de certains processus. Elle a donné naissance à une civilisation technologique inouïe. Néanmoins, quoiqu'obstinément ignorés, les signes de la limite du pouvoir explicatif du principe réducteur de la logique causale se manifestent de plus en plus, et ce jusqu'aux niveaux sociétal et environnemental, particulièrement irréductibles. Du fait de l'asservissement à la contrainte idéologique d'une logique purement réductrice et déterministe et à celle de la causalité linéaire, la rationalité s'est muée progressivement au plan scientifique puis philosophique et socio-politique en un 'rational-isme' dogmatique, alors que l'approche réductive et son outil conceptuel qu'est la logique déductive se sont transformés en 'réduction-nisme'. Le chaînon systémique permet pourtant de mieux décrire comment et *pour-quoi* des "parties" peuvent dans certaines circonstances s'assembler pour produire un effet, une structure, un état émergent, bref un "tout", ni réductible, ni déductible du seul et strict ensemble de propriétés de ses parties individuelles.

1.2. (Ré)habiliter la notion de 'cause ultime' ou de 'finalité matérielle' dans les causes des phénomènes naturels.

Le problème est que, comme tous les humains, et même face à l'évidence de nouvelles faits établis et relatifs à la compréhension de la réalité qui nous entoure, les scientifiques restent souvent attachés à leurs représentations paradigmatiques, voire "mythiques", qu'ils se sont construits de la réalité. Cinq

siècles après Nicolas Copernic, au lever du jour, la plupart voient toujours le soleil "monter sur l'horizon", sachant pourtant que c'est l'inverse de la "réalité" !

LA SECONDE REVOLUTION PARADIGMATIQUE

**L'AVENEMENT DE LA TELEO-DYNAMIQUE DISSIPATIVE ET
LE DUALISME DE LA CAUSALITE**

J. FOURIER

La loi de convection de la chaleur

R. CLAUSIUS

L'entropie et les transformations énergétiques irréversibles

H. BERGSON

La durée, l'irréductibilité et l'évolution créatrice

A. LOTKA

La loi de sélection naturelle et la maximisation des flux dissipatifs d'énergie

L. ONSAGER

Les lois de réciprocité

C. DE DONDER

La notion de catalyseur

P. TEILHARD DE CHARDIN

Ű, l'état ultime des systèmes organisés

H. LABORIT- J de ROSNAY – E. MORIN

L'émergence d'une méthode systémique

I. PRIGOGINE, N. GEORGESCU-ROEGEN

Les systèmes loin de l'équilibre et les structures locales dissipatives d'entropie

J. WICKEN – R. SWENSSON - R. DEWAR

Le Principe de production maximale d'Entropie (MEP)

F. RODDIER

Thermodynamique de l'évolution

M. EIGEN, E. BERNARD-WEIL, P. P. BRICAGE, G. DONNADIEU - J.J. KUPIEC, J. de GERLACHE

Les couples de résonance hétéro-organisés supraconducteurs d'entropie

et

L'émergence téléodynamique

B. LIETAER, R. ULANOWICZ

Résilience et efficacité des éco-lo-no-systèmes dissipatifs

C'est en particulier sous prétexte d'éviter tout retour d'un finalisme teinté de métaphysique, que s'est imposé le paradigme post-cartésien de la réversibilité intemporelle des phénomènes observables expérimentalement, vision qui serait incontournable pour qu'un phénomène puisse être considéré comme objectivable "scientifiquement". René Magritte nous a pourtant expliqué que "Ceci n'est pas une pomme" : la représentation que chacun s'en fait n'est jamais *vrai*-ment une pomme. Mais "prendre de la hauteur" pour accepter de "regarder au-delà" de nos limites paradigmatiques de représentation, il

faut vraiment le *vouloir* et le *pouvoir* ! Tant qu'il s'agit d'un poétique lever du jour, soit ; mais quand il s'agit de "*voir*" et d'accepter de "*regarder au-delà*" la réalité des processus physico-chimiques, biologiques et écologiques, voire politiques et socio-économiques parmi les plus *essence-tiels* et tels que de nouveaux éclairages nous les révèlent, c'est tout autre chose (de Gerlache, 1994, Kaufman, 2006).

En biologie, par exemple, le réductionnisme moléculaire fut au cœur du paradigme de la biologie des années 1960-90 au travers d'une vision très informaticienne, qui était en plein développement à la même époque, de stricts "programmes génétiques" et cela malgré l'émergence conjointe de la science cybernétique. Il demeure encore vivace alors qu'aucune démonstration expérimentale, voire clinique, directe ne vient pourtant en démontrer la conformité universelle face à la réalité des processus systémiques d'organisation observés dans les systèmes biologiques. Cette vision réductrice a notamment dominé pendant plus de 30 ans la cancérologie au travers de la recherche de "la" mutation spécifique hypothétique qui serait la cause d'un cancer. Pour certains groupes de chercheurs, il fut difficile de "survivre" dans ce paradigme dominant (de Gerlache & Lans, 1983, de Gerlache et coll, 1984, 1986).

Emmanuel Farber (1984) et Harry Rubin (1992) avaient été parmi les premiers à suggérer que le cancer est une maladie épigénétique qui ne serait pas directement ou totalement liée à une altération de l'ADN génomique, concept repris notamment par Mae-Wan Ho (1998). Comme expliqué par Ho, les tumeurs ont plus d'une centaine de mutations génétiques dans les régions codantes seules, et non seulement les mutations observées chez les patients individuels diffèrent les unes des autres, mais les différentes régions d'une même tumeur ont également des profils génétiques nettement différents. C'est précisément l'image à laquelle on pourrait s'attendre si les mutations génétiques sont les effets plutôt que les causes du cancer; les cellules tumorales émergeant étant des cellules dont des mutations géniques, grâce à une "fluidité" du génome observée dès la fin des années 70, leur permettent de survivre en échappant aux contraintes symbiotiques de l'organisme au détriment du patient. Ce qui mena Robert Weinberg, chercheur éminent qui avait identifié plusieurs "oncogènes", à faire dans des articles à présent célèbres avec son collègue Douglas Hanahan (2000, 2010), un examen critique des limites devenues avérées de ce paradigme en affirmant :

"Deux notions, qu'un simple petit nombre de gènes suffirait pour transformer des cellules en cellules cancéreuses, et que toutes les cellules de mammifères suivraient le même ensemble de processus génétiques au cours de la transformation néoplasique ont été mis en cause. (...) **J'en suis venu à comprendre que les opinions bien ancrées de professeurs de haut niveau largement respectés doivent être pris avec de grosses pincettes.**"

Ils poursuivent en affirmant : "La relation entre les données expérimentales et leur pertinence biologique s'est effiloché, si pas cassé. **Nous n'avons pas les paradigmes conceptuels et des stratégies informatiques pour faire face à cette complexité.**" (!!!)

"Et tout aussi douloureux, nous ne savons pas comment intégrer les ensembles de données individuelles, comme celles découlant de génome des cancers analysés, avec d'autres ensembles de données tout aussi importants, tels ceux de la protéonomique." (...)

"Le concept qui s'impose à présent est qu'**un système complexe ne peut être compris que si l'ensemble de ses pièces sont analysées dans un vaste panorama d'ensemble. Ces analyses globales devraient idéalement décrire la réalité complexe des systèmes biologiques réels, y compris celle des cellules cancéreuses.**"

2. COMBINER RÉDUCTION ET INTÉGRATION POUR TRANSCENDER ENFIN LA LIMYTHE CARTÉSIENNE

"La simplification des connaissances mutile la réalité"

Edgar Morin

"A partir du moment où la démarche de décomposition analytique et de reconstruction synthétique ne permet plus de retrouver les propriétés du tout, elle perd son pouvoir explicatif et devient pratiquement inutile".

Pierre Delattre, CEA

"C'est le contraste de plus en plus évident, de plus en plus difficile à dissimuler, entre une science pléthorique et la stagnation manifeste de la pensée scientifique vis-à-vis des problèmes centraux qui affectent notre connaissance de la réalité."

René Thom (cité par J.L. Le Moigne)

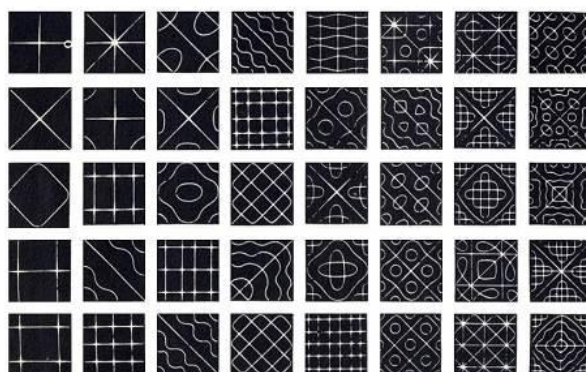
"J'ai essayé pendant ma vie de bâtir une science du devenir. Et une science du devenir est une science en devenir, encore imparfaite."

Ilya Prigogine

2.1. La matérialité des processus dissipatifs comme explication de l'émergence des états organisés de la matière moléculaire

L'exemple le plus élémentaire de système émergent est sans doute celui de la vidange d'un évier dont le tourbillon convectif, en organisant le mouvement cohérent de milliards de molécules d'eau, en favorise spontanément le processus. Dans un tel ensemble d'éléments matériels, localement uniformes et désordonnés mais loin de l'équilibre, une convection s'installe lorsque des interactions dynamiques entre ces éléments concourent à l'émergence d'un mouvement d'ensemble cohérent. Le tourbillon, dont la cohérence "transcende" celle que les éléments ont individuellement, se crée et le liquide s'écoule alors avec une "efficacité" amplifiée et cet état d'organisation stationnaire est spontanément "conservé" tant qu'il contribue à l'évolution du système global vers un état d'équilibre.

Cette propriété structurante de molécules est déjà décrite par Tyndall (1869) avec de simples grains de sable placés sur une plaque en vibration. Des modes de résonance oscillants vont induire la formation de motifs géométriques via un afflux d'énergie qui ne modifie pas leur énergie propre mais la configuration globale pour former un motif macroscopique "cohérent".



Modèles de résonance vibratoire de Chladni. Les zones sombres désignent des régions de vibrations intenses (fortes fluctuations isotropes), qui sont liées par des lignes lumineuses avec de faibles fluctuations isotropes (lignes nodales de vibration nulle).

Trois éléments sont déterminants dans l'analyse des principes gouvernant l'apparence de tels processus :

1. les "causes initiales" déterminant le potentiel d'apparition du phénomène ;
2. les "contraintes locales" endogènes au système et déterminant son émergence ;
3. les "causes ultimes" déterminant le maintien, voire l'évolution du phénomène.

A la causalité initiale efficiente, endogène, rendant compte de l'apparition du phénomène, se combine en effet localement une causalité exogène et "ultimisante" (*pour ne pas dire "finalisante" ...*), celle qu'impose la contrainte décrite par le second principe de la thermodynamique : l'évolution d'un système vers un état d'équilibre caractérisé par son état d'uniformité énergétique maximale. Il y a donc là une *combinaison de causalités* qui induit ce qui sera appelé une *transition de phase* dans lesquelles les contraintes imposées aux "parties" deviennent localement subsidiaires des contraintes imposées à l'ensemble de leurs interactions et qui déterminent l'émergence du "tout", en l'occurrence le système tourbillonnaire. C'est une "raison d'état thermodynamique" qui contribue ainsi à l'émergence de cette transition de phase. La Seine à Paris, entre sa source et son ultime estuaire comme "*causes déterminantes*", n'est-elle pas une image d'un tel état dynamique de 'conatus symbiotique' dans une 'Nature unique' évoquée par Bento Spinoza ... ?

A remarquer que les œuvres-clés de René Magritte (*encore lui, le contemporain de la naissance de la systémique et de la thermodynamique dissipative*), suscitent des états mentaux d'émergence en créant de telles symbioses dynamiques entre les "objets" de ses tableaux : la nuit et le jour coexistant dans '*L'Empire des lumières*', le tableau intégré dans le paysage de '*La Condition humaine*', etc, ...

Si les travaux de théoriciens et de praticiens de la complexité comme Norbert Wiener (1948), Herman von Foerster, John Holland, Paul Watzlawick, Ludwig von Bertalanffy, Axel Kleidon, et, en Europe, notamment Edgar Morin, Jean-Louis Le Moigne, Gérard Donnadiou, Joël de Rosnay, François Dubois, Gérard Balantzian, Henri Atlan, Jacques Printz, Pierre Massotte et Patrick Corsi et bien d'autres encore, au sein notamment des groupes de l'Afscet et du Groupe Emergence¹, ont décrit les états et certaines des conditions devant être réunies pour générer de telles émergences, la thermodynamique dissipative sous la houlette notamment de Ilya Prigogine et ses collaborateurs (1969a, 1969b, 1970) mais aussi de Nicholas Georgescu-Roegen (1979), a permis d'identifier et de caractériser de façon beaucoup plus précise et opérationnelle les conditions thermodynamiques propices à ces processus d'émergence d'états d'organisation complexe de la matière, en particulier moléculaire. Ce qui nous amènera notamment au concept de "résonances convectives".

Comme le souligne Gérard Donnadiou (Donnadiou et Karsky, 2002), aussi dans ses "Repères historiques de la science des systèmes" (2004), Norbert Wiener et ses amis publient en 1943 un manifeste "anti-positiviste" récusant le déterminisme et en restaurant le principe de finalité, véritable coup de force qui est passé alors pratiquement inaperçu de la plupart des scientifiques. D'une manière générale, Il est frappant de constater que tant de physiciens intéressés par l'examen des propriétés de la matière aux niveaux de ses dimensions particulière ou sidérale semblent toujours négliger un peu la réalité du niveau (macro)moléculaire qui est pourtant celui qui définit si largement leur propre réalité...

Or il est temps d'intégrer plus complètement le fait que cette dimension moléculaire, et donc "chimique", du réel induit des propriétés fondatrices qui lui sont propres, entre les deux autres dimensions. C'est parce qu'elle est également co-déterminée par ces autres dimensions que l'analyse et la compréhension de la réalité de la dimension moléculaire impose une méthode intégrative dont on comprend alors la nature complexe et irréductible. Cette dimension moléculaire est sans doute actuellement la mieux appréhendée par la mécanique statistique, l'autre appellation de la "thermodynamique". C'est la discipline de la science dont Albert Einstein lui-même affirmait être convaincu qu'elle est : "*la science naturelle d'une portée universelle qui, dans le champ de l'applicabilité de ses concepts de base, ne sera jamais réfutée.*" Au niveau planétaire, la nature des processus thermodynamiques est déterminante par le fait que la destinée de ce système ouvert est

¹ http://www.mountvernon.fr/qui_sommes_nous.html

d'évoluer spontanément vers un état d'uniformité ultime de la répartition de son énergie : qu'elle soit d'origine tellurique, solaire, cosmique, physico-chimique ou ... biologique.

Les structures dissipatives localisées émergent comme des "*systèmes dynamiques organisés*" à relativement plus faible niveau d'entropie que celui du milieu global au sein duquel ils émergent et résultent de couplages symbiotiques dont l'effet de "résonance" produit une forme d'effet "*supraconducteur d'entropie*".

Un (éco)système organisé est donc de l'*ordre* qui émerge localement pour favoriser l'uniformité ou *dés-ordre* global :

- d'une part, via les processus énergétiques qui contribuent à l'augmentation locale de l'ordre et la contrainte dans les systèmes vivants ;
- d'autre part, via les processus maximalisés de dissipation de cette énergie, et donc d'évolution vers une uniformité dés-ordonnée du système global, telle que décrite par la seconde loi de la thermodynamique.

N'est-ce pas ce que reflète l'intuition de la vision "philosophique" extrême-orientale qui, dans la notion de yin-yang, *combine* en un "pile et face", plutôt que de les *opposer*, les deux dimensions de la réalité des systèmes matériels organisés ?

Complexité
néguentropique



Dissipation
entropique

Dans un tel contexte, l'équilibre thermique de la planète *Terre* est déterminé par des systèmes (thermo)dynamiques "localisés" qui maximalisent la dissipation de son énergie en uniformisant sa répartition. Ce sont notamment les grands courants atmosphériques (cyclones et anticyclones) et marins qui maximalisent les échanges thermiques tout en étant soumis à des boucles de rétroaction positives et négatives ayant des constantes de temps très différentes les unes des autres² : c'est leur "*raison d'être*" !

Cette évolution vers l'uniformité énergétique est donc une forme de "*destinée*" nullement "intentionnelle" et constitue un attracteur qui, "finalement" n'est pas aussi étrange que cela...

² D'autres facteurs interviennent, évidemment, comme le fameux "effet de serre".

2.2. Les couplages symbiotiques localisés, moteurs de l'émergence des systèmes dits "organisés"

"Les cellules ne se ressemblent-elles pas comme des molécules, plus que comme des animaux ?... Nous les regardons à bon droit comme les premières des formes vivantes. Mais n'est-il pas juste aussi vrai de les considérer comme représentant un autre état de la Matière : quelque chose d'aussi original, dans son ordre, que l'électronique, l'atomique, le cristallin ou le polymère ? Un type nouveau de matériel, pour un nouvel étage de l'Univers ?"

Pierre Teilhard de Chardin

"L'auto-organisation, l'autoréférence, l'autogenèse, l'autopoièse sont des termes qui ont trop longtemps polarisé les chercheurs et ils n'ont de sens que couplés, comme nous l'avons proposé dans les années 80, avec, respectivement ce que nous appelons l'hétéroorganisation, l'hétéroréférence, l'hétérogenèse, l'hétéropoièse [de même que nous ayons insisté sur le mésusage du terme d'émergence qui, lui aussi, doit être couplé avec celui d'immersion] (ou d'immersion)."

Elie Bernard-Weil

Il s'agit à présent d'établir *comment* et *pour-quoi* au sein du système terrestre, des structures organisées particulières, les structures organo-biologiques, dites "vivantes" c'est-à-dire "dynamiquement résilientes et adaptatives", vont émerger loin de l'équilibre.

Ce qui caractérise de telles structures, c'est le fait à présent bien établi que, dans sa phase de croissance et de maturité, un organisme vivant est dans un état dynamique stationnaire caractérisé par un taux maximal de production et de dissipation d'entropie (Lotka, (1922a, 1922b), Wicken (1987), Swenson, (1988, 1989), Dewar (2003). Cet état particulier, qui n'a étonnamment pas été vraiment étudié plus en détail par Prigogine et Georgescu-Roegen cités précédemment, étant favorisé et "sélectionné" par le fait même qu'il contribue à ce que le système global loin de l'équilibre au sein duquel émergent ces structures de maximalisation dissipative, atteigne le plus rapidement et le plus efficacement possible son état d'équilibre et d'entropie maximale déjà évoqué, conformément à la seconde loi de la thermodynamique.

Comme l'a exprimé Rod Swanson (1991), "la production d'ordre est inexorable parce l'ordre favorise la production d'entropie plus que le désordre et l'émergence progressive de cycles perception-action dans l'évolution de la Terre en tant qu'entité globale est le produit licite de la physique opportuniste : il n'y a pas d'autre moyen de produire les états collectifs (ordonnés) qui engendreraient ces niveaux plus élevés de dissipation."

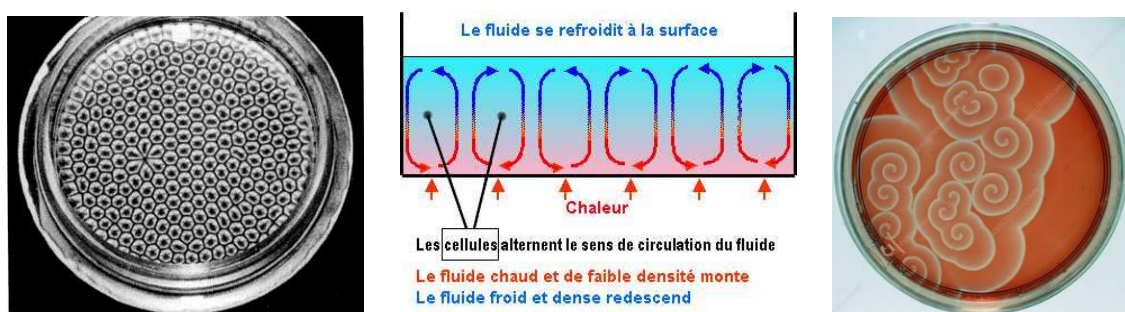
Si on analyse les systèmes dissipatifs les plus simples comme un tourbillon ou le cyclone déjà évoqués, on observe que leur *moteur* réside dans un couplage dissipatif et localisé de deux forces ou flux. Pour le cyclone, en raison de la rotation de la Terre, une force de déviation circulaire, dite force de Coriolis, s'exerce sur les corps, y compris l'air en mouvement à la surface du globe et de ses océans ; les flux ascendants de vapeur d'eau chauffée commencent alors à tourbillonner. Dès lors, les vents s'intensifient, l'évaporation s'accroît. Au-delà d'un seuil critique de la température de l'eau (27°C) constituant une *bifurcation* ou *transition de phase*, un immense tourbillon se crée et le cyclone forme. En altitude, la chaleur se dissipant, les nuages se forment car la vapeur refroidie se recondense. Dans le cas du tourbillon dans un évier, c'est la forme de celui-ci qui va contribuer à amorcer le mouvement de convection en combinaison symbiotique avec la force attractive de la "pesanteur".

Ainsi l'émergence d'un système dissipatif organisé et structuré au sein d'un tel système est bien co-déterminée à la fois par des "causes initiales" et par une "cause ultime", cette destinée décrite par la loi

entropique de dissipation des déséquilibres énergétiques. Ces états résultant d'une véritable "combinaison symbiotique" localisée et "organisée" d'éléments moléculaires en interaction(s). Ici encore on peut évoquer le cours d'un fleuve, co-déterminé à la fois par sa source et par sa destinée vers l'océan, qui n'est donc pas totalement déterminée par sa source.

Un phénomène d'organisation moléculaire dissipative comparable à celui d'un cyclone mais observable à beaucoup plus petite échelle est celui du phénomène des cellules de Bénard-Rayleigh qui apparaissent spontanément dans un liquide quand on lui applique une source de chaleur extérieure (Bénard, 1901). On dépose une couche de liquide, par exemple de l'eau ou un liquide un peu plus visqueux, dans une boîte de Pétri que l'on chauffe par le bas. Le flux d'énergie va d'abord se dissiper verticalement au travers du liquide par conduction thermique, selon un gradient thermique linéaire décrit par la seconde loi de la thermodynamique. Si la température de la face inférieure continue à croître, au-delà d'un certain seuil apparaîtront des cellules de convection, micro-cyclones disposés comme les cellules dans un nid d'abeilles. Les cellules de convection sont stables, et leur sens de rotation, *inverse* pour deux cellules contigües dans le sens horizontal vont maximaliser la dissipation de la chaleur au sein du liquide.

Un autre phénomène simple de couplage dissipatif qui sera par la suite associé à des propriétés d'affinité entre composants des systèmes biologiques, est observé avec des molécules organiques : c'est la réaction mise en évidence par Boris Belousov (1950) et confirmée ensuite par Anathol Zhabotinski. Des ions bromate BrO_3^- , de l'acide citrique ou maléique, en présence d'ions cériques Ce^{4+} , qui jouent le rôle de catalyseur, sont mélangés dans une boîte de Pétri à température ambiante. Ces composants sont proches de ceux impliqués dans le cycle dit de Krebs d'oxydation cellulaire. A l'étonnement même de Boris Belousov, la solution oscille alors entre deux états, dont l'évolution est périodique et qui apparaissent en surface comme des ondes de concentration et ce, pendant près d'une centaine de cycles, jusqu'à épuisement d'un des réactifs.



A gauche : des cellules de Bénard : schéma créé par Thérèse Knott, traduit et modifié pour wiki fr https://fr.wikipedia.org/wiki/Cellules_de_B%C3%A9nard#/media/Fichier:Cellules_de_B%C3%A9nard.jpg A droite : effet de diffusion dissipative de Belousov et Zhabotinski : https://media.sciencephoto.com/image/a5000005/400wm/A5000005-Belousov-Zhabotinsky_reaction_in_dish.jpg

Soumis à une première revue, le rapporteur en refusa les résultats, déclarant que cette expérience allait à l'encontre du deuxième principe de la thermodynamique. Un second refus de publication dans un autre périodique fut enregistré six mois plus tard et Belousov ne parvint à partager ses travaux que dans le compte-rendu d'une conférence qu'il donna en ... 1958 ! En 1964, Zhabotinski (1964) reprit l'expérience réalisée par Belousov qui en fut informé mais refusa de le rencontrer avant de mourir en 1970... Le prix Lénine leur fut finalement attribué conjointement en 1980.

Alfred Lotka (1922a, 1922b) avait été le premier à formuler explicitement le fait que les organismes vivants "*maximisent le flux d'énergie qui les traverse*". Dans ses articles de 1922, il considéra que la force motrice de la sélection naturelle est la maximisation des flux d'énergie par l'organisme à condition qu'il y ait toujours un résidu non utilisé de l'énergie laissée dans le système. Il affirma dès lors que la sélection naturelle fonctionne comme réponse à une 3ème loi de la thermodynamique en favorisant les organismes les plus aptes à survivre et à se reproduire, cette sélection maximisant le taux global de dissipation de l'énergie. Reconnu aussi à titre posthume pour sa fameuse formulation

mathématique des lois de la dynamique des populations (loi de Lotka-Volterra, (Lotka, 1925), il fut à l'époque, comme Belousov plus tard, rejeté par le dogmatisme de ses pairs et dut se résoudre de 1924 à sa retraite à travailler en tant que statisticien pour ... une compagnie d'assurances ! Il faudra attendre Jeffrey Wicken (1987), Rod Swanson (1988, 1989), Roderick Dewar (2003), Per Bak (1996) et quelques autres sur le chemin ouvert par Théophile De Donder³ et Ilya Prigogine, avant que cette notion ne prenne tout son sens au travers des sciences, biologiques en particulier, et la formulation de ce qui constitue à présent une 3ème loi de la thermodynamique, dite de production maximale d'entropie (*Maximal Entropy Production* ou "MaxEP" (voir Roddier, 2012).

2.3. Le seuil critique des bifurcations et des transitions de phase

Le processus fondamental dans l'émergence d'une structure dissipative moléculaire est donc l'établissement, à un seuil critique, d'une "transition de phase", une "bifurcation" établissant localement dans un ensemble d'éléments des couplages localisé de forces au sein d'un flux entropique. Selon Prigogine (1980), une nature en bifurcation est celle où de petites différences, des fluctuations insignifiantes, peuvent, si elles se produisent dans des circonstances opportunes, envahir tout le système, engendrer un régime de fonctionnement nouveau. Les bifurcations sont alors *"des points singuliers où une branche se subdivise en plusieurs branches ou même en un nombre infinis de branches. Et le choix de la branche qui sera suivie dépend des fluctuations. (...) Entre les points de bifurcation, le déterminisme n'est qu'une approximation (...) tandis qu'aux points de bifurcation, vous n'avez plus d'approximation déterministe"*. La complexité observée émerge alors d'une manière robuste qui ne dépend pas de détails précis du système : les paramètres variables du modèle peuvent être largement modifiés sans affecter l'émergence d'un comportement critique (d'où l'appellation *"criticité auto-organisée"*). Ce qui constitue la découverte d'un mécanisme par lequel l'émergence de la complexité à partir de simples interactions locales pourrait être spontanée et donc une source plausible de complexité naturelle.

Spécialiste des "états critiques" de la matière, le physicien danois Per Bak (1996) a montré que certaines structures dissipatives évoluent de façon à toujours se rapprocher d'un point de bifurcation. En ce point, la structure dissipative est dans un état "critique" correspondant pour un liquide à une certaine température et une certaine pression où un fluide homogène peut se décomposer en deux "phases", une phase liquide et une phase vapeur. Bien que le fluide soit en équilibre thermodynamique, ce processus est formellement équivalent à celui d'une bifurcation d'une structure dissipative (les équations sont analogues).

Selon Per Bak, l'une des particularités des systèmes auto-organisés à l'état critique est alors de posséder une *double* signature fractale : temporelle et spatiale. Les variables qui décrivent le comportement du système suivent des lois puissance et les systèmes auto-organisés critiques construisent ces formes fractales. Il décrit une suite d'états critiques où des "bouffées d'énergie" se libèrent - comme dans le cas des avalanches ou des tremblements de terre - bouffées d'autant plus fréquentes que leur amplitude est plus faible. C'est ce que les physiciens appellent un "bruit en 1/f". Son importance vient du fait qu'on les observe très souvent, non seulement en électronique, mais aussi en astronomie, en géophysique, en biologie (nous y reviendrons) et même en économie.

Les structures dissipatives s'adaptent donc à partir des fluctuations perçues de l'environnement par les suites d'avalanches consécutives à l'établissement et l'accumulation de relations couplées (*ce que l'on nomme feedback positif et négatif d'information en cybernétique*) entre leurs éléments constitutifs. C'est le processus qui détermine par exemple la stabilité des écosystèmes, comme l'illustre l'exemple d'un château de cartes : on peut enlever une, deux ou plusieurs cartes (ou espèces) sans grande conséquence pour le système. Mais soudain enlever une seule carte supplémentaire provoque l'écroulement du château : l'écosystème disparaît ... Et ce sera peut-être bientôt un tel point de rupture

³ Professeur à l'Université de Bruxelles, Il a développé en 1923 la définition de l'affinité chimique en soulignant un lien entre affinité chimique et l'énergie libre de Gibbs. Inspirateur de Ilya Prigogine, Il est aussi considéré comme le père de la thermodynamique des processus irréversibles.

de l'équilibre climatique que rencontrera notre planète toute entière, bien loin des scénarios plus ou moins linéaires que l'on nous délivre généralement⁴ ...

Etudiant la dynamique de réseaux d'automates cellulaires engendrés d'une façon aléatoire, Stuart Kaufman (1993, 1995) a observé que des formes stables animées d'un mouvement périodique apparaissaient spontanément, quelles que soient les conditions initiales, générant des formes complexes et durables engendrées d'une façon purement aléatoire. Il a mis, ici encore, quelques années avant de le faire accepter par d'autres scientifiques. Selon Kaufman et Johnsen (1991), une coévolution est considérée, au niveau le plus simple, comme un couplage de paysages de telle sorte que les mouvements adaptatifs d'un acteur déforment les paysages, la robustesse des paysages, la richesse de l'interconnexion de deux paysages et le nombre d'autres acteurs qui interagissent avec chaque acteur.

Toutes ces propriétés modifient profondément le caractère de la dynamique co-évolutionnaire et régissent la facilité avec laquelle les écosystèmes en coévolution atteignent les équilibres de Nash, la stabilité aux perturbations de tels équilibres et la forme physique moyenne conservée des partenaires en co-évolution. Ayant compris que ces observations renouvellent d'une façon très originale l'explication des phénomènes liés à la question de l'origine de la vie, ils ont suggéré la possibilité qu'une méta-dynamique évolutionnaire due à la sélection naturelle puisse alors sculpter les paysages et leurs couplages pour obtenir des systèmes co-évolutionnaires capables d'adaptation.

2.4. L'émergence des systèmes dissipatifs cellulaires

Comme les cyclones, les cellules bactériennes sont des machines de dissipation thermique. Durant des millions d'années en effet, au hasard de combinaisons chimiques, ont émergé des ensembles (macro)moléculaires protocellulaires, peut-être des sortes de vésicules aplaties (les "obcells"⁵) avec leur matériel génétique et leurs enzymes ancrés sur leur face externe, capables de produire localement de tels "cycles dissipatifs d'énergie". Initialement ces "bulles" qui se seraient formées spontanément et qui ont constitué la structure de base des membranes cellulaires, sont apparues sans doute dans le sillage des sources géothermales du fond des océans, à partir de molécules organiques⁶ (*notamment des phospholipides et des peptidoglycans*), voire des "microbes" d'origine cosmique (Steel et coll., 2018). Des acides aminés et des bases nucléiques ont en effet été identifiés dans des météorites à chondrite carbonée, supposées être dérivées de comètes, telles que le météorite de Murchinson. La première véritable cellule dite vivante serait née de la fusion de plusieurs de ces "obcellules" en agrégat.

Dans ces cellules, ce sont des relations catalytiques qui abaissent la barrière énergétique de certaines réactions chimiques entre molécules organiques ayant des *affinités* structurelles entre elles (les "enzymes") et amplifient par ce fait même l'efficacité du processus dissipatif. Dans un tel milieu "cellulaire", et comme observé déjà dans la réaction de Belousov-Zhabotinski, les produits des réactions catalytiques vont alors diffuser et générer d'autres couplages de résonance 'supraconducteurs d'entropie'. Ceci tout en induisant une *résilience* de ces états dissipatifs via l'apparition de processus d'actions et rétroactions stabilisateurs, tel l'effet "feed-back" dans une simple chasse d'eau.

Le modèle proposé de son côté par Alan Turing (1954) expliquait déjà la morphogénèse en biochimie par le phénomène spontané de "brisure spontanée de symétrie". La dynamique résulte du couplage entre des réactions chimiques et la diffusion des réactifs, dans un système alimenté en continu. Turing parle d'"ondes stationnaires" pour désigner les motifs, mais le terme ne doit pas prêter à confusion avec les équations d'onde décrivant la propagation du son ou de la lumière. Elles

⁴ <https://www.thethirdpole.net/en/2017/11/17/earth-approaching-tipping-point-warn-scientists/>

<http://www.metlink.org/climate/ipcc-updates-for-a-level-geography/tipping-points/>

<https://www.dunod.com/sciences-techniques/mettre-en-oeuvre-transitions-energetiques-strategie-integrative-et-gestion>

⁵ <https://en.wikipedia.org/wiki/Obcell>

⁶ Les expériences de S. Miller S. et H. Urey (1959) ont démontré à partir d'eau, de méthane, d'ammoniac et d'hydrogène, la synthèse de 13 des 22 acides aminés utilisés dans la synthèse des protéines, des sucres, des lipides, et quelques composants des acides nucléiques.

correspondent aux variations spatialement périodiques des concentrations des espèces chimiques et, précise-t-il, ne sont rien d'autre qu'un phénomène de résonance, bien connu dans l'étude des pendules et autres oscillateurs, la solution de l'équation d'évolution ne répondant à aucun programme préalable, ni "prescription spécifique" extérieure. L'échelle spatiale des motifs est sans commune mesure avec les échelles moléculaires des processus sous-jacents, montrant le caractère émergent de leur formation. Peut-on parler ici encore de "déterminisme" au sens "étroit" du terme ? On retrouve ici le rôle du métabolisme à côté du génétique et celui le concept d'*autopoïèse*⁷ développé par Varela, Maturana et Uribe (1979), qui s'inspire de celui des systèmes dissipatifs. Nous y reviendrons en évoquant les processus épigénétiques liés au développement embryonnaire.

René Lefever et Ilya Prigogine (1968) calculèrent de leur côté les conditions d'une distribution stable pour un système de réactions chimiques à "deux boîtes" (*le "Brusselator"*) et démontrèrent les capacités "morphogénétiques" des processus de couplage chimio-diffusifs. Si les frontières du système sont maintenues constantes, sous l'influence d'un courant (flux) thermodynamique, le système évolue spontanément vers un état d'équilibre dynamique stationnaire. La structure dissipative est donc ici encore décrite comme une structure bipolaire co-déterminée par le biais de relations catalytiques entre ses éléments constitutifs qui ont la propriété d'abaisser la barrière des échanges énergétiques entre molécules ("enzymes") en ayant entre elles des affinités spatiales, dites allostériques. Certaines de ces structures allostériques auront en outre la capacité de reproduction par empreinte de leur propre structure, cette propriété qui caractérise les états dissipatifs qualifiés des états "vivants" de la matière. Cette propriété catalytique étant le fondement de leur capacité à maintenir leur propriété "*supraconductive*" de dissipation.

Ce sont probablement des molécules d'acide ribonucléique primitif captées par les microbulles bulles de lipides précédemment évoquées qui, absorbant efficacement les photons dans la région ultraviolette à 200–300 nm du spectre solaire, ont commencé à capter et à dissiper par effets de résonance l'énergie disponible. Par exemple, des types "antenne" de molécules d'acides nucléiques pourraient, par transfert de l'énergie d'excitation électronique captée par résonance, utiliser leurs intersections coniques pour dissiper rapidement cette énergie induite par les photons en chaleur (Michaelian, 2011, 2016). La polymérisation spontanée sous lumière UV de nucléosides en polynucléotides a alors été associée à leur pouvoir de dissipation entropique⁸. Un ARN simple brin dans l'eau étant plus efficace (rapide) que les bases simples (notamment la pyrimidine) pour dissiper par refroidissement vibratoire l'énergie d'excitation de photons UV absorbés directement. Ce qui en a fait émerger des systèmes dissipatifs d'énergie plus "performants" que l'absorption énergétique par le seul milieu aquatique.

Un modèle évolutif de diversification d'un ARNt monophylétique (Lacey et Staves, 1990) pourrait expliquer l'évolution ayant donné naissance au système de corrélation entre anticodons et acides aminés au sein des ARNt. En liant des segments courts de codons, une génération d'ARNm ancestraux, des pré-ARNm spécifiques auraient été créés étape par étape par les pré-ARNt pour le stockage de relations avec les séquences d'acides aminés d'ARNm (Chatterjee et YadavIci, 2016). Il apparaîtrait en effet que les acides aminés dont les caractéristiques sont les plus pertinentes pour favoriser la dissipation des photons UVC sont précisément ceux qui ont la plus grande affinité chimique pour leurs codons ou anticodons (Meija et Michaelian, 2018).

Les couplages d'acides ribonucléiques avec des combinaisons protéiques d'acides aminés ont ensuite progressivement donné naissance à des molécules plus efficaces encore sur le plan de la dissipation⁹.

⁷ "Un système autopoïétique est organisé comme un réseau de processus de production de composants qui (a) régénèrent continuellement par leurs transformations et leurs interactions le réseau qui les a produits, et qui (b) constituent le système en tant qu'unité concrète dans l'espace où il existe, en spécifiant le domaine topologique où il se réalise comme réseau."

⁸ Les isomérisations et les tautomérisations à l'état stationnaire induites par les UV-C et les UV-B se sont avérées cruciales pour la formation de purines à partir d'acide cyanhydrique dans un environnement aqueux, et pour la phosphorylation de nucléosides (Chatterjee et YadavIci, 2018). Mc Reynolds et al. (1971) ont ainsi montré que des oligonucléotides peuvent ainsi être produits par l'action de la lumière ultraviolette sur une solution aqueuse de phosphate de nucléosides.

⁹ L'alternance continue entre la polymérisation et dépolymérisation du cytosquelette notamment fournit une condition dynamique qui, couplée aux dipôles électriques, pourrait déterminer un mécanisme de dissipation de l'énergie électro-

Cela favorisera par une augmentation de leur complexité l'émergence de phénomènes de reproduction des cycles et l'évolution de ces micro-organisations organo-moléculaires dissipatives vers des états plus résilients. Ceci notamment du fait d'un autre couplage, celui avec la reproduction par empreinte d'un de leur constituants fondamentaux, l'ARN dit messenger puis, plus tard dans l'évolution, de celle, indépendante, des molécules-empreintes d'acide désoxyribonucléique (ADN) correspondantes, ceci avec un accroissement concomitant de la capacité dissipative des ensembles émergents.

2.5. "*Ceci n'est pas (seulement) un code*" : des "mystères de la vie" restent encore à élucider !

Comme pour les recettes de cuisine, il faut les écrire une fois qu'elles sont établies et les cuisiniers sont alors encore en mesure de les *adapter* et de les faire évoluer par certaines *variations* en fonction à la fois des denrées et ressources disponibles et de l'évolution des attentes et exigences de la "clientèle". Si les recettes de cuisine une fois éprouvées s'écrivent pour en constituer le livre de leur mémoire, il est difficile d'imaginer dans une perspective systémique que c'est *l'écriture aléatoire* de telles recettes au sein d'un ouvrage qui ferait évoluer la gastronomie ... Et même, un restaurant ne passe pas du jour au lendemain de la cuisine italienne à la cuisine chinoise : il y a dans ce cas une vraie rupture, une vraie (r)évolution et pas de simples "variations" ou "adaptations".

Ce qui incite à mieux intégrer et relativiser, dans cette révision indispensable du paradigme de la nature des états vivants de la matière, les limites du pouvoir de chaque énoncé d'une recette, comme nous y incite par ailleurs l'émergence de la dimension "épigénétique" dans la description de ces états. Il est devenu clair aux yeux des évolutionnistes que la redondance (sous la forme de copies multiples), présentée par de nombreux gènes, était peut-être un facteur crucial nécessaire à la complexification.

Au lieu de considérer que les propriétés de l'être vivant sont déterminées par le seul contenu moléculaire de l'ADN, nous savons aujourd'hui qu'il est question d'expression des gènes et non seulement de leur existence. En effet, tous les gènes de l'ADN sont inhibés au sein de la molécule et ne s'expriment que si leur inhibiteur épigénétique est désactivé.

En ce sens, ce qu'a essentiellement mis en évidence la génétique (néo)darwinienne jusqu'ici sont plus les mécanismes relativement linéaires, limités et continus de *variation adaptative* des systèmes biologiques comme les espèces animales ou végétales que ceux leurs réelles (ré)évolutions. Ce qui incite à devoir mieux intégrer et relativiser dans cette révision de la nature des processus d'évolution états vivants de la matière les limites de chaque "recette", comme nous y incite par ailleurs l'émergence de la dimension "épigénétique" dans la description de ces états. Les bouleversements évolutifs majeurs doivent en effet répondre au respect des principes d'organisation fondamentaux évoqués précédemment : dissipation, hétéro-organisation, seuils de rupture, co-détermination.

En particulier, lors des étapes majeures de l'évolution (*cellules eucaryotes, pluricellularité, symbioses avec les systèmes bactériens différenciation des organes, évolution des systèmes nerveux, ...*) il doit y avoir coévolution symbiotique des systèmes dissipatifs et de leurs systèmes de codage et de traduction de ces organisations dissipatives. Oserait-on dire que peut-être Jean-Baptiste Lamarck n'avait pas tout à fait tort ??

magnétique à la fois dans la gamme IR et dans la région visible (Pokorny, 2003). Ces interactions électrostatiques, comme dans les interactions dipôle-dipôle ou Coulomb, peuvent agir à longue distance et pourraient jouer un rôle dans l'organisation dynamique des premières réactions biomoléculaires dans la matière vivante. Les protéines chargées électriquement ont des moments dipolaires qui font qu'en effet elles pourront s'associer de 10 à 100 fois plus rapidement que ne le permet la simple diffusion brownienne (Stroppolo et al., 2001).

Dans ce contexte, Herbert Fröhlich, connu pour avoir donné la première explication de la supraconductivité résultant de l'interaction électron-phonon a développé l'idée que, comme dans une condensation de Bose-Einstein, les ondes de polarisation dans un système polaire tel qu'une membrane cellulaire génèrent un champ électromagnétique connu sous le nom de "cohérence de Fröhlich" et, au-delà d'un certain seuil, le taux d'énergie provenant du milieu externe se concentrant dans le mode de fréquence vibratoire le plus bas, quasi toutes les composantes du système se synchronisent, c'est-à-dire oscillent de manière collective, à la fréquence la plus basse du spectre du système. Ce qui pourrait favoriser le transfert d'énergie à longue distance entre deux modes de vibration de fréquences différentes et ainsi dissiper des différences de quanta d'énergie.

Il y a lieu de considérer notamment la co-détermination de la fonctionnalité de l'ARN messager et des ribosomes (*reconnaissance de la boucle anticodon, décodage, biosynthèse des protéines*), *l'apparition au cours de l'évolution* de nouvelles voies métaboliques pour les acides aminés et les nucléotides se développant simultanément (Wong, 2005), cette interaction entre les empreintes ("l'information") et ses structures de support fournissant les étapes logiques et incrémentales pour l'origine de la synthèse programmée de protéines marquent le début de l'évolution darwinienne. (Chatterjee et Yadalvci, 2018).

De ce point de vue, il est clair que le véritable code génétique ne réside donc pas, comme si souvent interprété, dans les "gènes", simples messages par combinaisons d'acides nucléiques, mais bien dans l'ensemble irréductible de la vingtaine d'ARN dits "de transfert", qui en constituent la grammaire, l'élément essentiel et réellement fondateur des "états vivants" de la matière. et dont chacun associe structurellement un triplet spécifique d'acides nucléiques ("codon") à un seul acide aminé. Cette famille irréductible et dynamique d'"*hétéro-ARNs*" forme ainsi au sein de son réceptacle cellulaire le véritable "*moteur symbiotique hétéro-organisant*" dynamique et (re)producteur de ces états vivants, leur "bouillon de culture" et dont l'ADN ne constitue alors "que" des empreintes.

Assemblés par ce bouillon, les acides aminés et autres "condiments" produisent ainsi la trame de protéines diverses aux propriétés catalytiques complémentaires à la fois dissipatives d'énergie et créatrice d'ordre dont la résilience des "messages" est assurée via la constitution de ses 'empreintes' au travers d'une syntaxe et d'une sémantique adaptées, le "matériel génétique".

Mais reste à établir comment les expériences du restaurant sont consignées dans le livre de recettes ... Et le point sur la question dépasse le cadre systémique, déjà (trop) large, de cet exposé et rejoint la question des relations entre sens et signe abordée lors d'un séminaire de l'AFSCET (de Gerlache, 2019a).

Notons simplement que les découvertes liées aux éléments de structure du matériel génétique tels la chromatine, le rôle des ADN dits "poubelle" (!) les ARN nucléaires, les processus de (dé)méthylation de l'ADN, recèlent sans doute ces mécanismes jusqu'ici incompris.

Comme celui qui consisterait pour le matériel génétique à constituer des "pages blanches" qui accumuleraient des "notes transitoires" transcrites par des procédés enzymatiques tels ceux des transcriptases inverses et autres télomérases. Au-delà de "seuils critiques", ces notes prendraient alors une forme cohérente dans leur nature hétéro-organisée pour favoriser l'émergence de nouvelles espèces d'états plus dissipatifs.

3. "POUR-QUOI IL Y A DES ARBRES" OU L'ÉMERGENCE DES SYSTÈMES ORGANIQUES HÉTÉRO-REPRODUCTIBLES

3.1. L'émergence et l'évolution des systèmes dissipatifs multicellulaires : des états végétaux aux états animaux

Les conclusions des travaux sur la structure de l'arbre de vie, loin d'être définitives, sont encore très controversées pour plusieurs raisons, notamment parce que, elles aussi bousculent violemment depuis deux décennies le modèle des trois domaines, le paradigme actuellement dominant (Aubert, Gupta, 1998 ; Lyons 2002 ; Forterre , 2005). Des endo-symbioses se sont alors produites entre certains organismes unicellulaires primitifs ayant une capacité de capture et de dissipation énergétique particulière, comme les chloroplastes et les mitochondries. Celles-ci ont alors ouvert la voie, avec la formation du noyau cellulaire, à l'émergence de structures pluricellulaires, encore plus efficaces et résilientes sur le plan dissipatif. Un peu comme on intègre une machine de production dans l'ensemble d'une usine et de ses services.

Il est généralement admis que la formation de grappes cellulaires, suivies du succès ou de l'échec de ces grappes en fonction de leurs caractéristiques, ont constitué les premières étapes vers la multicellularité. De nombreuses exigences d'organisation multicellulaire (*adhésion cellulaire, communication et coordination cellule-cellule, mort cellulaire programmée*) ont cependant probablement déjà évolué dans les organismes unicellulaires ancestraux.

Le mouvement coordonné des cellules est le résultat de différents chemins de signalisation de cellule à cellule. La chimiotaxie explique notamment l'agrégation ondulatoire évoquée précédemment et observée *in vitro* (Goldbeter, 1996) qui détermine la dynamique spatio-temporelle de l'hétéro-organisation d'ensemble de cellules biologiques. La communication intercellulaire qui régit la transition de phases isolées à des phases collectives a notamment été montrée chez des moisissures comme *Dictyostellum discoideum* qui émettent périodiquement un signal chimique pour attirer les cellules voisines.

À mesure que les grappes de cellules se sont adaptées, les cellules individuelles ont perdu leur autonomie évolutive, devenant des parties mutuellement dépendantes dans un nouvel ensemble de niveau supérieur. Ces transitions ont pu être facilitées par un processus symbiotique dans lequel les cellules adoptent des traits qui les ancrent dans un mode de vie de groupe, stabilisant le groupe et ouvrant la voie à l'évolution de la complexité multicellulaire (Les "cliquets" de Libby et Ratcliff, 2014).

Une étape cruciale de l'évolution biologique sera donc l'apparition des systèmes *pluri-* ou *multicellulaires*, au départ d'une segmentation d'une cellule unique (l'"œuf" ou ovocyte), dite phase de "blastula", prenant le pas sur la simple division cellulaire. Ce processus en est fondamentalement distinct en ce sens que se trouve constitué dans l'ensemble du "blanc d'œuf" épigénétique ainsi compartimenté un *organisme global* émergent. Ceci du fait de la répartition préalable au sein de "secteurs" distincts du cytoplasme de cette cellule "initiale" de différents facteurs spécifiques qui vont induire un potentiel de *différenciation* dans l'expression génétique de chacun des noyaux dupliqués. Cette caractéristique et ce rôle essentiel de l'organisation du cytoplasme de l'ovocyte ont été démontré dès le début des années 60 par John Gurdon (1962) et son équipe qui avaient réalisé l'expérience suivante :

- a) prendre un œuf de crapaud fécondé ;
- b) lui retirer son noyau ;
- c) prélever sur un têtard albinos une cellule intestinale ou épidermique différenciée ;
- d) transférer son noyau dans l'œuf énucléé.

Qu'observent-ils ? Non pas la formation de cellules intestinales ou épidermiques, mais le développement d'un embryon de têtard albinos : C'est le "blanc d'œuf" qui détermine et différencie ce que le génome du noyau transféré "exprime" ! ... Ce qui (dé)montre ici encore que **l'origine des processus de différenciation tissulaire est, elle aussi une hétéro-organisation** combinant mémoire épigénétique ou "cellulaire" et mémoire génétique.

Celle-ci se traduit notamment par le fait, bien établi lui aussi, que toutes les mitochondries d'un animal sexué, mâle ou femelle, sont d'origine maternelle, les mitochondries étant présentes dans l'ovocyte. Ou encore le processus de désactivation de l'un des deux chromosomes X chez la femelle fécondée qui est 100 % épigénétique. Comme l'a montré Edith Heard, dans chaque tissu (le cerveau, le sang, les reins, etc.), la proportion de cellules qui activent le X paternel par rapport au X maternel peut être différente, et varie également d'un individu à l'autre.

Pour-quoi il y a des arbres

Les végétaux multicellulaires, et les arbres en particulier, sont, particulièrement dissipatifs d'énergie via le processus d'évapotranspiration, la plante adaptant son activité photosynthétique à sa capacité de transport de l'eau mais aussi à la résistance thermique des feuilles aux réactions exothermiques engendrées par le métabolisme.

Elle favorise ainsi une évaporation optimale afin que le flux d'énergie net entrant dans le système soit presque entièrement dissipé dans l'atmosphère sous forme de flux de chaleur latente.

Dans ces végétaux plus complexes, les feuilles optimisent l'évaporation, notamment par le biais de micro-valves présentes à la surface des feuilles appelées stomates. Un arbre peut de ce fait transpirer jusqu'à 220 litres/hr.

Ainsi, il est devenu possible de comprendre enfin que :

Tout autant un arbre se sert de l'eau pour croître,

L'eau se sert de l'arbre pour s'évaporer !

L'évolution des états dissipatifs de la matière vivante vers des états de plus en plus complexes et *efficaces* s'est alors traduite par une diversification des systèmes caractérisés par une multiplicité d'espèces ou de "variants" aux rôles complémentaires, les *éco-systèmes*, contribuant à la *résilience* de ceux-ci, devenus plus tributaires des modifications de leur environnement.

Une étape particulière pour le règne végétal fut son acclimatation à la vie sur la terre ferme, la capacité dissipative offerte par la fonction photosynthétique s'y révélant beaucoup plus efficace.

3.2. L'évolution de la symbiose biologique, entre efficacité et résilience

Au-delà des systèmes végétaux, les systèmes animaux ont émergé eux aussi comme des systèmes de maximalisation de la dissipation de l'énergie, en l'occurrence, la dissipation de l'énergie accumulée par les organismes végétaux mais aussi celle accumulée par d'autres organismes animaux. Cela s'est traduit par la sophistication des états dissipatifs aux travers des multiples espèces, telle que la sophistication dans la différenciation des fonctions déjà observée chez les organismes végétaux.

En simplifiant à peine, les espèces animales ont évolué au travers d'une organisation de plus en plus sophistiquée autour d'un tube "digestif d'énergie" et la spécialisation des fonctions contribuant à maximaliser celle-ci au sein d'une organisation globale homogène:

- les cellules et leurs "organites" : noyau, mitochondries, lysosomes, membranes;
- les organismes et leurs "organes" : tube digestif, poumons, reins, foie, système musculaire, circulatoire, immunologique, systèmes hormonaux, lymphatique, , reproducteur, nerveux, ... ;
- les "sens", permettant d'optimiser les interrelations tant spécifiques que systémiques avec le milieu extérieur et les autres êtres vivants ;
- les espèces et leur "diversité" : photosynthétiques, saprophytes, carnivores, y compris les espèces, jusqu'aux tribus et organisations socio-économiques humaines, et bientôt robotiques ...
- les écosystèmes combinant les espèces des différents niveaux d'organisation depuis le niveau monocellulaire, espèces qui seront sélectionnées en particulier du fait de leur contribution à des systèmes complexes d'équilibres dynamiques entre efficacité dissipative et résilience.

Un des véritables moteurs de l'évolution biologique est donc bien, outre la résilience ou "*survie des plus aptes*", tout autant une évolution vers des espèces et individus plus complexes quand cela les rend plus aptes ou efficace à la dissipation maximale d'énergie ! On observe ainsi que, tel que l'a montré

Eric Chaisson (2001, 2015), par unité de masse, le cerveau humain dissiperait jusqu'à 50.000 fois plus d'énergie que le soleil !

Les couplages supraconducteurs « ago-antagonistes » et symbiotiques : fondateurs de toute émergence biologique

- ◆ Le couplage catalytique anabolisme/catabolisme des enzymes (« *feed-back* ») ;
- ◆ Les couples hétérocycliques ARN/ADN et ARN/protéines ;
- ◆ Les couplages symbiotiques noyau/ cytoplasme et noyau/mitochondries ;
- ◆ Les couplages ago-antagonistes régulateurs de l'homéostasie : hormonaux, bactéries/intestins, organes, etc ... ;
- ◆ Les symbioses et couplages de la biodiversité écologique ;
- ◆ Le couple de la reproduction sexuée ;
- ◆ Les couplages neuro-sensoriels ;
- ◆ Le couplage du système nerveux « entérique » et du système nerveux « central » ; celui des hémisphères cérébraux ;
- ◆ Les couplages épigénétiques inné/acquis : instinct, apprentissage, culture ;
- ◆ Les couplages individus/sociétés, entreprises/services publics, ...

Une symbiose qui demeure fondamentale est celle entre les organismes unicellulaires et pluricellulaires s'organisant autour de la sophistication dissipative d'un système digestif. Comme tous les autres organes en contact avec le monde extérieur (peau, cavité buccale, oreilles, voies respiratoires supérieures, vagin) et délimitant l'espace intérieur d'un organisme, le *système digestif* est habité par des microorganismes unicellulaires avec lesquels il vit une symbiose efficace et vitale constituant ainsi de véritables écosystèmes, le "microbiote". Celui-ci est décrit dans toutes ses dimensions dans l'ouvrage de Marcel Roberfroid (2019) *A la découverte du ventre et de ses bactéries*. Une multitude de symbiontes associent en effet les organismes à des bactéries : la cavité buccale, les voies respiratoires supérieures, la peau, le vagin, les oreilles mais surtout le tube digestif avec l'intestin grêle et, davantage encore, le côlon. Un rôle majeur du microbiote colique est la protection vis à vis des dangers chimiques et microbiologiques qu'ils soient d'origine alimentaire ou environnementale.

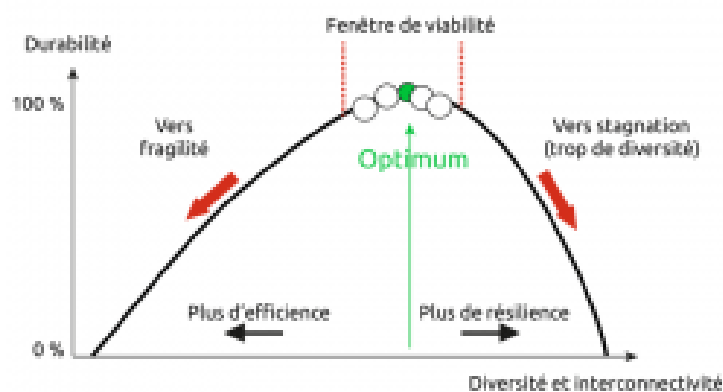
En tant qu'interface entre le monde extérieur et l'intérieur d'un organisme, les deux 'tissus' vivent donc une symbiose étroite essentielle à la santé, tout en gardant, l'un de l'autre, une indépendance. Comme énoncé par l'écologiste microbien Théodore Rosebury cité par Marcel Roberfroid, "deux formes de vie peuvent établir des relations qui sont soit symbiotiques (et donc bénéfiques), soit parasitaires (et donc potentiellement dangereuses) en fonction du contexte". C'est le concept d'*amphibiose* proposé par qui rejoint celui des systèmes ago-antagonistes qui sera évoqué plus loin.

Toutes ces activités par essence symbiotiques doivent être coordonnées, contrôlées, régulées. Ainsi, le système digestif inclut aussi des glandes qui participent aux processus digestifs : les glandes salivaires, le pancréas exocrine ainsi que le foie et la vésicule biliaire ; quelques dizaines d'hormones sont aussi sécrétées par des cellules spécialisées du microbiome, les cellules L et K. Il est par ailleurs étroitement associé à un système nerveux intrinsèque et largement autonome, le *système nerveux entérique* ou SNE dont le mécanisme d'action est double : soit direct par liaison à une cible spécifique contrôlant un processus particulier ; soit indirect, principalement par l'intermédiaire du nerf vague qui connecte directement les viscères avec le cerveau.

Comme suggéré par Susan Erdman, un *axe microbiote – intestin – cerveau - système immunitaire* pourrait exister et jouer un rôle clé pour la santé et selon l'expression de Min Li et coll. (2008, 2008), l'organisme, humain comme les autres organismes pluricellulaires, doit alors être considéré comme un 'super-organisme' résultant de cette association symbiotique avec un microbiote qui intègre des processus physiologiques propres (c'est à dire codés dans le génome humain) et ceux du microbiote (c'est-à-dire codés par le microbiome).

La *résilience* d'un système biologique dépend donc de celle de chacun des composants: tout système (cellule, organe, organisme, espèce, (éco)systèmes, constitue un ensemble de chaînes trophiques en inter-actions hypercycliques solidaires (avantages) mais donc aussi moins autonomes (inconvenients). Une cellule, animale ou végétale, est déjà un écosystème formé par l'emboîtement et la juxtaposition de compartiments (les organites intra-cellulaires) qui forment une unité structurelle et fonctionnelle.

Les travaux conjoints de Robert Ulanowicz en écologie quantitative et de Bernard Lietaer en économie (2009) ont permis de (dé)montrer l'universalité de ce type d'équilibre dynamique vers lequel tendent alors l'ensemble des systèmes organisés, entre efficacité dissipative et résilience, ceci par la diversification des inter-connectivités, entre homéostasie et homéorhèse.



Source : Bernard Lietaer, Robert E. Ulanowicz, Sally J. Goerner, and Rocio Gomez (2009)

Ces états d'équilibres symbiotiques co-déterminés par les processus dynamiques décrits plus hauts évoluent donc dans le temps en fonction des contraintes thermodynamiques et environnementales et donc aussi épigénétiques : ce sont les phénomènes de croissance et de vieillissement.

Deux types de déviations décrits initialement par Conrad Waddington correspondent aux évolutions de tels systèmes dissipatifs organisés :

- les déviations inductives, résultant de la variation transitoire de facteurs physiologiques autour de l'état stationnaire dits d'*homéostasie*; c'est l'image du mouvement latéral d'une bille sur les parois d'une rigole en pente ;
- les déviations constitutives dites d'*homéorhèse*, correspondant à une variation du mouvement vers l'équilibre final : c'est le mouvement de la bille vers le haut par rapport à la rigole (développement ou régénération) ou vers le bas (vieillessement).

Des états "pathologiques", comme par exemple les états cancéreux évoqués en introduction, sont à des états de groupes cellulaires échappant aux mécanismes de résilience du système symbiotique global (l'"organisme"), ce qui correspond à des mouvements de la bille hors de la gorge.

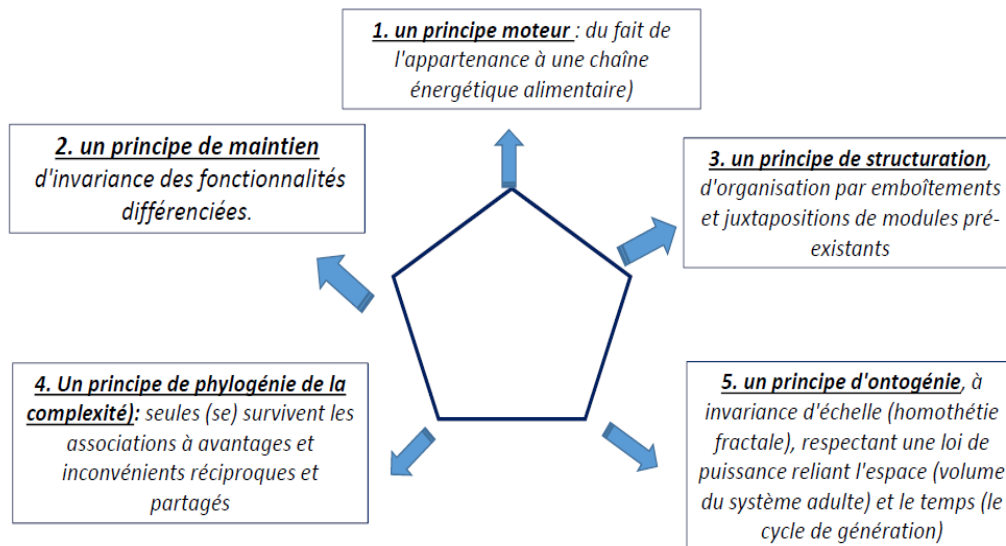
L'*homéorhèse* et ses adaptations "constitutives" correspondent assez bien à la dimension agoniste du modèle de Bernard-Weil décrit plus loin, c'est-à-dire des phénomènes de coopération menant à la création de nouvelles solutions ("servo-mécanismes"), et non plus au seul "conflit" entre les forces antagonistes.

Toutes deux sont nécessaires pour que les systèmes dynamiques organisés soient à la fois capables de résilience et d'évolution adaptative : à la fois gérés par – et gérant des processus d'équilibre et de croissance. Ce type d'adaptation créative correspond aussi aux bifurcations se produisant en réponse à des fluctuations et permettant au système dissipatif de conserver un état stationnaire imposé par la contrainte thermodynamique globale du système au sein duquel il émerge.

Pierre Bricage (2013) a identifié dans ce contexte les cinq principes qui déterminent les conditions d'émergence de tels systèmes et leur permettent de maintenir un équilibre optimal entre résilience (ou

stabilité) et efficacité dissipative maximale. Trop d'efficacité fragilise le système, trop de résilience en réduit l'efficacité par rapport à d'autres systèmes plus "compétitifs".

les 5 principes organisateurs d'émergence constructale



Adapté de : La loi de puissance d'invariance spatiotemporelle des systèmes vivants. Pierre Bricage - Revista Internacional de Sistemas, 19, 05-33 2014

Les flux de matière et d'énergie qui le constituent y fonctionnent en flux tendus où les aliments des uns sont les déchets des autres et réciproquement. C'est ce que Pierre Bricage nomme des "Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés" ou "Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages" : ARMSADA.

Les organismes les plus complexes étant les plus "efficaces" du point de vue de la capacité dissipative mais, du fait de celle-ci, ils seront donc moins résilients face aux changements et perturbations écosystémiques. La disparition des dinosaures en est un exemple connu.

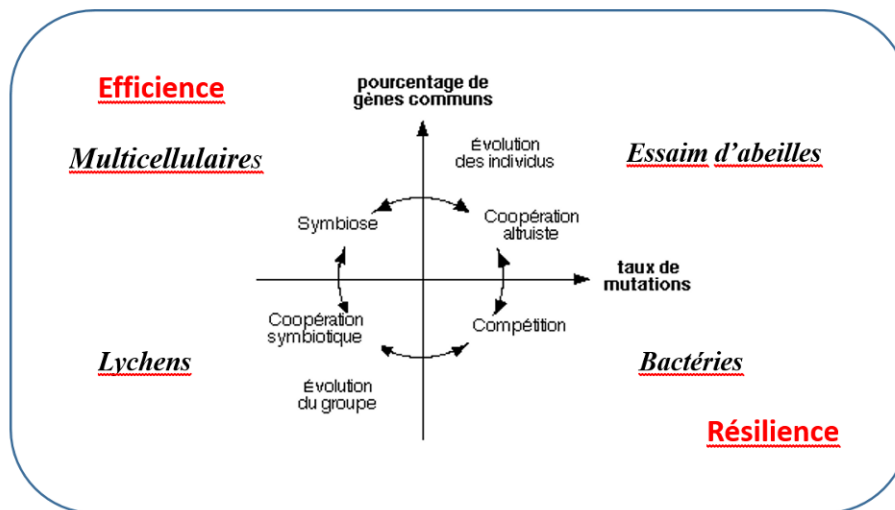
Dans un contexte de résilience, la sélection naturelle favorisera alors autant la "coopération" que la "compétition" :

- entre les gènes dans un génome ;
- entre les gènes et leurs produits/(re)producteurs (ARNs et protéines) ;
- entre organites d'une même cellule (chloroplastes, mitochondries, lysosomes) ;
- entre les cellules dans un organisme multicellulaire ;
- entre les individus dans une "société" (espèce) ;
- entre les espèces dans un écosystème.

François Roddier (2012) montre alors comment un (éco)système biologique évoluera en fonction de l'évolution biologique dans l'espace des phases :

- en fonction du taux de gènes communs et de leurs mutations ;
- mais aussi en fonction de l'évolution de l'environnement induite par les effets mêmes de la dissipation des systèmes qui imposent de toujours plus dissiper d'énergie pour maintenir leur état d'équilibre.

C'est effet dit de la "Reine rouge" d'Alice au Pays de Merveilles de Lewis Carroll : Alice court toujours plus vite pour pouvoir rester à la même place.



L'évolution biologique dans l'espace des phases, François Roddier

Avec le développement de la fonction cervicale ayant permis la diversification et la sophistication des "sens", ses processus s'élargiront au travers des capacités d'apprentissage et de mémorisation (épi)génétique : *instincts animaux, conditionnement, éducation*. Puis, au travers de l'émergence d'une capacité remémoration volontaire transcendant la capacité de mémoire purement génétique et favorisant les états de "conscience" le développement de pratiques émotionnelles et "culturelles" : traditions, mythes et religions, pensée philosophique et artistique...

3.3. Du concept biologique d'auto-organisation à celui d'hétéro-organisation en hypercycles ago-antagonistes

Au travers du concept de co-détermination et de bi-pôle combinant celui qui fournit l'énergie avec celui qui en maximalise la "consommation" et donc la dissipation, il est possible d'évoquer, au-delà du concept-même d'"auto-organisation" et de "complexité", un processus *d'hétéro-organisation*, qui permet de l'affiner en y intégrant le fait qu'une telle organisation découle de la coexistence symbiotique intrinsèque en son sein de ces deux pôles et que tout système dynamique organisé est bien irréductible à une "causalité efficiente" unique.

La notion d'hypercycle

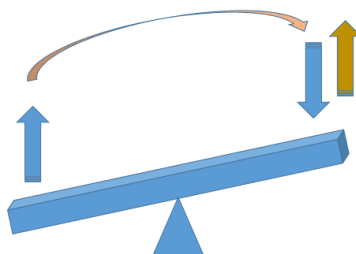
La notion d'*hypercycle* proposée par Manfred Eigen et Peter Schuster (1979) s'inscrit assez naturellement dans ce modèle d'hétéro-organisation, que ce soit pour décrire notamment les couples génotype - phénotype (*les gènes, mais aussi les protéines et autres facteurs régulateurs de l'activité des gènes et des ARN messagers*), tout comme les phénomènes hormonaux, immunologiques ou encore les processus dits "épigénétiques". L'ensemble des éléments d'un hypercycle sont *de facto* en mesure d'utiliser et/ou dissiper, plus efficacement que tout élément individuel, des ressources énergétiques existantes. En outre, les effets bénéfiques de mutations évolutives d'un élément quelconque de ces hypercycles sont alors répartis sur l'ensemble du système.

Les couplages ago-antagonistes

Dans ce contexte, Elie Bernard-Weil (1988, 1999, 2002) a introduit la notion de *couples ago-antagonistes*, couples de forces dont un des pôles produit des actions d'opposition sur une partie du récepteur de ces forces (*antagonisme*) et des actions de même sens sur une autre partie (*agonisme*). Celles-ci étant alors déterminées par :

- une norme d'antagonisme et des valeurs absolues assurant l'égalité du couple de forces, au moins quand le système est "au repos" ;
- une norme et des valeurs relatives agonistes prescrivant un certain degré d'intensité à ces forces en relation avec les circonstances.

L'antagonisme déterminant des valeurs relatives, et l'agonisme des valeurs absolues de ces pôles de forces. C'est l'analyse de couplages hormonaux et de leurs perturbations qui est à l'origine de cette découverte importante. Il s'agit de modèles de croissance (ou de décroissance) et d'équilibre (*homéostasie*) d'un état physiologique particulier localement hétéro-organisé autour de "normes" (équilibre surrénal-post-hypophysaire, glycémie, par exemple).



Si pour compenser un état pathologique (ex : *certaines cancers, AVC, immunopathies*), un déséquilibre de la balance n'est compensé que par une augmentation de l'élément déficient, (*flèche du côté gauche*) le système va parfois "spontanément" compenser ce rééquilibrage (*flèche de gauche du côté droit*). Le rééquilibrage impose donc, paradoxalement d'augmenter l'élément initialement en excès (*flèche à l'extrême droite du côté droit*).

Cette notion dépasse celle du classique couple d'opposition du clair et de l'obscur des présocratiques pour rejoindre celle du *yin et yang* qui n'est pas une simple opposition à laquelle on réduit trop souvent cette notion fondamentale du taoïsme...

L'existence des deux pôles distincts d'un couple AA implique à la fois l'absence d'un rapport de hiérarchie entre ces deux pôles ou de leur synthèse. Une action au niveau d'un seul sous-système globalement déséquilibré peut paradoxalement aboutir à la rééquilibration globale du système. même si ce type d'intervention sur deux forces apparemment inconciliables au sein d'un phénomène biologique est souvent considérée comme illogique, non seulement au plan biologique mais aussi au plan socio-économique ou politique.

Pour Elie Bernard-Weil, si le modèle ago-antagoniste est un modèle dissipatif, du type de ceux étudiés par Ilya Prigogine dans le cadre de la thermodynamique loin de l'équilibre, il en constitue un groupe à part, car il s'y établit des finalités d'équilibration par rapport à des normes : *"Équilibration, c'est le résultat, tandis que "loin de l'équilibre" fait seulement allusion aux mécanismes par lesquels opère l'équilibration (aussi bien que la déséquilibration) qu'il s'agisse d'une équilibration asymptotique (fixe) ou sous forme de cycle-limite (oscillante) ou même d'une dynamique chaotique."*

Au-delà, les modèles élémentaires à deux pôles peuvent se combiner dans des réseaux AA, mais de telle façon que ces regroupements se fassent dans des structures associatives elles-mêmes AA. Le modèle de régulation ago-antagoniste (AA) constitue donc un type de structure "*fractale*" voire "*holographique*"¹⁰ que l'on peut retrouver à différents niveaux d'organisation d'un même système.

3.3. Les causes co-déterminantes d'un phénomène dissipatif moléculaire : une synthèse

Les causes co-déterminantes d'un phénomène dissipatif moléculaire sont donc identifiées :

- une tendance téléodynamique de réponse à la contrainte d'évolution du système global vers l'équilibre, cette "destinée" décrite par le second principe de la mécanique statistique, autre appellation de la thermodynamique ;
- un couplage spatio-temporel localisé de forces ago-antagonistes au sein du flux thermodynamique d'un milieu matériel loin de son équilibre et ayant ou acquérant la

¹⁰ Dimension fractale ou holographique que, d'une certaine manière, l'on retrouve, comme le souligne notamment Edgar Morin, dans le fait que la plupart des cellules contiennent l'empreinte (*via l'ADN et ses sous-structures complémentaires*) de l'ensemble de la mémoire génétique de l'individu tout entier.

propriété de catalyser localement des interactions spécifiquement dissipatives entre ses éléments constitutifs ;

- un système hétéro-organisé de supra-conduction dissipative qui résulte de cet équilibre dynamique intrinsèquement dual et symbiotique entre ses "causes co-déterminantes" ;

Ces *bipôles ago-antagonistes* couplés symbiotiquement au sein d'un système, comme dans le cas du cyclone avec des mécanismes de flexibilité associant à la fois des processus de compétition et de relations coopératives.

C'est à cette aune que doit être considérée la (co)détermination systémique, et, au-delà, il s'agit d'un point de vue plus général permettant d'échapper enfin au piège d'un déterminisme réducteur. Cela permet ce qu'Edgar Morin nomme une *dialogique ordre/désordre/organisation*. Une telle dialogique permet d'assumer rationnellement l'inséparabilité de notions à priori contradictoires pour concevoir un phénomène complexe : depuis la dualité onde/corpuscule jusqu'à celle du couplage individu/société. Cela permet aussi de (re)découvrir sous un autre éclairage la relation entre un tout et ses parties, particulièrement dans les systèmes irréductiblement organisés en "sociétés". "Ils pensent, donc Je suis" : Mowgli demeuré seul dans la jungle aurait-il été pleinement "humain" ?

Cette co-détermination intrinsèque aux systèmes complexes organisés implique par ailleurs d'y intégrer les notions de flux et de champs de forces qui rendent compte, comme le souligne Jean-Louis Le Moigne (1999), de la complémentarité des changements intervenant sur ou dans un système dissipatif. A l'un, la physique associe les notions de *tension* (ou différence de potentiel), représentant le flux comme un écoulement entre une source et un puits, entre deux réservoirs (le "tout s'écoule" héraclitéen) ; à l'autre, elle associe la notion d'*extensivité* représentant les champs comme une orientation, une capacité d'influence, un tapis ordonné permanent de forces d'intensité variable.

Dans *L'Homme symbiotique*, Joël de Rosnay (1995), avait déjà élargi la théorie générale de l'auto-organisation à la notion plus générale de la dynamique de systèmes complexes et avait proposé le terme de *symbionomie* pour décrire l'ensemble des phénomènes couverts par cette théorie élargie dont on constate ici qu'ils correspondent aux états de résonance ago-antagoniste co-déterminés par les processus d'hétéro-organisation dissipative.

Quand, sur les traces de Claude Shannon, on tend à lier entropie et "quantité d'information", il serait sans doute pertinent de préciser que concrètement ce lien se situe, comme dans un circuit neuronal, au niveau de la nature et de la qualité des "interactions" entre éléments constitutifs du système considéré et dont émerge l'effet supraconducteur d'entropie. La probabilité de l'existence d'une information quantique peut être déduite du fait que des signaux instantanés induisent une cohérence dans les modèles diffractifs des mouvements des particules (Harris et Bush, 2013). Une "onde d'information" fonctionnellement liée à l'hétéro-organisation des propriétés dynamiques des particules en mouvement serait alors celle qui synchroniserait le mouvement énergétique d'une particule au moyen de flux de signaux oscillatoires et pas seulement une "fonction d'onde de probabilité". Tout ceci nécessiterait évidemment plus de développement ...

4. TRANSCENDER ENFIN LES LIMITES DU PARADIGME RÉDUCTEUR DE LA SEULE "CAUSALITÉ EFFICIENTE"

"La description probabiliste est plus riche que la description individuelle, qui pourtant a toujours été considérée comme la description fondamentale. C'est la raison pour laquelle nous obtiendrons au niveau des distributions de probabilités une description dynamique nouvelle permettant de prédire l'évolution de l'ensemble."

Ilya Prigogine

Il est donc établi que les phénomènes dynamiques d'hétéro-organisation dissipative s'observent aussi bien dans :

- les systèmes physiques et chimiques ;
- les systèmes cellulaires et organismiques : organisation énergétique, informationnelle, communicationnelle, reproductive, ...
- les (éco)systèmes végétaux : lichens, mousses, prairies, forêts, ...
- les (éco)systèmes animaux : organisation de fourmilières, de hordes, de troupeaux, de vols et migration d'oiseaux, ...)
- les systèmes et sociétés humaines : applaudissements, panique collective, manifestations, intentions de vote, cultures, religions, associations civiles et politiques, ...
- les systèmes sociétés socio-économiques : les entreprises, les réseaux urbains, industriels, commerciaux, ...

Mais, comme évoqué en introduction, en devenant plus réductionniste que réducteur, le paradigme analytique a limité la diffusion de ces connaissances pourtant essentielles à une meilleure compréhension de la réalité des phénomènes qui nous entourent et nous constituent. Il est si dommage que, comme le soulignait Max Planck, tant de chercheurs et d'individus mourront sans avoir bénéficié de ces lumières et sans les avoir intégré à leurs propres domaines de compétence (de Gerlache, 2015, 2016a, 2016b).

C'est la systémique de seconde génération qui, comme le souligne Gérard Donnadiou, en faisant le deuil de la prévisibilité (*souvent impossible ou illusoire*, considère-t-il) au profit de l'intelligibilité, permet de concevoir des modèles qualitatifs, de facture topologique par exemple, entrant dans l'intelligence d'un phénomène et d'orienter éventuellement son action. C'est de cette systémique "douce" que Jean-Louis Le Moigne cité par Donnadiou écrit en l'opposant à la première : "La modélisation analytique ou ensembliste se prêtait bien sans doute à l'appréhension des phénomènes compliqués, compliqués mais prévisibles ; la modélisation systémique s'est développée précisément pour permettre ce passage réfléchi du compliqué au complexe, de la prévisibilité certaine à force de calcul à l'imprévisibilité essentielle et pourtant intelligible".

4.1. Une dimension statistique dans la reproductibilité des organisations hétéro-organisées

Comme le montrent de nombreux travaux de ce début de millénaire, et notamment les travaux de Jean-Jacques Kupiec (2012), les cellules peuvent se différencier spontanément lors d'événements aléatoires, les interactions cellulaires intervenant secondairement pour canaliser et stabiliser les cellules dans des états de différenciation adéquats. Il est erroné, nous dit Kupiec, de penser en particulier qu'un phénomène dépendant d'un événement aléatoire serait nécessairement non reproductible : il est reproductible statistiquement. "Ce que l'on met progressivement en évidence, ce n'est pas la spécificité des réactions sur le modèle instructif "clé-serrure" mais des paramètres quantifiables : les constantes cinétiques d'équilibre." "Un phénomène probabiliste peut être parfaitement reproductible si sa variabilité est très faible. Il y a de nombreux exemples en physique où les systèmes sont probabilistes

au niveau de chaque molécule mais se comportent de manière déterministe au niveau macroscopique car le nombre de molécules impliquées est tellement grand que la variabilité globale du système devient négligeable."

Ces paramètres donnent une estimation de la vitesse d'association des molécules et de la stabilité du complexe qui en résulte. Toutes les molécules peuvent interagir entre elles avec des constantes cinétiques plus ou moins fortes : dans les cas extrêmes, la tendance à s'associer de certaines molécules est très forte et dans d'autres, très faible.

Au sujet de la reproductibilité globale et macroscopique d'un système, (cellulaire) malgré une variabilité microscopique (moléculaire), Kupiec évoque l'exemple imaginé par le biologiste Paul Weiss d'une plage fréquentée par des après-midis d'été :

- chaque après-midi, celle-ci sera caractérisée par une répartition des personnes dont la densité sera plus élevée au bord de l'eau, autour des restaurants ou d'autres attractions ;
- ce sera chaque jour la même chose et pourtant jamais deux fois ce ne seront exactement les mêmes gens aux mêmes endroits ;
- parfois, la prolifération est telle que la plage n'est plus organisée, comme dans le cas d'un cancer.

Paul Weiss montre que l'analogie n'est pas fortuite : les affinités entre les personnes, les corps hydrophobes au bord de la masse hydraulique, les distances entre les groupes l'attirent pour les nutriments, ... Cela ouvre de nouvelles perspectives sur les processus de développement et de différenciation en biologie : certains phénomènes dans les étapes de la croissance embryonnaire pourraient être déterminés par la reproductibilité statistique de certains états épigénétiques au cours des générations autant sinon plus que par l'expression "préprogrammée" de certains gènes¹¹.

4.2. Comment peut s'effondrer un système dissipatif éco-no-lo-gique hétéro-organisé

L'équilibre dynamique d'un système dissipatif dépend donc de celui des éléments assurant la résilience de ses couplages hétéro-organisés. François Roddier a ainsi identifié les caractéristiques d'un mécanisme général de l'effondrement d'un écosystème, végétal, animal ou humain :

1. Il est associé à une grande fluctuation de son activité et il survient après une période de croissance inhabituelle de la taille de sa population ;
2. Une énergie disponible à faible coût provoque une augmentation de la température de l'activité bien au-delà de la température critique au-delà duquel des avalanches de bifurcations se produisent ;
3. La richesse en se condensant produit un accroissement des inégalités entre groupes au sein de l'écosystème ;
4. En raison du "toujours plus" ("*effet de la Reine Rouge*"), les écosystèmes parasites locaux doivent se réorganiser plus en plus vite en raison de l'accélération des changements qu'ils

¹¹ Des effets épigénétiques hérités sur les phénotypes ont été documentés chez les bactéries, les protistes, les champignons, les plantes et les animaux. Des exemples de transmission épigénétique transgénérationnelle induite par l'environnement chez les plantes ont également été rapportés et il existe des preuves préliminaires que ce mode de transmission est plus important chez les plantes que chez les animaux.

Le transfert d'expérience immunologique parentale pour améliorer la défense immunitaire de la progéniture est présent à la fois chez les vertébrés et les invertébrés, et peut être hérité pendant plusieurs générations. En outre, des preuves récentes suggèrent que des mécanismes épigénétiques tels que la méthylation de l'ADN, les modifications des histones et les petits ARN peuvent être à l'origine de bon nombre de ces réponses.

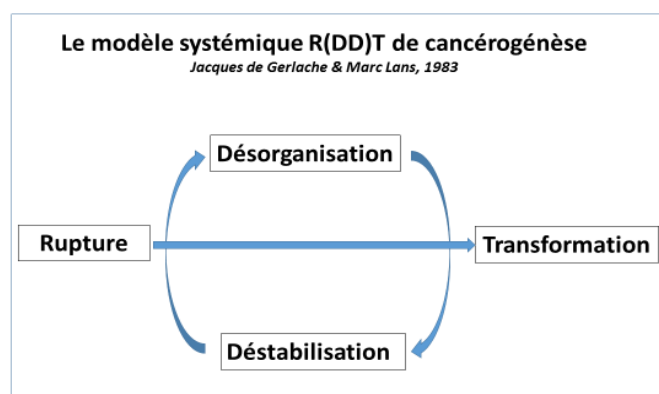
Un certain nombre d'études suggèrent aussi l'existence d'un héritage épigénétique transgénérationnel chez l'homme. Des facteurs et des mécanismes non génétiques sont connus pour être transférés du sperme au zygote, ce qui comprend la méthylation de l'ADN, les modifications des histones et le transfert de petits ARN et protéines. Non seulement les mécanismes épigénétiques transmettent des informations sur l'environnement, mais ils peuvent également être des acteurs importants dans le conflit sexuel entre les mères et les pères sur l'expression des gènes chez la progéniture. Les résultats suggèrent que les effets épigénétiques transgénérationnels paternels devraient être considérés comme des traits lourds et, par conséquent, développer une expression fortement dépendante des conditions dans lesquelles la sélection doit agir sur les effets épigénétiques transgénérationnels paternels.

induisent eux-mêmes dans leur environnement par l'épuisement et (in)disponibilité des ressources ;

5. Progressivement la concurrence dans la reproduction (dite de sélection r) l'emporte sur la coopération (dite de sélection K^{12}) favorisant la résilience sur l'efficacité ;
6. Un événement externe, même minime peut alors finalement déclencher leur l'effondrement, tel le flocon qui déclenche une avalanche ...

C'est dans ce contexte que peut être réévalué le processus de cancérogénèse. D'une manière générale la cancérogénèse est donc un processus lent, progressif et multiphasique dont la prolifération n'est qu'un aspect parmi d'autres. Aucune cellule réellement maligne n'est détectable dans les premières phases. L'autonomie acquise par les cellules cancéreuses implique une multitude de modifications qui s'expliquent assez mal par une altération ponctuelle. Si certains caractères de la malignité apparaissent dans de nombreuses cellules, seul un très petit nombre finit par se transformer complètement. En particulier, les foyers de cellules altérées perdent progressivement leur "appartenance sociale" et leurs fonctions "différenciées". La meilleure définition encore que l'on pouvait alors en proposer est celle formulée par Henri Pitot (1981) : "*Le cancer est la croissance relativement autonome d'un tissu.*" En 1980, plusieurs phases distinctes étaient déjà distinguées dans la transformation maligne : la phase d'initiation : un événement impliquant une ou plusieurs altérations (épi)génétiques ; elle est irréversible ou très prolongée mais rarement suffisante pour qu'un cancer se développe. S'en suit alors une phase de promotion des lésions initiales ; elle peut être réversible dans les premiers stades et les agents qui l'induisent ne sont pas nécessairement cancérogènes par eux-mêmes. Enfin, la phase de progression qui reflète l'expression d'une instabilité génomique ou la sélection clonale de cellules présentant des lésions supplémentaires.

Analysé, l'ensemble du processus a alors été décrit dans une perspective réellement systémique : L'analyse systémique du processus avait cependant déjà abouti à une description révisée, le concept R(DD)T (de Gerlache, Lans & Roberfroid, 1986). Il consistait à décomposer le processus de cancérogénèse en quatre phases *fonctionnelles* distinctes mais combinées :



1. Rupture. Phase initiale induite par un agent cancérogène assimilée à une rupture des structures (épi)génétiques) responsables du maintien de l'homéorhèse, comme le couple mito-nucléaire. Celle-ci ne persiste que si il y a prolifération des cellules au moment de cette agression ;

2 et 3. Déstabilisation/Désorganisation. Ces effets combinés sont associés à la phase de croissance sélective et à une *désorganisation* progressive de l'état d'hétéro-organisation des cellules et du tissu altérés. Cette *désorganisation* favorise l'accentuation de la *déstabilisation* de l'équilibre cellulaire et homéorhésique. L'effet "promoteur" exercé de façon chronique par certains agents ou états

¹² Voir ça ce sujet notamment : https://fr.wikipedia.org/wiki/Strat%C3%A9gie_de_reproduction

physiologiques maintient cette désorganisation, épigénétique, ce qui amplifie la déstabilisation jusqu'à un point de rupture ;

4. Transformation : Les structures assurant le maintien de l'homéorhèse sont altérées au point que les déviations constitutives ne sont plus suivies d'un retour à l'équilibre : en un point de rupture, certaines cellules sont libérées de ces contraintes et échappent au vieillissement et à la régulation de croissance. Un nouvel état autonomisé (la tumeur) s'établit et puise son énergie dissipative dans l'organisme dont elle s'est "autonomisée". Un peu comme un ghetto se constitue au sein d'une métropole urbaine ...

Cette description systémique de l'effondrement d'une structure dynamique organisée, celle d'un organisme différencié, anticipait ce que les observations sur l'importance des processus épigénétiques dans les processus tels ceux de la cancérogénèse allaient matérialiser dans les décennies qui suivirent, même si cette vision systémique ne reste encore que bien trop partielle et restrictive (de Gerlache, 2016c).

5. EXEMPLES D'APPLICATION DES PRINCIPES DE L'HÉTÉRO-ORGANISATION SYSTÉMIQUE : DE LA GESTION D'UN ORCHESTRE A CELLE DES TRANSITIONS CLIMATIQUES ET ÉNERGÉTIQUES

Dans une vision intégrative, l'enjeu de l'acceptation citoyenne devient aujourd'hui de plus en plus essentiel pour la mise en œuvre réussie des mesures d'infrastructure et des projets majeurs auxquels nos sociétés sont confrontées. Et ceci dans une période où la résurgence des visions simplistes portées par des individus, "charismatiques" fait redouter un retour aux formes de dictatures simplistes qui ont constitué la trame des tragédies du XX^e siècle.

5.1. La connaissance du solfège ne suffit pas à pouvoir coordonner un orchestre

Le solfège est un peu la partie analytique de la musique : c'est le code qui permet de s'initier à la lecture précise d'une partition génétique nécessaire à son exécution : autrement dit, lire les empreintes-partitions de la composition, formes équivalentes aux empreintes que sont des séquences d'ADN, couplées à différents "marqueurs épi-partitionnaires" comparables aux éléments de structure chromosomique et intégrée dans l'expression *différenciée* des partitions propres à chaque *organe-instrument*. Mais la connaissance du solfège ne fait pas un instrumentiste et la lecture d'une partition parmi des dizaines d'autres constituant la même œuvre, ne suffit pas à conduire l'exécution harmonieuse de l'œuvre par un ensemble de musiciens.

C'est que la musique elle-même est intrinsèquement systémique et hétéro-organisée au-delà du solfège et de l'apprentissage de l'instrumentation. Pour interpréter l'œuvre, il faut aussi avoir appris la composition et l'orchestration dont elles sont les *clés épi-partitionnaires*. Hector Berlioz (1844) notamment a publié un *Traité d'instrumentation et d'orchestration* traitant de la composition musicale, considérée du point de vue des instruments et de l'orchestre. Il y affirme notamment que "l'orchestre peut être considéré comme un grand instrument capable de faire entendre à la fois ou successivement une multitude de sons de diverses natures, et dont la puissance est médiocre ou colossale, selon qu'il réunit la totalité ou une partie seulement des moyens d'exécution dont dispose la musique moderne, selon que ces moyens sont bien ou mal choisis et placés dans des conditions d'acoustique plus ou moins favorables".

Selon Henry Barraud, la trouvaille de génie de Berlioz porte sur cette distinction entre instrumentation et orchestration : "Instrumenter, c'est répartir au mieux, entre les instruments de l'orchestre, une musique préexistante. Orchestrer, c'est donner aux combinaisons des timbres, à leurs rapports et à leur succession, une valeur intrinsèque, c'est les faire entrer dans la composition, dans la conception même de l'œuvre comme un élément tout aussi essentiel, tout aussi organique que la mélodie, l'harmonie et le rythme."

Le jeu d'un orchestre symphonique consiste donc à coordonner (ce qui ne se réduit pas à "diriger" autoritairement !) l'exécution harmonieuse en temps et en lieu d'un projet (l'interprétation d'une "œuvre") qui combine des parties prenantes" (compositeur(s), musiciens, accompagnateurs, organisateur(s), et, bien sûr, public), des processus et des moyens (composition, partitions, solfège,

instrumentation et jeu, orchestration, lieu) en fonction d'une interprétation, qui est l'ultime finalité d'un concert.

Si le milieu musical a été contraint de développer une approche et une méthode systémiques en mesure de relever tous ces défis, défis qui peuvent être sanctionnés dès les premières mesures de l'interprétation de l'œuvre – projet, ce n'est malheureusement pas le cas dans beaucoup d'autres projets de nos sociétés humaines complexes, si ce n'est, peut-être, dans certains domaines comme en matière militaire, médicale et aéronautique, pour ne citer que ceux-là. ... Avec l'évolution de nos sociétés, leur croissance démographique et technologique, celle de leurs besoins et de leur attentes, celle des contraintes matérielles (*écologiques, socio-économiques, politiques, culturelles, morales et philosophiques*), la nécessité est de plus en plus criante de coordonner dans un schéma stratégique général avec plus de rigueur (de gouvernance) et de méthode les parties prenantes, les enjeux et les contraintes de ces systèmes complexes.

Répétition d'orchestre

Film systémique de Federico Fellini (1978)

<https://www.youtube.com/watch?v=85DwyqwqACo>

Un orchestre symphonique d'une quarantaine de musiciens répète une œuvre. Le maestro déplore l'évolution de l'orchestre, qui a fait que ce qui était un ensemble soudé autour de son chef par l'amour de l'art est devenu un regroupement forcé d'individus aux intérêts antagonistes "unis par la haine".

L'orchestre se transforme en une sorte de "happening" théâtral avec revendications de "liberté artistique", dénonciation de l'autorité, improvisations diverses, désordre revendiqué, graffitis sur les murs. Il s'agit moins d'une révolte "sociale" contre le chef d'orchestre (où les musiciens demanderaient des améliorations de leurs conditions de travail) que d'une révolte "artistique" (ils revendiquent principalement la liberté de créer leur propre musique).

L'ensemble du décor est soudain agité de coups sourds à intervalle régulier. Les chocs s'amplifient, les murs de la salle se lézardent, puis commencent à tomber, sous les coups d'une boule d'acier manœuvrée sans doute par une grue. Après que la boule a fait tomber un pan de mur sur la harpiste, tout "rentre dans l'ordre" : la démolition semble cesser, la "révolte" des musiciens aussi, la répétition reprend, sous les cris du chef d'orchestre, toujours plus cassant.

La plupart de ces défis ceux auxquels nos sociétés font face restent en effet abordés selon une approche trop fragmentée et trop réductrice, malgré les affirmations et les attentes de plus en plus insistantes de la nécessité d'approches intégrées pluridisciplinaires ou, mieux, transdisciplinaires. Il a été évoqué le fait qu'une raison de cette incapacité grave et préoccupante réside dans le fait que les méthodologies fiables d'analyse intégrative et systémique ne sont que trop rarement enseignées car elles sont considérées comme "secondaires" ou peu fiables et opérationnelles par ceux qui ne peuvent dépasser les limites du paradigme du "dogme réductionniste".

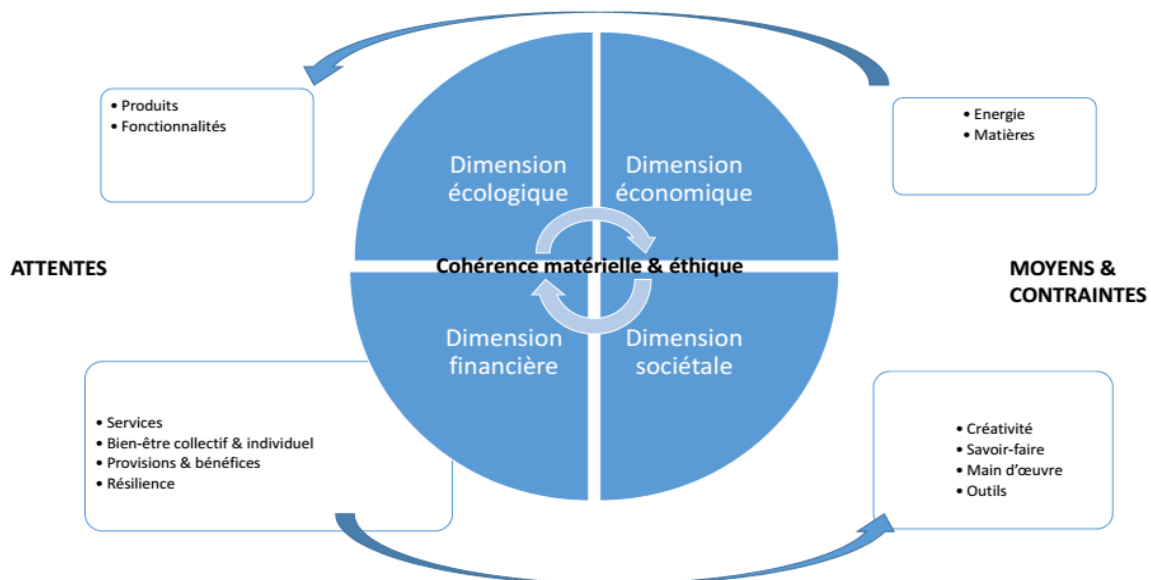
Face à la multitude des définitions, modèles, indicateurs, mais aussi colloques et littératures concernant la complexité, saisi du vertige que suscite le flou de ses contours, dans la plupart des cas, le technicien, le citoyen, ou le décideur politique, tous pétris d'une approche dissociative et réductrice des problèmes, sont le plus souvent dans l'incapacité de réellement intégrer ces différentes dimensions. Cela provient du fait que les outils pourtant disponibles et ayant déjà fait leurs preuves et permettent d'établir une vision globalisante mais rigoureuse de l'ensemble des enjeux dans leurs interactions, pour certaines intrinsèquement irréductibles, sont généralement considérés comme peu ou

pas opérationnels parce qu'ils continuent à en ignorer l'existence alors qu'elles pourraient être appliquées si on prenait la peine de les pratiquer !

5.2. Une perspective opérationnelle plus intégrative, entre dimensions analytique et systémique

C'est dans ce contexte que de nombreuses méthodes-cadres systémiques existantes permettraient d'élaborer des projets échappant plus radicalement aux limites des modèles réducteurs et inopérants et d'aborder opérationnellement dans toute leur complexité l'ensemble des enjeux liés à la soutenabilité et au développement durable de leurs objectifs : causes efficaces et causes ultimes, (res)sources énergétiques, entités et organismes constitutifs, couplages organisationnels symbiotiques, enjeux et contraintes, efficacité, résilience, tout cela avec la lucidité d'en intégrer la dimension globale intrinsèquement dissipative. Ces modèles sont en particulier appliqués dans la gestion de l'organisation de la gestion des entreprises par des consultants spécialisés mais n'ont malheureusement pas diffusé dans l'ensemble des secteurs. Ceci en définissant et en articulant sans les borner, d'une part l'ensemble des attentes des différentes parties prenantes, et d'autre part les contraintes spécifiques à l'entreprise dans leurs interactions dynamiques et évolutives.

Intégrer la dynamique systémique dans la gestion résiliente d'un système éconologique convivial « âmergent »



Un tel cadre élargi rend possible à chaque entité impliquée, chaque manager, d'analyser au sein de chacun des champs couvrant l'ensemble des enjeux potentiels, mais dans leur contexte global, ceux qui lui sont plus particulièrement pertinents.

Cependant, comme l'ont exprimé Bernard-Weil et aussi Eric Schwartz (2002), il n'y a aucun modèle "universel", qui permette de s'élever au-delà du niveau des modèles actuels est qui envisageraient de modéliser des propriétés intrinsèquement émergentes comme l'ensemble des modalités du comportement humain (et peut-être aussi de la nature) et celles issues de la liberté, de l'innovation, de la créativité et de soi-disant donner un accès à des prévisions radicales et certaines formes de décision. Ces devraient cesser de mobiliser les vains efforts d'une génération de chercheurs acharnés à prouver leur faisabilité, alors que leur seul résultat serait de détruire en fait de telles "facultés".

Des méthodes élargies à la gestion d'entreprises ou de "projets" dans leur ensemble ont déjà été élaborées qui intègrent alors non seulement l'ensemble de leurs collaborateurs mais aussi de leurs parties prenantes. Elles pourraient aujourd'hui mieux les articuler de manière symbiotique en y

intégrant avec intelligibilité et lucidité les processus essentiels évoqués précédemment, tels les principes organisateurs d'émergence constructale et les processus ago-antagonistes.

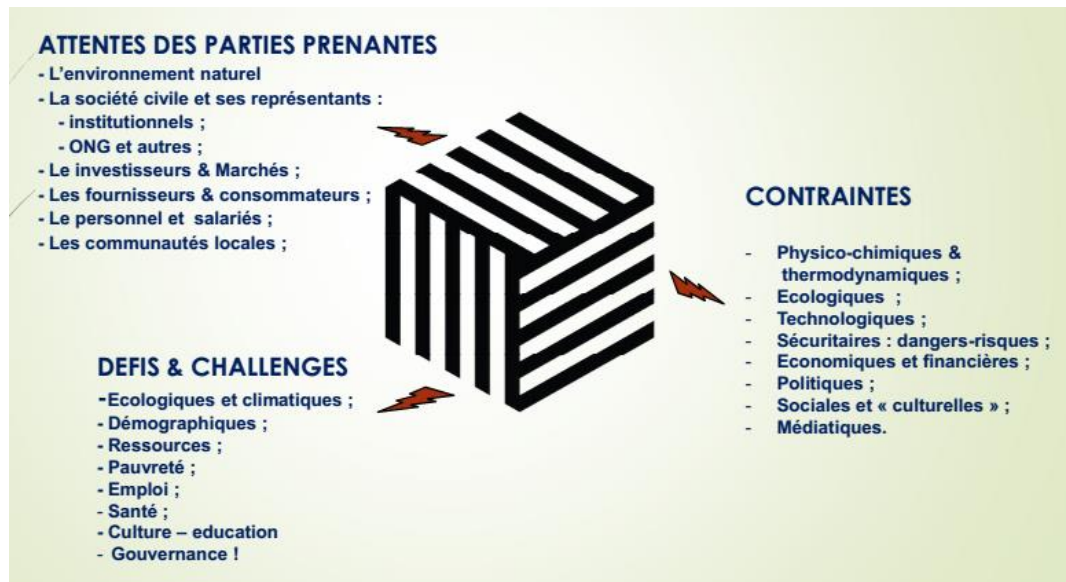
Cette approche élargie, par essence-même plus collaborative que hiérarchique, permet à chaque acteur de se mobiliser et de juger avec clairvoyance du degré de prise en compte des contraintes de ses enjeux propres par rapport à l'ensemble de ceux de l'entreprise ou du projet. Il devient possible alors de fixer de façon beaucoup plus réaliste et opérationnelle le périmètre et l'orientation globale d'une stratégie qui intègre ces contextes propres à chaque acteur en y incorporant les diverses contraintes et attentes des autres acteurs et parties prenantes. Elle permet notamment de mieux prendre en compte les trois types de paramètres d'une éthique de gouvernance globale qui est indispensable à une bonne gestion de toute action sociétale : les paramètres *politiques et réglementaires*, les paramètres *administratifs* et les paramètres *juridiques* et d'en définir des indicateurs de suivi et de progrès très concrets.

5.3. Développer une structure opérationnelle de projets symbiotiquement hétéro-organisée et intrinsèquement co-déterminée

Ce cadre structurel hétéro-organisationnel élargi peut se matérialiser dans une approche matricielle qui permet de définir et d'explicitier les responsabilités de chaque partie prenante et de ses représentants ainsi que leurs interactions dans l'ensemble du "projet", ceci à partir des analyses, des données et des moyens disponibles ou mobilisables. Cette matrice intègre trois dimensions qui seront déclinées au départ d'un nombre maîtrisable de composantes :

- d'une part celles des attentes propres aux différentes parties prenantes ;
- d'autre part celles des enjeux spécifiques au(x) projet(s) considéré(s) ;

Ceci à la lumière d'une troisième dimension qui est celle des contraintes intrinsèques, génériques ou extrinsèques, y compris éthiques et de gouvernance, s'imposant aux deux autres dimensions.



Une première matrice systémique bidimensionnelle, constituée de 16 à 25 champs d'action maximum pour pouvoir être "gérable", permet d'amorcer la démarche en matérialisant de façon simplifiée les principales parties prenantes et les principaux enjeux pour en établir les attentes et rôles respectifs, les "localiser" et déjà identifier interrelations et combinaisons qui en découleront, ceci à la lumière des contraintes génériques définies par la 3e dimension.

Une fois ces enjeux identifiés, clarifiés et articulés, leurs combinaisons co-déterminés peuvent s'intégrer en résonance avec l'ensemble des autres contraintes dans la perspective de la dynamique des

objectifs globaux à atteindre mieux détaillés en matière. Ce qui ouvre la perspective d'une dynamique concrète, jusque-là paralysée par des démarches en "silos" et des horizons trop réducteurs. L'atout de cette démarche est donc de clarifier les interactions et les synergies entre ces différents enjeux et les responsabilités de chaque partie prenante, d'identifier le rôle dévolu à chacune par rapport aux autres intervenants et objectifs et ainsi pouvoir enfin assurer la cohérence d'ensemble de plans d'action dans l'espace et dans le temps à partir des analyses, des données et des moyens disponibles ou mobilisables et dont l'effet de résonance symbiotique ne pourra qu'en favoriser le succès. Cette méthode a déjà fait ses preuves dans la mise en œuvre d'une réelle politique de développement durable au sein d'une grande entreprise internationale en démontrant notamment son potentiel de motivation à atteindre des objectifs concrets et mesurés par des indicateurs appropriés.

5.4. Application au cas des projets liés aux transitions des systèmes énergétiques

Dans le cas des transitions énergétiques décidées dans le cadre de la maîtrise des bouleversements climatiques, parmi les paramètres essentiels à intégrer de façon systémique figurent de multiples enjeux et contraintes depuis la nécessité de l'efficacité énergétique, le poids des "externalités" climatiques et, plus largement, écologiques des (res)ources utilisées mais aussi des contraintes socio-économiques et technologiques (*extraction, ou production, transformation, stockage, transport, distribution, usages et recyclages, etc.*) et, plus largement stratégiques et "politiques". Les externalités, notamment, ne sont encore trop souvent peu ou pas prises en compte et donc mal intégrées. Sans négliger d'autres problématiques associées et grandissantes elles aussi, comme la gestion socio-économique et politique des réductions des ressources en eaux douces.

La restructuration ambitieuse du système d'approvisionnement énergétique se paralyse en effet sur nombre de ces enjeux comme en témoignent tragiquement toutes les *Conferences Of the Parties* (COP) des Nations-Unies, ceci en raison d'un manque d'acceptation, et donc menace d'échec, des objectifs nationaux et internationaux en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Cette stratégie méthodologique est développée par ailleurs plus en détail (de Gerlache, 2019b) et une approche matricielle de ces enjeux de transitions énergétiques dans leurs différentes dimensions en a été esquissée.

Elle permet d'envisager plus concrètement comment enfin dépasser ici aussi une approche généralement trop fragmentée et trop réductrice de ces enjeux, de leurs contraintes et de leurs parties prenantes, ceci en réponse aux attentes de plus en plus insistantes, des générations à venir en particulier, de la nécessité, en cette matière comme dans bien d'autres, d'approches opérationnellement intégratives qui soient réellement symbiotiques et transdisciplinaires.

Dans ce contexte, il y a tant de problèmes sans solutions actuelles, selon Elie Bernard-Weil, tels l'"entreprise" avec ses couples hiérarchie *versus* autonomie ou encore , stratégies émergentes *vs* stratégies délibérées, la *socio-économie* avec les couples collectivités territoriales *vs* autorité préfectorale, l'éducation *vs* répression, la subsidiarité dans les États-nations européens *vs* institutions européennes, la mondialisation *vs* renforcement des identités locales, auxquels en intégrant la science des systèmes ago-antagonistes et la notion de non-modèle (*notamment dans la démarche matricielle proposée ici*), serait en mesure de proposer un début de solution optimale. Par exemple, l'intensification d'un conflit, à condition qu'elle soit équilibrée, est capable d'entraîner l'apparition de solutions jusque-là insoupçonnées.

	Ressources énergétiques Non émissives de CO ₂	Transport de l'énergie et son stockage (T&S)	Utilisations de l'énergie	Economies d'énergie
Acteurs économiques et financiers	Développer des ressources énergétiques adaptées aux besoins industriels et économiquement durables	Développer des capacités de Transport combiné et de Stockage adaptées aux besoins économiques	Produire et offrir l'énergie durable nécessaire aux activités industrielles	Promouvoir des processus et des produits réduisant les besoins en énergie pour leur production
Acteurs politiques élus et réglementaires	Définir des systèmes de taxation adaptés à la nature et aux usages des ressources énergétiques utilisées	Définir les besoins et les règles concernant les systèmes de gestion assurant une répartition équitable des différentes formes d'énergie	Proposer et imposer des règles pour une gestion durable et mieux intégrée de l'ensemble des dimensions du cycle énergétique	Définir des objectifs clairs et des délais en ce qui concerne le niveau d'efficacité énergétique à atteindre
Citoyens et leurs associations	Assurer la disponibilité de ressources énergétiques durables adaptées aux contraintes géophysiques locales	Favoriser les ressources énergétiques locales et développer les T & S en respectant les attentes et les besoins des citoyens	Débattre sur les priorités et les choix de société en matière d'utilisation d'énergie	Développer des processus de réductions significatives de la consommation individuelle à tous les niveaux
Acteurs Soci(et)aux: académiques, éthiques, culturels, ...	Identifier et promouvoir la combinaison de ressources renouvelables la plus durable et la plus efficace, adaptée à chaque situation locale dans son contexte global	Prendre en compte les facteurs d'innovation technologique, sociétaux et environnementaux pour améliorer la capacité et l'efficacité des T & S	Rendre les citoyens et leurs représentants responsables de la meilleure gestion intégrée de leurs utilisations d'énergie durable	Mobiliser les acteurs de la société pour créer des changements de paradigme adaptés aux transitions aux nouvelles ressources énergétiques

Une matrice combinant les principaux enjeux liés aux transitions énergétiques avec les attentes des parties prenantes concernées <https://www.dunod.com/sciences-techniques/mettre-en-oeuvre-transitions-energetiques-strategie-integrative-et-gestion>

RÉFÉRENCES

- Aubert D. (2013). La transition bimembranées/unimembranées : une révolution au royaume des bactéries? <hal-01063767>
- Belousov B.(1950) voir : https://en.wikipedia.org/wiki/Belousov%E2%80%93Zhabotinsky_reaction
- Bénard H. (1901). Les tourbillons cellulaires dans une nappe liquide propageant de la chaleur par convection en régime permanent. *Thèse de doctorat, défendue au Collège de France*.
- Berlioz H. (1844) Traité d'instrumentation et d'orchestration. *Paris, Henry Lemoine, republié en 1993*
- Bernard-Weil, E. (1988) Précis de systémique ago-antagoniste, Introduction aux stratégies bi-latérales. *L'Interdisciplinaire, Limonest*.
- Bernard-Weil E. ((2002) La Théorie des Systèmes Ago-Antagonistes., in *Le Débat, Gallimard*, Sept.-Oct. 2002, pp. 106-119
- Bernard-Weil, E. (2005) Les impasses stratégiques de la science des systèmes en biomédecine et socio-economico-politique sont en partie liées à la diffusion insuffisante des stratégies bipolaires comme à la non reconnaissance du concept de non-modèle. *Congrès Européen des Sciences des Systèmes*. <https://afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bernardweil4.pdf>
- Bernard-Weil E. (2002) Stratégies Paradoxaes en Bio-Médecine et Sciences Humaines. *L'Harmattan, Paris, Budapest, Torino..*
- Bernard-Weil E. et Bricage P. (2002) Systèmes ago-antagonistes. *Atelier 1 AFSCET* <https://www.afscet.asso.fr/6ESSC/Workshop01.pdf>

- Bernard-Weil E. (2005) Le Non-modèle et ses modèles. <http://www.homeolille.fr/wp-content/uploads/2017/02/Bernard-Weil-.pdf> ou <http://plasticites-sciences-arts.org/PLASTIR/Bernard-Weil.pdf>
- Bricage P. (2013) Les Principes organisateurs d' émergence des systèmes vivants. *GRECO Émergence* et <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00830425/document>
- Chaisson, E.J. (2001) Cosmic Evolution: The Rise of Complexity in Nature. *Harvard University Press: Cambridge, MA*,
- Chaisson E.J. (2015). Energy Flows in Low-Entropy Complex Systems *Entropy* 2015, 17, 8007–8018
- [Chatterjee S.](#) (2016). A symbiotic view of the origin of life at a hydrothermal impact crater lake *Physical Chemistry Chemical Physics* 18(30)
- Chatterjee S et Yadalvci S. (2018) The Origin of Prebiotic Information System in the Peptide/RNA World: A Simulation Model of the Evolution of Translation and the Genetic Code. *Life* 2019, 9, 25.
- de Gerlache J. et Lans M. (1983). Analyse Systémique du Processus Multiphasique de la Cancérogénèse Hépatique. Concepts, Développement et Applications. *Thèse de doctorat en Sciences pharmaceutiques Université de Louvain*.
- [de Gerlache J, Lans M, Prétat V, Taper H et Roberfroid M.](#) (1984). Comparison of different models of rat liver carcinogenesis: conclusions from a systemic analysis. *Toxicol Pathol.* 1984;12, 4 374-382 <http://tpx.sagepub.com/content/12/4/374.full.pdf>
- de Gerlache J., Lans M. et Roberfroid M. (1986). La cancérogénèse et la dynamique de l'organisation biologique: l'apport d'une description systémique dans l'analyse et la compréhension du processus. *Auto-organisation et approche systémique des pratiques de recherche, Presses Universitaires de Namur.* <http://www.uclouvain.be/265407.html>
- de Gerlache J. (1994). Magritte meets Einstein: Encounter on the Road to the paradigm of Irreducibility. *Conference proceedings "Einstein meets Magritte : An interdisciplinary reflection on science, nature, human action and society". Conference part of the 25th anniversary celebrations of the Vrije Universiteit Brussel – VUB* <http://pespmc1.vub.ac.be/Conf/einmagan.html>
- de Gerlache J. (2019). <https://www.dunod.com/sciences-techniques/mettre-en-oeuvre-transitions-energetiques-strategie-integrative-et-gestion>
- de Gerlache J. (2015). Une dimension réellement systémique dans l'analyse de nos organisations complexes : une nécessité urgente et impérative. *Séminaire Etopia "L'économie s'est-elle affranchie des lois de la nature ?"* http://www.etopia.be/spip.php?page=imprimerLight&id_article=2965
- de Gerlache J. (2016a). L'enjeu du passage de la connai-science à la connaissance : entre méconnaissance méthodologique, individualisme idéologique et refus de lucidité. *1er Congrès Mondial de la Pensée complexe UNESCO –Paris* [-https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/pensee_complexe/gerlache_enjeu_passage_connaissance_connaissance.pdf](https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/pensee_complexe/gerlache_enjeu_passage_connaissance_connaissance.pdf)
- de Gerlache J. (2016b). Structures dynamiques et collectives : quelques déterminants élémentaires de leurs (dys)fonctionnements, du biologique au sociétal. *Atelier interdisciplinaire de l'Institut des Systèmes Complexes (ISC-PIF) sur "L'approche systèmes complexes des processus de déstructuration et de résilience sociale". Paris 26 mai 2016*
- de Gerlache J. (2016c) De la thermodynamique à la cancérogénèse, une approche systémique des relations symbiotiques dissipatives *Groupe Emergence Paris, 8 février 2016* http://www.mountvernon.fr/Complexite_et_cancerogenese/Complexite_et_cancerogenese.pdf
- de Gerlache J. (2019a) Entre sens et signe : le mode de résilience des systèmes de couplages *symbio-énergétiques* hétéro-organisés :de la thermodynamique dissipative aux systèmes socio-culturels. *Séminaire AFSCET – Moulin d'Andé. En cours de publication.*
- de Gerlache J. (2019b). Mettre en œuvre les transitions énergétiques – Stratégie intégrative et gestion opérationnelle. *Editions Dunod.*

<https://www.dunod.com/sciences-techniques/mettre-en-oeuvre-transitions-energetiques-strategie-integrative-et-gestion>

de Rosnay J. (1995). L'Homme symbiotique. *Editions du Seuil*

Donnadieu G. et Karsky M. (2002). La Systémique, penser et agir dans la complexité. *Editions Liaisons*.

Donnadieu, G._(2004). [Systémique ou science des systèmes](http://www.groupebena.org/IMG/doc/Histoire_de_la_systemique.doc) - Quelques repères historiques. www.groupebena.org/IMG/doc/Histoire_de_la_systemique.doc

Dewar R. (2003) Information theory explanation of the fluctuation theorem, maximum entropy production and self-organized criticality in non-equilibrium stationary states. *Journal of Physics -A: Mathematical and General*, 36, 3.

Eigen, M. (1971). Self organization of matter and the evolution of biological macromolecules. *Naturwissenschaften* 58, 465–523

Eigen M. et Schuster P. (1979) The hypercycle - A Principle of Natural Self-Organization. *Springer-Verlag Eds Part A" Emergence of the hypercycle.* : <https://pdfs.semanticscholar.org/eefb/7127bbf856e30ef16980d01297b830d3c2d5.pdf> and http://izt.ciens.ucv.ve/ecologia/Archivos/Tomas_referencias-II/articles/def/eigen_schuster-naturwiss7C.pdf

Farber E. (1984) Chemical carcinogenesis: a current biological perspective. *Carcinogenesis*.5, pp.1-5

Forterre P, Gribaldo S, Brochier C. Luca (2005). À la recherche du plus proche ancêtre commun universel. *Médecine/sciences* ; 21 : 860–865. 290

Georgescu-Roegen N. (1979). Demain la décroissance. Entropie, écologie, économie. *Traduit et présenté par Jacques Grinevald et Ivo Rens. Paris, Sang de la Terre* ; 3^e édition revue 1995 Paris, *Sang de la Terre* et Ellébore, 2006.] [texte disponible en ligne](#)

Gupta RS (1998). Life's third domain (Archaea): an established fact or an endangered paradigm? *Theor Popul Biol* ; 54 : 91–104.

Gurdon, J. B. (1962). The developmental capacity of nuclei taken from intestinal epithelium cells of feeding tadpoles. *Journal of Embryology and Experimental Morphology*. **10**: 622–640

Hanahan D. et Weinberg R.A. (2000). Hallmarks of Cancer. *Cell*, 100, 1 57-70.

Hanahan D. et Weinberg R.A. (2011). Hallmarks of Cancer: The Next Generation. *Cell*, 144, 5 646-674

Harris, D.M. and Bush, J.W.M. (2013). The pilot-wave dynamics of walking droplets. *Physics of Fluids* 25: 091112-1-2.

Ho Mae-Wan (2012) Cancer an Epigenetic Disease. http://www.isis.org.uk/Cancer_an_Epigenetic_Disease.php?printing=yes

Kauffman, S. A.; Johnsen, S (1991). ["Co-Evolution to the Edge of Chaos: Coupled Fitness Landscapes, Poised States, and Co-Evolutionary Avalanches"](#) (PDF). *Journal of Theoretical Biology*. **149** (4): 467–505

Kauffman, Stuart (1993). The Origins of Order: Self Organization and Selection in Evolution. *Oxford University Press*.

Kauffman, Stuart (1995). At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity. *Oxford University Press*.

Kauffman, S. (2006). ["Beyond reductionism: Reinventing The Sacred"](#). *Edge.com. Edge Foundation*

Kleidon, A. et Lorenz, R.D., (2005). Non-equilibrium Thermodynamics and Production of Entropy. *Springer EDS: Berlin*.

Kupiec J.J. (2012). L'ontophylogénèse. *Editions Qwae*

Lee D. et coll. (1997). Emergence of symbiosis in peptide self-replication through a hypercyclic network. *Nature* 390, 591-594,

- Lefever R., Nicolis G et Prigogine I. (1967). On the occurrence of oscillations around the steady state in systems of chemical reactions far from equilibrium. *The Journal of Chemical Physics*. 47: 1045-1047.
- Le Moigne J.L. (1999) La modélisation des systèmes complexes. *Editions Dunod*.
- Le Moigne J.L. (1994) Le constructivisme, *Editions de L'Harmattan*.
- Li M. et coll (2008) Symbiotic gut microbes modulate human metabolic phenotypes. *Proceedings of the National Academy of Science* 105 : 2117.
- Libby E. et Ratcliff W. (2014) Ratcheting the evolution of multicellularity. *Science* 24: Vol. 346, 426-427.
- Lietaer B., Ulanowicz R., Goerner S.J. , and Gomez R. (2009) [Quantifying Sustainability: Resilience, Efficiency and the Return of Information Theory](#). *Ecological Economics*, Vol. 6, Issue 1.
- Lotka, A. J. (1922a). Contribution to the energetics of evolution. *Proceedings of the National Academy of Science*, 8, 147.
- Lotka A. J. (1922b). Natural Selection as a Physical Principle. *Proceedings of the National Academy of Science* – 8, p 151 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1085053/pdf/pnas01891-0035.pdf>
- Lotka, A. (1925). Elements of Physical Biology (réimprimé en 1956 sous le titre : *Elements of Mathematical Biology*).
- Lotka, A. J. (1945). The law of evolution as a maximal principle. *Human Biology*, 17(3), 167-196.,
- Lyons SL. (2002) Thomas Kuhn is alive and well: the evolutionary relationships of simple life form—a paradigm under siege ? *Perspect. Biol. Med.* ; 45 : 359–376.
- Meija J et Michaelian K. (2019) Entropy Production as the Origin of Information Encoding in RNA and DNA. Preprints 2019090146 (doi: 10.20944/preprints201909.0146.v1).
- Mejía, J. et Michaelian, K. Entropy Production as the Origin of Information Encoding in RNA and DNA. Preprints 2019, 2019090146 (doi: 10.20944/preprints201909.0146.v1). Copy
- Michaelian K. (2011). Thermodynamic dissipation theory for the origin of life. *Earth Syst. Dynam.*, 2, 37–51, 2011
- Michaelian K. (2010). Thermodynamic Origin of Life. <https://arxiv.org/pdf/0907.0042.pdf>
- Miller S. et Urey H. (1959) Organic Compound Synthesis on the Primitive Earth", *Science*, vol. 130, n° 3370,.
- Monod, J. et Jacob, F. (1961). Teleonomic mechanisms in cellular metabolism, growth and differentiation *Cold Spring Harb. Symp. on quant. Biol.* 26, 389–401.
- Per Bak. (1996) How Nature Works: the science of self-organized criticality, *SpringerEds*
- Pokorný, J. 2003. Electromagnetic Biology and Medicine. *Taylor and Francis*, 22(1): 15-29.
- Prigogine, I. (1969a). Structure, dissipation and life. In *Theoretical Physics and Biology*, ed. Marois, M.. Amsterdam: North Holland Publ. Co.
- Prigogine, I., Lefever, R., Goldbeter, A. et Herschkowitz-Kaufman, M. (1969b). Symmetry-breaking instabilities in biological systems. *Nature, Lond.* 223, 913–916
- Prigogine I. et Nicolis (1970) Biological order, structure and instabilities [Quarterly Reviews of Biophysics Volume 4 Issue 2-3](#)
- Prigogine, I. (1980) From Being to Becoming: Time and Complexity in the Physical Sciences. San Francisco, W. H. Freeman & Co.. Voir aussi : <https://uplib.fr/wiki/Prigogine>
- Roberfroid M. (2019) A la découverte du ventre et de ses bactéries. *Editions Josette Lyon*. <https://notre-siecle.com/a-la-decouverte-du-ventre-et-de-ses-bacteries-de-marcel-roberfroid-chez-josette-lyon/>
- Roddier F. (2012) , Thermodynamique de l'évolution – Un essai de thermo-bio-sociologie. *Editions Parole*

- Rubin H. (1992). Cancer development: the rise of epigenetics. *European Journal of Cancer* 28, 1-2
- Schwartz, É. (2002) Can real life complex systems be interpreted with the usual dualist physical epistemology – Or is a holistic approach necessary?, *5th European Congress of Systems science*
- Steel E. J. Joël et coll. (2018) Cause of Cambrian Explosion - Terrestrial or Cosmic? *Progress in Biophysics and Molecular Biology* <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.03.004>
- Swenson, R. (1988). Emergence and the principle of maximum entropy production: Multilevel system theory, evolution, and nonequilibrium thermodynamics. *Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the ISGSR*, 32, 32.
- Swenson, R. (1989). Emergent attractors and the law of maximum entropy production: Foundations to a theory of general evolution. *System Research*, 6, 187-197.
- Turing A. (1952) The Chemical Basis of Morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 237: 37–72.
- Tyndall, J. 1869. Natural Philosophy in Easy Lessons - a physics book intended for use in secondary schools. *Cassell, Petter & Galpin, London*.
- Varela F. G , Maturana, F. H. et Uribe R. (1974). Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model. *Biosystems*, Vol. 5), p. 187-196.
- Wicken, J. (1987). Thermodynamics, and Information: Extending the Darwinian Program. *Oxford University Press*.
- Wiener N. (1948). Cybernetics or Control and communication in the Animal and the Machine, *Hermann* .
- Wiener, N. Bigelow J. et Rosenblueth A (1987). Behavior, Purpose and Teleology. *Republié par la Revue Internationale de Systémique* , vol 1, N°1.
- Zhabotinski, A. M. (1964). Periodic course of oxidation of malonic acid in solution *Biophysics* 9, 306–311.

TRAJECTOIRES ACADÉMIQUES ET FACTEURS PSYCHOSOCIAUX LIÉS À LA RÉUSSITE : LE RÔLE DE LA RÉSILIENCE DEPUIS UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE

Author(s) / Auteur(s) :

Miriam APARICIO

Dr. en Education, UCA, Argentine (1995)

Dr. en Sciences de l'éducation, Paris V, René Descartes, Sorbonne|

Université en Argentine: Nacional de Cuyo (Professeur des universités)

CONICET (Conseil national pour la recherche scientifique, Argentine) - Chercheure supérieure

miriamapar@yahoo.com

Abstract / Résumé :

Cette recherche est inscrite dans la problématique générale de la Qualité de l'Université. Elle a été effectuée sur un échantillon des sujets qui rallongent leurs études de 6 facultés dans sa première instance (229 sujets ; 17 cohortes, en continuant jusqu'au nos jours). L'objectif a été de connaître les variables/ dimensions associés à la réussite / échec universitaire. Dans cet article nous abordons la variable Résilience, en remarquant les différences par rapport à la Résistance. L'hypothèse générale est: une haute résilience (RESIL) agit positivement sur la réussite universitaire (RU). La méthodologie a été quantitative-qualitative. Le modèle intègre des variables de base, pédagogique-institutionnelles, structurelles et psychosociales. Parmi ces dernières, nous nous centrons dans cet article sur la Résilience en relation avec le niveau d'échec relatif universitaire.

En ce qui concerne les techniques utilisées (les plus cités dans la littérature internationale), nous avons appliqué une enquête semi-structurée et des tests spécifiques. Pour mesurer les variables psychosociales en relation la réussite/échec universitaire (RU), les techniques ont été: les Stratégies pour « faire face » aux difficultés (Frydenberg & Lewis, 1996), les styles attributionnels (Seligman, 1991), les facteurs motivationnels (Montero & Alonso Tapia, 1992) et la Résilience (Henderson & Milstein, 2003). Cette dernière technique est composée de 3 échelles et 6 sous-échelles qui montrent bien les aspects liés à la résilience. Les résultats montrent l'impact de ce facteur sur la réussite/échec (RU) tant sur le plan quantitatif (descriptif et prédictif) comme sur le plan qualitatif. Dans tous les cas, la résilience assume un poids particulier face à la réussite, à l'épanouissement des universitaires et à la qualité de l'université (ici, des facultés). En conséquence, il faudrait la consolider à partir des institutions socialisatrices et des programmes de formation/emploi, notamment dans les pays moins développés où les difficultés à surmonter sont fréquentes.

Keywords / Mots-clés :

résilience, résistance, université, rallongement des études, pays émergents

1. INTRODUCTION

La mondialisation est accompagnée des nouvelles exigences, difficiles bien souvent à surmonter. Le manque suffisant de formation et de professionnalisation influe notamment : les gens n'ont pas développées des habilités/compétences nécessaires pour faire face aux obstacles. Cela conduit, bien souvent, à l'échec personnel, qui impacte sur les institutions, sur le contexte immédiat et, indirectement, sur le plan macro régional ou macro national.

Cette recherche est inscrite, précisément, dans ce cadre : la problématique générale de la Qualité des institutions (dans ce cas particulier : l'Université). Elle a été menée avec des sujets qui rallongent leurs études, comme réponse à une demande institutionnelle : il s'agit de la seule recherche promue par le Rectorat de l'Université Nationale de Cuyo, dont l'intérêt visait l'amélioration continue de la qualité de l'Université.

Une telle amélioration constitue un problème généralisé mis en évidence par les chiffres élevés de rallongement et d'abandon à l'Université.

L'étude contribuerait à connaître en profondeur la réalité universitaire ainsi que les facteurs sous-jacents à l'échec très élevé (mesuré pour le rallongement des études /niveau bas de réussite). Seul 11 % des étudiants globalement obtiendront leurs diplômes ; 70 % abandonneront leurs études et le reste « trouvera la décision » de les rallonger. Nous-nous arrêterons ci-dessous sur ces statistiques. La problématique représente un coût matériel pour l'institution et humain pour les individus en termes de frustration. Parmi les réponses psychosociales des sujets face à l'échec apparaissent l'anomie, les vides, la dépression ou l'activisme, etc. (Aparicio, 2007a, 2007b ; 2009a ; 2009 b). Les caractéristiques de la formation universitaire, basée plutôt sur le plan disciplinaire, serait à l'origine des chiffres ci-dessus cités. En effet, très fréquemment le système oublie la formation d'autres compétences nécessaires à la réussite universitaire et au monde du travail, comme le montre bien la littérature internationale (les compétences communicationnelles, les stratégies de *coping*, la résilience, parmi d'autres) (Aparicio, 2005, 2009, 2015 a et b), En ce qui concerne la résilience, axe de cette recherche, elle peut aider quelqu'un à développer des liens sociaux, des compétences relationnelles qui seront très utiles dans le monde universitaire, le monde du travail ainsi que dans la vie elle-même.

2. CADRE THÉORIQUE

La résilience peut être définie comme la capacité d'un individu à réagir et à surmonter les adversités. Cette capacité implique un ensemble de qualités favorisant un processus d'adaptation réussie et de transformation malgré les risques et/ou l'adversité elle-même.

Il importe de souligner que la capacité à résister aux pressions, à atteindre une vie saine même dans une ambiance adverse, tient, premièrement, à un ensemble de processus sociaux et intrapsychiques ; deuxièmement, en tant que capacité, la résilience concerne *non* seulement les individus, mais également les groupes (famille, communauté ou autres) : ils sont amenés à agir correctement et à réussir malgré les circonstances adverses, grâce à la croyance dans leur propre efficacité pour résoudre des problèmes et pour s'adapter au changement (Hernández, 1998 ; Puerta de Klinkert, 2002)¹.

La résilience est donc une construction personnelle et institutionnelle. Alors, pourquoi travailler au sein d'institutions éducatives pour y analyser quels sont les aspects psychosociaux qui convergent vers le renforcement de l'homme et des institutions où il s'insère ?

Premièrement, notre approche est systémique *sui generis*. Ce qui nous intéresse c'est le sujet inséré dans un contexte. Un contexte qui favorise ou dilue les chances de devenir assez fort pour faire face aux obstacles et réussir au sens large du terme, pour franchir les barrières et atteindre certains buts, pour voir se cristalliser certains projets de vie.

Deuxièmement, il fallait comprendre les racines des problèmes très répandus chez les universitaires, où l'échec semble se multiplier. Une question s'impose : Une faible résilience chez les sujets et les « institutions », influe-t-elle au moment d'envisager les obstacles ? La communauté universitaire elle-même, avec son système privilégié de croyances, de valeurs et de pratiques, aurait-elle une influence sur les possibilités de réussir ?

Sans connaître ni comprendre la situation, les chances de promouvoir des changements significatifs au sein de nos universités seraient très limitées, nous situant déjà sur le plan de l'intervention.

Objectifs de la recherche :

- Connaître les facteurs (de base, psychosociaux, structurels et pédagogique-institutionnels) associés à l'échec universitaire (ici, observé à travers le rallongement des études).
- Savoir quels aspects socioculturels et psychosociaux sont en rapport le plus fréquemment avec le rendement chez des sujets en retard aux effets : a) reconnaître une population en risque ; b) fournir aux responsables les éléments afin d'en prendre une décision basé sur des données réelles, permettant la

¹ Pour la formulation des cadres théoriques pour ce sous projet il a fallu revisiter la théorie produite jusqu'à nos jours dans la matière. Présenter les apports de chaque auteur dépasse notre propos (cf. Aparicio, 2006, 2009, 2007b, 2016). Seulement nous faisons référence aux auteurs et notions-clés, en remarquant certains points en commun de ces auteurs et qui justifient qu'on les revisite.

mise en marche de mesures préventives dans chaque faculté au niveau du plan d'études, du système d'évaluation et de promotion, des programmes de formation continue.

- Appréhender : a) sur un plan qualitatif, les raisons profondes qui sont à la base d'un phénomène très répandu au sein des universités argentines et dans le monde entier ; b) sur le plan quantitatif, connaître quel est le poids de la résilience face à l'échec universitaire et quel est le niveau de résilience développé (trois échelles : étudiants, personnel, institution).

Hypothèses générales :

Deux hypothèses générales nous ont orientée : a) les facteurs psychosociaux –parmi lesquels se trouvent les motivations, le style attributionnel, le *coping* et la résilience dans notre modèle– consolidés par les premières instances socialisatrices et de formation (famille, pairs, école, les autres) et internalisés par les sujets, impacteraient sur des profils à plus forte réussite professionnelle car ils puissent faire face aux difficultés ; b) l'orientation précoce et les programmes de formation/prévention opèreraient à la manière de processus qui précèdent le comportement professionnel réussi.

Hypothèse spécifique :

Une haute résilience (RESIL) agit positivement sur la réussite universitaire (RU) et, indirectement, sur les possibilités d'insertion professionnelle dans un monde qui change vite et exige des nouvelles compétences sociales².

Dans le cadre théorique, nous-nous arrêterons, un moment, sur les statistiques. Dans un second temps, nous ferons référence aux définitions de Résilience, en mettant l'accent sur la différence avec la notion de Résistance, et d'autres.

2.1. Quelques chiffres

En Argentine, les pourcentages d'abandon universitaire sont très hauts: entre 60% et 70% (Secrétariat des statistiques universitaires, SPU). Dans d'autres pays de la région, la moyenne d'abandon est proche au 55%: Guatemala (82%), Uruguay (72%) y Bolivie (73%), Brésil (59%), Chili (54%), Costa Rica (54%) y Mexique (53%) (Rojas, 2007). Ces chiffres nous montrent une situation qui affecte les sujets, les institutions eux-mêmes et aux Etats. González Lugo (2013) soutient que, par ans académique, l'Amérique latine et le Caraïbe, perdent entre 2 et 415 millions de dollars par pays, produit de l'abandon à l'université.

Dans d'autres pays développés, les taux d'abandon sont plus bas: Autriche, Espagne, Etats Unis et France, le taux oscille entre le 30% et le 50% ; en Allemagne (20%-25%), Suisse (7%-30%), Finlande (10%) et les Pays Bas (20%-30%) (Vélez, 2005). Quant au rallongement des études, il existe très peu des recherches.

2.2. De la résistance à la résilience

2.2.1. Quelques antécédents

Analysons la définition de résilience et un corpus de concepts connexes, en montrant – nous l'avons dit – les aspects qui la définissent. Cela nous donnera l'occasion de la présenter comme une notion dynamique et un processus. Nous ferons référence aussi aux niveaux de résilience et aux derniers aspects qui la définissent, ainsi qu'à l'approche épistémologique qui est à la base et que, depuis l'évolution connue, nous partageons.

Le concept de résilience n'est pas nouveau. D'abord a été utilisé en métallurgie et ingénierie pour décrire la capacité de certains matériaux de récupérer la forme originale d'après être soumis à une

² Même si trouver un diplôme universitaire aujourd'hui n'assure pas l'insertion ni la permanence professionnelle, les recherches et les statistiques internationales montrent bien qu'un diplômé a plus de possibilités d'épanouissement et de réalisation professionnelle possédant un diplôme qu'un non diplômé (ère de la connaissance et des certifications).

pression qui déforme (Real Academia de la Lengua ; Enciclopedia Salvat de la Ciencia y de la Tecnología, 1964).

Historiquement, on lit en Dyer et al. (1996) (t.n.): « La résilience est un mot utilisé pour décrire la qualité flexible ou élastique d'une substance Le Oxford English Dictionary (1933) définit la résilience comme « 1. Le (ou un) acte de récupération ». L'American Heritage Dictionary (1994) la définit comme « la capacité de se récupérer d'une maladie, changement ou fait malheureux » (p. 1534).

En psychologie positive la notion entre vers les années 60 et, plus encore, pendant les années 70 et 80 (Seligman & Csikszentmihalyi, 2000)³.

Les études longitudinales menées par Werner & Smith (1982) avec des cohortes multiraciales, exposées aux risques à Hawaï, sont décisives pour établir une différence entre Résilience et Résistance (Hardiness), Après être utilisés indistinctement Invulnérable et Invincible par Anthony (1974 ; 1987) dans la littérature psychiatrique précoce⁴.

C'est comme ça que les concepts d'*invulnérabilité* et *invincibilité* (Anthony, 1974; Werner & Smith, 1982) ont perdu sa force en faveur de la résilience, une notion dynamique, en raison de se traiter des qualités « fixes » et « statiques ».

Les auteurs découvrent, donc, des facteurs protecteurs : auto-estime, indépendance, liens, initiative, pensée critique; facteurs qu'ils considèrent les piliers de la résilience. Ils soulignent la différence entre la physique et la psychologie. En physique la résilience renvoie à la capacité de retourner vers un état antérieur aux changements supportés par les forces externes; en revanche, en psychologie, ce concept est plus large. Il ne s'agit pas de retourner à un état antérieur. L'appareil psychique se reconstitue en adoptant une organisation plus efficace plus faire face au futur, après l'impact du trauma qui a provoqué la douleur émotionnelle (Lorenzo, 2010)⁵.

2.2.2. Sur quelques caractéristiques de la résilience

2.2.2.1. Une notion dynamique

On peut considérer le « père fondateur » Michael Rutter (1985 ; Rutter, MacDonald, Le Couteur, Harrington, Bolton & Bailey, 1991). A partir d'une perspective psycho-biologique, il conçoit les facteurs protecteurs non comme contraires aux facteurs de risque. Il s'agit d'une dynamique qui permet sortir au sujet fortifié face à l'adversité, en chaque situation et en respectant les caractéristiques personnelles (Rutter, 1991). De sa part, Edith Grotberg (2003) définit la Résilience comme l'interaction des facteurs placés à 3 niveaux: le support social (j'ai); les habilités (je peux) et la forteresse interne (je suis et j'ai ici). L'essentiel est l'interaction entre le sujet et son contexte, ayant les personnes toujours un rôle actif face aux événements.

Kotliarenco, Cáceres & Fontecilla (1997) ont décrit l'évolution de la notion de résilience en 3 moments. Le premier est constitué pour l'acceptation d'une "adaptation positive" ayant les sujets « invulnérables », « résistantes », c'est-à-dire, pouvant « résister » l'adversité (Wolin & Wolin, 1993; cit. par Henderson, 2003).

³ En langue espagnole, le concept est introduit plus tard, vers 2001-2005 (Cuervo Rodríguez, Yanguma & Arroyave, 2011). Les chercheurs manifestent un intérêt particulier pour découvrir et analyser les facteurs qui sont à la base de l'adaptation positive (Santos, Kotliarenco, Néstor Suárez Ojeda, Infante, Grotberg, 2008).

⁴ On lit en Dyer & and Minton McGuinness: "Werner & Smith (1982) on fait une recherche longitudinal avec la cohorte de naissance de 1955 de 698 enfants dans l'île de Kauai, Hawaï. Plusieurs de ces familles habitaient dans la pauvreté, et plusieurs membres avaient des capacités mentales et physiques. Les chercheurs se sont centrés sur la combinaison des facteurs biologiques, sociaux et psychologiques qui étaient considérés prédictifs de vulnérabilité et d'invulnérabilité à des problèmes graves de coping. Ils ont observé que les jeunes "invulnérables", qui avaient subi moins de séparations prolongées de leurs mères dans le premier an de vie, étaient des bébés actifs et socialement réceptifs, bien souvent ils étaient des fils « primogenites » et ils avaient accompli les normes de manière consistante » (cf. aussi, Werner, 1989 ; 1995).

⁵ Kotliarenco, Cáceres & Fontecilla (1997) renvoient à l'origine latin du mot : résilience vient de « resilio », c'est-à-dire, aller en arrière en faisant un saut qualitatif.

L'*invulnérabilité* est, donc, la première notion. Elle renvoie aux personnes qui apparaissent comme très fortes, ne cédant pas aux pressions du stress et de l'adversité.

Cependant – comme nous venons de signaler plus dessus – la notion a été considérée erronée depuis un temps parce que la résistance à le stress est relative, n'est pas stable dans le temps et varie d'accord à l'étape du développement des sujets et aux circonstances. Les racines de la résilience, de plus, proviennent tant de l'ambiance comme de la constitution du sujet (Rutter, 1985; Klotiarenco et al. 1997).

Le deuxième moment est constitué par le remplacement du concept d'invulnérabilité par celui de résilience : la résilience peut se former/consolider, en tant que la invulnérabilité est considéré un trait intrinsèque du sujet (Rutter, 1991).

Barnard (1999) et Manciaux, Vanistendael, Lecomte & Cyrulnik (2001, cit. par Manciaux, 2003) partagent la même perspective: la résilience est un processus *dynamique* ; les influences du contexte (familial, social, culturel) et les forces de l'individu (facteurs internes) interagissent réciproquement permettant dépasser le risque. Cela permet à la personne de s'adapter à l'adversité (González-Arratia, 2007)

2.2.2.2. Un « processus »

De plus, il s'agit d'un processus existant dans les personnes *normales* mais *non comme une capacité innée* (Grotberg, 1995 ; 2006 ; 2002, cit. par Melillo & Suarez Ojeda ; Trujillo García, 2011). Même si elle suppose une réponse individuelle, elle est conditionné tant pour des facteurs individuels comme ceux de l'ambiance. En effet, il faut *la former, la construire* dans un *processus interactif sujet-contexte* (Rutter, 1993 ; 1992). La notion inclue tant les relations sociales comme les processus intrapsychiques (motivation, représentations, ajustement,...). Le tout permet au sujet d'avoir une vie normale dans un contexte pathogène.

Trujillo García (2011) aussi considère la résilience comme un *processus* et pas comme une capacité innée. Face à l'adversité, on peut chercher l'amélioration personnelle et collective.

La nature de la résilience est donc dynamique et elle est construite par la personne en fonction de soi-même et du contexte. Il n'y a pas de déterminisme génétique ou du contexte sur la personne. Cela suppose une nouvelle approche épistémologique de l'être humain, en tant qu'elle met l'accent sur le potentiel humain, est spécifique de chaque culture et convoque la responsabilité collective. A partir du moment qu'on la considère un processus, on peut penser qui peut se développer. De plus, étant une capacité qui se développe et se reconstruit dans l'histoire du sujet, sa relation avec les diverses étapes de la vie assume une particulière relevance.

En conséquence, il est intéressant de noter que quand il faut faire face aux changements et aux crises de la vie, comme est le passage par l'université, est ou la promotion de la résilience marque la différence de la prédisposition au développement des potentialités humaines ou de son étanchement (Saavedra Guajardo & Villalta Paucar, 2008).

2.2.2.3. Sur des niveaux de la résilience

Arrêtons-nous un moment sur les niveaux de la résilience car dans nos résultats nous ferons référence à ceux-ci.

Lorenzo (2010) soutient qui peut se distinguer 3 niveaux : individuel, groupal et social. Chaque sujet développe sa capacité pour dépasser les conflits de manière individuelle, mais quand un événement affecte au groupe ou à la société dans laquelle il habite, la réaction est produite en bloque. Le groupe et/ou la société réagissent comme une totalité structurée dans laquelle les réponses individuelles exercent son influence sur les autres et sur le tout. Il ne s'agit pas d'une agrégation d'individualités: c'est qui fait possible ce phénomène est la cohésion. Il y a de cas où les sujets développent cette capacité mais ils n'aboutissent pas à développer cette capacité à niveau groupal ou social.

De même, l'auteur soutient que la résilience se développe de diverses manières en chaque individu. Un exemple de niveau bas : le sujet résout une situation mais les conséquences à niveau émotionnel

sont autant importante qui l'empêchent continuer. Alors, sa capacité de réagir est bonne mais sa résilience est basse.

Exemple d'un niveau haut: le sujet résout la situation et va plus delà de l'impact émotionnel. De cette manière, il mène des mécanismes nécessaires pour continuer avec sa vie, en le donnant un nouveau sens et des possibilités pour la construction de nouveaux projets.

Dans le pire des cas, le sujet ne fait face aux conflits stressants et n'aboutit pas à résoudre la situation. Ici on peut parler du manque de résilience ou de personnes non résilientes.

2.2.2.4. Types de résilience

Concernant encore les divers types de définition sur la résilience, García-Vesga & Domínguez-de la Ossa (2013) présentent une division : 1) celles qui mettent l'accent sur l'adaptabilité; 2) celles qu'incluent le concept de capacité ou d'habileté; 3) celles qui se focalisent sur l'interaction des facteurs internes et externes ; 4) celles qui définissent la résilience comme une adaptation et processus. Toutes les définitions accentuent le rôle *actif* du sujet.

Vanistendael (1994, 1995 ; 2001 ; Vanistendael & Lecomte, 2002) soutient que toutes les définitions, au moins, incluent deux aspects: 1) la résistance ou la capacité de conserver l'intégralité face aux "coups"; b) la capacité de construire ou de se réaliser positivement en dépit des difficultés.

Cependant, n'existe pas de consensus sur la définition.

Avant de finir cet item, faisons référence à d'autres notions, très liées et/ou confondues avec la résilience.

2.2.2.5. D'autres notions liées à la résilience

Il y a des notions associées.

-Compétence

Elle est définie comme habileté sociale ou réussite dans une activité (Becoña, 2006). La compétence suppose l'effectivité en acte (exécution dans un domaine). Masten (1999 ; 2001) soutient que "compétence" et "résilience" sont deux constructions très liées entre soi, constituant une partie d'une construction plus général d'adaptation. Luthar (1993 ; 2000a and 200b ; 2006, souligne la différence entre les deux notions: la compétence ne suppose pas de risque.

-Adaptation positive: S'adapter suppose s'ajuster, c'est-à-dire, comporte des changements internes et dans le type des relations (Lorenzo, 2010). Mais seulement nous parlons d'adaptation résiliente s'il existe de l'adaptation positive.

-Forteresse: Il existe une différence entre forteresse et résilience. La dernière seulement tient en compte les comportements adaptatifs et constructifs dans la lutte pour réussir la situation. Pour cela, une personne qui ne tombe pas dans une infraction sociale, peut être considérée comme un sujet fort mais pas comme résilient (Novella, 2002).

-Coping: Lazarus & Folkman (1980 ; 1986) définissent le *coping* comme les efforts cognitifs et comportementaux pour améliorer les demandes spécifiques externes y/o internes qui sont évaluées débordant les ressources de l'individu.

Mais ils existent des différences: 1) la résilience suppose toujours un comportement adaptatif ; 2) de plus, pour qu'il existe de la résilience, il faut qu'il existe une situation adverse et/ou stressante. En revanche, dans le *coping*, la réponse peut être adaptée ou non face aux événements quotidiens ; 3) la résilience suppose des stratégies d'ajustement efficaces; c'est-à-dire, des efforts pour maintenir l'équilibre interne ou externe à travers des activités concernant la pensée et l'action. Les individus doivent s'adapter aux événements stressants et pour cela, ils évaluent la situation en appliquant des stratégies d'ajustement (Manciaux et al, 2003).

2.2.2.6. Un bilan :

*** Quant à l'approche**

Dans notre cadre, il est important de remarquer que la résilience a introduit une perspective ou approche optimiste, pas unilatérale et plutôt systémique et complexe, tant dans la psychopathologie comme dans l'éducation. En effet, on peut confier plus dans les forteresses des personnes et dans ses possibilités de réaliser des changements positifs aidés par l'ambiance. L'évolution montre le passage d'une réflexion qui va du plan personnel vers le plan relationnel, constituant une théorie écologique de la résilience (Bronfenbrenner, 1981, 1987) ; une théorie qui s'insère dans la théorie de l'auteur, intitulé *The Three Dimensional Spiral of Sens* (2015). L'évolution montre, donc, le passage vers une perspective de la complexité (Aparicio, 2007 a et b)⁶.

Selon Grotberg (2005), on peut distinguer huit (8) nouveaux aspects à partir du concept de résilience. 1) La résilience est liée au développement humain incluant des différences d'âge et de genre; 2) pour consolider la résilience il faut faire appel à différentes stratégies; 3) la résilience n'est pas liée au niveau socio-économique ; 4) la résilience est différente aux facteurs de risque et aux facteurs de protection ; 5) la résilience peut être mesurée et elle fait part de la santé mentale et de la qualité de vie ; 6) les différences culturelles diminuent quand les adultes sont capables de valoriser des nouvelles idées visant le développement humain ; 7) la prévention et la promotion sont des aspects liés à la résilience ; 8) la résilience est un processus : il y a des facteurs de résilience, des comportements résilients et des résultats résilients.

*** Quant aux apports de la résilience sur le plan universitaire**

Traditionnellement, les institutions éducatives se sont occupées de détecter des erreurs en lieu d'identifier les forteresses. Dans ce cadre, la résilience joue un rôle essentiel: à travers son développement on peut favoriser le développement des compétences sociales, académiques et personnelles qui aident aux étudiants à dépasser les difficultés et réussir (Rutter, 1987). Dans cette perspective, le plus important test de mettre l'accent sur l'acquisition et développement des compétences, capacités et des forteresses et non pas sur les faiblesses. L'éducation assume un rôle central visant la consolidation de la résilience dans des enfants, des adolescents et des universitaires eux-mêmes, pour les aider à faire face aux difficultés académiques et, après, dans le monde du travail (surtout si les sujets appartiennent aux contextes défavorisés (Melillo, Rubbo & Morato, 2004 ; Coronado-Hijón, 2017).

Pulgar Suaso (2010) soutient qu'un étudiant résilient s'engage, est responsable et tout cela influe sur la réussite, la baisse du rallongement des études, l'insertion professionnelle, la productivité, parmi d'autres aspects (Acevedo & Mondragón, 2005), montre bien que un contexte institutionnel qui favorise la résilience parmi leurs étudiants; agit sur le plan de la prévention de crises. Les enseignants peuvent aussi, dans ce cadre, identifier les étudiants en situation de risque pour les aider à exploiter leurs potentialités pour faire face aux obstacles (González & Valdez, 2006, cit. par Pulgar Suaso, 2010).

En dépit de l'importance de la résilience, elle a été très peu étudiée dans des institutions éducatives et, notamment, dans l'éducation supérieure. Henderson & Milstein (2003) soutiennent que la plupart de recherches concernant la résilience ont été faites sur populations des enfants et des adolescents.

De plus, selon Haz & Castillo (2003), les études, en général, n'approfondissent pas sur les « conditions »/ « qualités » personnelles. Cela justifie notre recherche.

En général, on peut dire que la résilience est une notion d'un potentiel énorme pour tous les professionnels de l'éducation et de la santé (Coronado-Hijón & Paneque, 2015).

Manciaux *et al.* (2003) propose une définition pragmatique qui a leurs racines dans les réalités éducatives quotidiennes afin de développer les habilités 'pour sortir de l'adversité, s'adapter et accéder à une vie productive et avec du sens.

⁶ On peut consulter, aussi, d'autres modèles théoriques de résilience, d'abandon et de permanence (Coronado Hijón, 2017 ; Dubs, R. (2005).

Résister est créer les conditions. Le processus de création est positif, mais la résilience es le moyen pour aboutir à l'œuvre personnelle.

On peut dire qu'il est d'intérêt pour les individus et pour les organisations/institutions elles-mêmes, travailler sur le plan de l'intervention à partir de la psychologie éducative et sociale à l'Université avec des programmes de leadership, motivation, participation et de responsabilité. De même, avec des programmes sur les habitudes d'étude, de travail sur les projets de vie en jetant lumière sur les buts pour qu'ils deviennent plus clairs, etc. Et tous ces facteurs sont des variables/dimensions de notre modèle dans cette recherche.

Autrement dit, le travail avec les facteurs personnels des étudiants depuis le modèle de la résilience – qui se centre sur les caractéristiques positives des sujets–, peut servir pour faire face aux situations de risque académique ou d'autres et permettre à l'individu de récupérer un certain équilibre (homéostasies). Pour cela est très important d'identifier les facteurs résilients qui se relient significativement avec la réussite des étudiantes.

Henderson & Milstein (2003) ont analysé la résilience dans des milieux éducatifs formels. Ils détectent d'abord, 6 étapes pour fortifier la résilience, à travers l'intervention de la famille, l'école et la communauté elle-même.

Les auteurs considèrent qui peut être conçue comme une stratégie pour la récupération de l'homéostasie qui permet à l'individu chercher l'équilibre qui donne comme résultat la tranquillité. Ils élaborent un modèle donc l'objectif est de répandre la résilience dans des contextes formels. Il y aurait six (6) étapes pour fortifier la résilience à travers la famille, l'école et la communauté: 1. Donner de l'affection et de l'appui inconditionnels, comme base de la réussite académique. 2. Etablir et transmette des attentes élevés et réalistes, tous les étudiants peuvent apprendre. 3. Donner des opportunités de participation significatives dans la résolution de problèmes. 4. Enrichir les liens avec la communauté éducative en cherchant la connexion famille-communauté 5. Former au personnel sur des stratégies et des politiques de la salle de classe, et donner de participation à la communauté éducative. 6. Apprendre des habilités pour la vie, la coopération, les habilités communicationnelles, pour prendre de décisions. Trois de ceux-ci ont pour objectif de mitiger les facteurs de risque qui proviennent de l'ambiance: enrichir les liens pro-sociaux, fixer des limites clairs et firmes dans l'activité éducative et apprendre des habilités pour la vie. Les pas ou « étapes » 4 au 6 sont ceux qui fortifient la résilience: donner de l'affection de l'appui, établir des attentes hautes, réalistes mais qui puissent se voir cristallisés et, en dernier terme, donner des opportunités de participation significative.

Des 6 pas ou « étapes », le premier est le plus important et permanent: donner de l'affection, de l'amour: il parait, en effet, qu'il peu possible de surmonter les difficultés et d'accroître dans le sens humain sans avoir de l'amour des autres.

Les résultats de ces 6 étapes, engendrent des personnes optimistes, responsables, avec une haute estime de soi et d'auto-efficacité. De plus, les auteurs que nous suivons dans l'essentiel dans cette recherche, considèrent que l'implantation de ces bonnes pratiques de consolidation de la résilience académique – qui peuvent améliorer l'apprentissage et développer des compétences, des talents et défendre face aux risques – doit être vertébrée sur 3 niveaux de l'Administration éducative : les politiques éducatives, le centre éducatif et, finalement, le corps enseignant.

La résilience, donc, augmente les probabilités de réussite éducative, plus delà de la vulnérabilité, qui vient des expériences et des conditions du contexte (Wang, Haertl & Walberg, 1990, 1994).

Rirkin & Hoopman (1991) définissent la résilience dans le champ éducatif comme « la capacité de se récupérer et de s'adapter avec réussite face à l'adversité et de développer la compétence sociale, académique et vocationnelle, malgré être exposé à un stress haut ou, simplement, aux tensions inhérentes au monde d'aujourd'hui » (Henderson & Milstein, 2003 : 26)

Il faut dire que plusieurs recherches montrent bien la force la résilience face à la réussite (Erberber et al., 2015), émergeant avec le poids le plus important. Dans cette recherche – nous l'observerons – la résilience a aussi la plus grande importance parmi les facteurs d'échec (Aparicio, 2009 a ; 2009 b ; 2016, 2018).

Le Rapport sur l'enquête du PNUD 2004; dit que les sujets qui manifestent moins de confiance en soi-mêmes, ont moins de possibilités d'usage des réseaux institutionnels, sociaux, familiaux et un moindre contrôle sur son futur, sur son « destin »: De plus, eux-mêmes déclarent se sentir exclus et connaître moins d'opportunités.

Goleman (1996) souligne que l'accent mis sur des modèles cognitifs-technologiques et pas sur les compétences sociales dans l'enseignement supérieur, favorise l'émergence parmi les étudiants de la peur, de l'insécurité, de l'instabilité, des frustrations face à l'adversité, qui peuvent induire des ajustements sociaux et le manque de contrôle de soi.

Le Rapport Delors (UNESCO, 1996), a signalé les quatre (4) piliers d'une politique éducative de qualité. Celle-ci inclut: le savoir, le savoir-faire, le savoir-vivre avec les autres et l'apprendre à être. Les deux premiers aspects se correspondent avec les modèles traditionnels: il s'agit de mesurer pour justifier les résultats. Les deux derniers deviennent de plus en plus importants dans le cadre du monde actuel et de la mondialisation pour favoriser l'intégration sociale et la construction de la citoyenneté. Les programmes concernant la résilience entrent dans les deux derniers aspects.

2.3. D'autres notions liées à la résilience

Il y a des notions associées. Arrêtons-nous un moment sur les plus confondues.

2.3.1. Compétence

Elle est définie comme habileté sociale ou réussite dans une activité (Becoña, 2006). La compétence suppose l'effectivité en acte (exécution dans un domaine). Masten (2001) soutient que "compétence" et "résilience" sont deux constructions très liées entre soi, constituant une partie d'une construction plus générale d'adaptation. Luthar (2006, cit. par Becoña, 2006), souligne la différence entre les deux notions: la compétence ne suppose pas de risque⁷.

2.3.2. Adaptation positive:

S'adapter suppose s'ajuster, c'est-à-dire, comporte des changements internes et dans le type des relations (Lorenzo, 2010). Mais seulement nous parlons d'adaptation résiliente s'il existe de l'adaptation positive.

2.3.3. Forteresse:

Il existe une différence entre forteresse et résilience. La dernière seulement tient en compte les comportements adaptatifs et constructifs dans la lutte pour réussir la situation. Pour cela, une personne qui tombe dans une infraction sociale, peut être considérée comme un sujet fort mais pas comme résilient (Novella, 2002).

2.3.4. Coping:

Lazarus & Folkman (1986) définissent le *coping* comme les efforts cognitifs et comportementaux pour améliorer les demandes spécifiques externes y/o internes qui sont évaluées débordant les ressources de l'individu.

Mais ils existent des différences: a) la résilience suppose toujours un comportement adaptatif ; b) de plus, pour qu'il existe de la résilience, il faut qu'il existe une situation adverse et/ou stressante. En revanche, dans le *coping*, la réponse peut être adaptée ou non face aux événements quotidiens ; c) la résilience suppose des stratégies d'ajustement efficaces; c'est-à-dire, des efforts pour maintenir l'équilibre interne ou externe à travers des activités concernant la pensée et l'action. Les individus doivent s'adapter aux événements stressants et pour cela, ils évaluent la situation en appliquant des stratégies d'ajustement (Manciaux et al, 2003).

⁷ Voir aussi Luthar, 1993 ; 2000a, 2000 b,

3. MÉTHODOLOGIE

Elle a été quantitative et qualitative.

3.1. L'échantillon :

Il a été constitué par de 229 sujets de six facultés de l'Université Nationale de Cuyo (1985-2004), que nous avons interviewés à domicile. Il s'agit des sujets qui, inscrits à l'Université depuis 1985 et réinscrits pendant l'année scolaire universitaire 2004, s'absentent des cours : ce sont des étudiants « fantômes ». Ils sont inscrits dans des formations relevant de six facultés : Philosophie et lettres (Sciences de l'éducation), Sciences économiques (Comptabilité, Gestion) ; Sciences politiques et sociales (Communication sociale), Droit, Médecine et Génie (Civil, Industriel et en Pétrole). Sur un total de 1880 sujets identifiés d'après leurs dossiers, le nombre effectif des sujets enquêtés (que nous avons pu localiser) a été de N= 229⁸.

2.2. Les techniques :

Nous avons utilisé une enquête semi-structurée et des tests spécifiques pour mesurer les variables psychosociales en rapport avec le niveau de réussite (RU): les Stratégies pour « faire face » aux difficultés (Frydenberg & Lewis, 1996), les styles attributionnels (Seligman, 1991), les facteurs motivationnels (Montero & Alonso Tapia, 1992) et la *Résilience* (Henderson & Milstein, 2003). Dans cet article nous ne traitons que la Résilience et son importance pour faire face aux difficultés au sein des institutions universitaires. .

Pour ce qui est de la Résilience, le Questionnaire de Henderson et Milstein est composé de 3 échelles – Étudiant (RESIALUM), Personnel – administratif et enseignant – (RESIPERS) et Institutionnel (RESIFACU) – et 6 sous-échelles qui peuvent être groupées en 2 sous-dimensions. Les aspects y évalués sont : I. *Mitiger le risque*: 1. Enrichir les liens pro-sociaux ; 2. Fixer des limites claires et fermées (Élaborer et mettre en place des politiques et des procédures scolaires cohérentes et expliciter les attentes en termes de comportement. Exprimer des règles par écrit et les transmettre de façon claire); 3. Enseigner des compétences pour la vie (coopération, résolution de conflits, compétences communicationnelles, habileté pour résoudre des problèmes et prendre des décisions, gestion saine du stress). II. *Construire de la Résilience*: 1. Donner de l'affection et du soutien – c'est l'élément déterminant crucial ; 2. Transmettre des attentes élevées et réalistes, attendre le mieux (éviter le recours à des étiquettes et la notion de *plafond* du développement) ; 3. Donner des chances de participation significative (accorder aux étudiants et aux responsables institutionnels de la responsabilité dans la résolution des problèmes, la prise de décisions, la définition d'objectifs/ les buts et l'aide aux autres).

Pour ce qui est de la Réussite universitaire (RU), elle a été interprétée dans un sens large et un sens strict du terme.

Rendement au sens large du terme. Il comporte les catégories suivantes.

-Succès : fin de la carrière – obtention du diplôme –.

-Retard : fin de la carrière dans une période de temps plus longue que prévue officiellement (Diplômés quelques années plus tard).

-Echec : abandon de certains cours.

Rendement au sens strict : Conçu d'après les items suivants fournis par la Direction de Statistiques de l'UNCuyo⁹.

-Années de permanence dans la carrière (2005- cohorte)

-Durée de la carrière d'après le Programme d'Etudes correspondant à l'étudiant (ANPLAN)

-Matières non-réussies (MATPLAN-REUSSI)

⁸ La recherche a continué après comme projet institutionnel de notre Université.

⁹ Pour les formules appliquées, consulter Aparicio 2009 a.

-Cours correspondants à la carrière d'après le Programme d'Etudes auquel appartient l'étudiant (MATPLAN)

-Quantité d'échecs (APLAZOS)

-Matières réussies (MATPLAN)

Toute l'information (qualitative et quantitative) a été finalement triangulée. Les outils existants à ce jour saisissent le phénomène, en général, de manière unilatérale, mettant l'accent sur le sujet (la résilience, le *coping*). Or la résilience concerne aussi les institutions. Il s'agit d'une condition, « qualité » ou compétence qui n'est pas innée : c'est aux institutions/organisations de les réaffirmer, voire même de les former.

4. RÉSULTATS

Ils montrent le rôle joué par la résilience sur la réussite et le rallongement des études.

Passons maintenant en revue quelques résultats. Rappelons que le facteur Résilience a été mesuré au moyen de trois échelles : Étudiant (RESIALUM), Personnel – administratif et enseignant – (RESIPERS) et Institutionnel (RESIFACU).

Les variables ont une ponctuation inaperçue de sorte que le n. 1 indique : On est bien, 2. On a avancé, 3. On commence, 4. On n'a rien fait. La ponctuation élevée ou maximale de 48 démontre que l'étudiant évalue la formation de résilience comme nulle ou inexistante. Par contre la valeur minimale du test pour les échelles étudiant/personnel et institution est de 12, ce qui démontre que l'interviewé a évalué la formation de résilience de la part de la faculté comme quelque chose de positif. Bref, on la conçoit comme formatrice de résilience.

Autrement dit, pour les trois échelles – Étudiant, Personnel et Institutionnel – la moyenne s'est concentrée à la catégorie 3, ce qui indique que la formation de Résilience « est à ses débuts ». Ceci signifie qu'en termes généraux, dans toutes les facultés, l'évaluation des institutions comme formatrices de Résilience chez l'étudiant, le Personnel et dans l'Institution elle-même est assez basse. Par ailleurs, chaque institution offre un profil propre, certaines d'entre elles apparaissant comme génératrices de Résilience chez les étudiants, le personnel et/ou l'institution elle-même¹⁰.

Nous ne nous arrêtons pas sur le traitement détaillé en renvoyant à Aparicio (2016 ; 2018).

Les résultats montrent qu'il y aurait des *espaces générateurs de résilience* (lire facultés/filières dans notre recherche) qui favoriseraient son émergence, c'est-à-dire, des espaces qui causent/favorisent : a) la génération de réseaux sociaux informels assurant une acceptation inconditionnelle ; b) la capacité à trouver un sens transcendant aux événements de la vie ; c) le développement de capacités à nouer des relations solides, respectueuses et gratifiantes, à respecter des normes et des limites de manière consciente ; d) la capacité à résoudre des problèmes au moyen de la réflexion et l'analyse ; e) le développement de l'auto-estime à partir d'une vision réaliste de ses propres potentiel et limites.

Esquissons à présent d'autres résultats quantitatifs qui concernent des aspects qui influent sur la réussite (pour l'analyse en détail on renvoi à Aparicio, 2016a, b, c ; 2018).

Analyse bivariable : Quant aux facteurs pour « faire-face » aux obstacles de notre modèle – *Résilience* et *Coping* –, les résultats démontrent que les échelles de Résilience les plus significatives parmi celles mesurant la formation de *Résilience* ont été le Lien pro social (RESIVINC), les limites claires (RESILI) et les Attentes élevées (RESIEXPE). Plus précisément, lorsque le *Lien pro social* augmente, les Rendements universitaires diminuent (RU) ; en revanche lorsqu'il y a des *Limites claires* et des *Attentes élevées*, les Rendements universitaires (RU) augmentent.

On y remarque donc l'incidence positive des attentes par rapport à l'apprentissage et à la connaissance des limites ; à l'inverse, joue le lien pro social très haut, qui conduirait à négliger les études. Sur le

¹⁰ Nous attarder sur le profil typique de chaque faculté impliquerait de trop rallonger cette présentation. Voir Aparicio, 2007a, tome 1.

plan des exigences, l'expérience dans différentes facultés (ayant changé leurs plans d'études pour d'autres, plus exigeants et avec plus des limites), c'est que, à plus grandes limites, meilleurs sont les résultats en termes de rendement.

Analyse multi variée : Arrêtons-nous un moment sur le modèle de la réussite universitaire (RU). Le modèle inclut des variables de base, psychosociales, psychopédagogiques, pédagogique-institutionnels et structurelles.

Parmi les variables *Psychosociales*, celle qui émerge avec le plus grande force est la Résilience. Deux sous-échelles y sont associées donc à Réussite universitaire (RU) : l'existence des liens et les opportunités offertes aux sujets (RESIVINC et RESIOPOR). La première contribue de façon négative, c'est-à-dire, plus les étudiants se consacrent à la vie sociale, moins de Rendement atteignent-ils. La deuxième contribue de façon positive : autrement dit, plus ont-ils des chances de progrès, meilleur sera leur Rendement Universitaire.

RESIVINC: la probabilité est inférieure à 5% (0.03289). Le coefficient en est de -0.003520, ce qui suppose un rapport négatif avec RU. En d'autres mots, quand ces liens sont exagérés et la sociabilité trop marquée, l'étude perd de son importance et les temps des études se rallongent.

RESIOPOR: la probabilité est inférieure au 5% (0.00057), ce qui indique une association dans le modèle multi varié plus élevée que RESIVINC. Le coefficient en est de 0.004104, ce qui indique un rapport positif avec RU. Cela revient à dire que lorsqu'il existe des opportunités de développement, les rendements académiques s'améliorent et le rallongement diminue.

5. DISCUSSION

Ces résultats constituent dans ce cadre un apport significatif : ils mettent en évidence la nécessité de développer des milieux de sources de résilience au sein des organisations de formation visant à la consolidation de la résilience (Aparicio, 2005, 2007a, 2007b, 2008, 2009a, b et c ; 2015 a ; 2015 b ; 2016a ; 2016b ; 2016 c ; 2018). Elle contribuera aux possibilités de réalisation et d'une vie saine, même si les ambiances aujourd'hui et, de plus en plus, présentent des exigences qui paraissent déborder les capacités des sujets pour faire face.

De plus, étant donnée la richesse de la notion de résilience, que va plus delà de la simple résistance – liée dans un sens large à d'autres facteurs qui aident les personnes à réussir – nous a permis de revisiter les axes de diverses micro-théories complémentaires (cf. Aparicio, 2005, 2009a, b et c, 2016)¹¹. Ces variables/facteurs, sous-jacents à la réussite/échec objective et subjective des sujets –

but, attentes réalistes, capacité de création de liens solides, respectueux, gratifiants ; communication, habileté pour résoudre des problèmes et prendre des décisions ; effort, limites –contribuent à faire face aux obstacles dans une société ou, bien souvent, la violence se répand et les limites se perdent.

Finalement, l'influence du contexte apparaît nettement, surtout dans l'analyse qualitative. N'est pas notre objectif nous arrêter sur ce plan¹². Disons, tout simplement, que les dimensions les plus importants et qui présentent plus de saillance pour les sujets qui ont rallongé leurs études, sont celles qui concernent l'interaction enseignant/étudiant ; étudiant/étudiant et étudiant/organisation de la Faculté. Les liens solides, le respect, l'écoute, l'appui, la communication, parmi d'autres aspects, émergent comme facteurs fondamentaux à l'heure de continuer avec les études ou de prendre la décision de les abandonner ou de les rallonger.

Sujet et contexte, tous les deux en interaction constante dans un mouvement enrichissant ou appauvrissant pour le sujet et pour le contexte. Ceci tiendra au type d'interaction qui s'établit, de la capacité des institutions à former des capacités pour faire face aux obstacles, même s'il existe des

¹¹ Théorie de l'auto efficacité (Bandura, 1977, 1982, 1987), du Need-ach (Besoins d'accomplissement, Mc Clelland, 1960), des Attentes/Valences (Feather & Davenport, 1981) des Styles attributifs (Optimisme, Seligman, 1991, 2000) ; du Coping (Lazarus & Folkman, 1986) et des Stratégies pour faire face aux obstacles (Frydenberg & Lewis, 1996).

¹² Cela serait l'objet d'un autre article pour les détails qui suppose la présentation.

limites contextuelles. D'une part, la socialisation émerge au cœur des résultats dans la ligne de la réalisation des gens. D'autre part, la psychologie sociale et la formation surgissent indissociablement liées dans cette contribution au développement humain et social. Le tout s'insère dans la théorie de l'auteure, « L'spirale trois dimensionnel du sens » : sujet/contexte/sujet ou plan macro/méso/micro/macro, avec les « allers-retours » ou des mouvements récurrents et des effets positifs et négatifs, permettant ou non une meilleure réalisation des hommes et des organisations elles-mêmes.

6. CONCLUSION

La compréhension de l'influence exercée par certains facteurs psychosociaux à la lumière des théories concernant la réussite pourrait favoriser, en effet, l'implantation des stratégies pour faciliter la réalisation des gens et la transformation des pratiques, notamment dans les pays moins développés ou émergents, où les difficultés à surmonter sont fréquentes.

RÉFÉRENCES

- Anthony, E.J. (1974). « The Syndrome of the Psychologically Invulnerable Child. In E.J. Anthony & C. Koupernik (Eds.), *The Child in his Family: Children at Psychiatric Risk* (pp. 3-10). Nueva York: Wiley.
- Anthony, E.J. (1987). Risk, Vulnerability, and Resilience. In E.J. Anthony & B.J. Cohler (Eds.), *The Invulnerable Child* (pp. 315-360). New York: The Guildford Press. Cit. Par Becoña, op. cit.
- Aparicio, M. (2005). *Les facteurs psychosociaux en relation avec la réussite universitaire et professionnelle*. 2e thèse de doctorat. Paris : Université René Descartes, Sorbonne.
- Aparicio, M. (2007a). *Les facteurs psychosociaux à la base de la réussite universitaire et professionnelle : aspects psychologiques et organisationnels*. HDR en Psychologie. Lille : Université de Lille3.
- Aparicio, M. (2007b). *Mobilité et réussite universitaires et professionnelles. Du niveau macro au niveau micro*. HDR en Sciences de l'éducation. Paris : Université Paris X, Nanterre.
- Aparicio, M. (2007a). *Trayectorias universitarias. Un análisis a la luz de metodologías cuantitativas*. Proyecto institucional, Universidad Nacional de Cuyo. Versión restringida. Tomo I. Mendoza: ZETA, 294 pp.
- Aparicio, M. (2007b). *Trayectorias universitarias: Un análisis a la luz de metodologías cualitativas*. Proyecto institucional. Universidad Nacional de Cuyo, versión restringida. Tome II. Mendoza: ZETA, 438 pp.
- Aparicio, M. (2008). *Causas de la Deserción en Universidades Nacionales*. San Juan: Edit. UNSJ.
- Aparicio, M. (2009a). *La demora en los estudios universitarios. Causas desde una perspectiva cuantitativa*. Tomo I. Mendoza: EDIUNC.
- Aparicio, M. (2009b). *La demora en los estudios universitarios. Causas desde una perspectiva cualitativa*. Universidad Nacional de Cuyo, Tomo II. Mendoza: EDIUNC.
- Aparicio, M. (2009 c). *Les facteurs psychosociaux et la réussite universitaire et professionnelle*. ANRT. Presses de l'ANRT, Lille, 469 pp et 126 pp. d'Annexes.
- Aparicio, M. (2014). University Drop-Outs. A Systemic Play of Subjects, Institutions and Macro Contexts. *Journal of Educational and Social Research*, 4,2.
- Aparicio, M. (2015 a). Towards a sui generis systemic theory: The Three-Dimensional Spiral of Sense. A Study in Argentina Applied to Identity and Professionalisation (Article 1). *Asian Academic Research Journal of Social Sciences & Humanities (AARJSH)*, 2(7): 246-282.
- Aparicio, M. (2015 b). The Theory of the Three-Dimensional Spiral of Sense: An Application with special Reference to Identity and Professionalisation in other Disciplinary Areas (Article 2) *Asian Academic Research Journal of Social Sciences & Humanities (AARJSH)*, 2(7): 194-245.
- Aparicio, M. (2016a). *Les facteurs psychosociaux à la base de la réussite universitaire et professionnelle. Aspects*

psychologiques et organisationnels. Editions Universitaires Européennes. OmniScriptum GmbH & Co.KG., Dusseldorf, Germany. 481 pp.

Aparicio, M. (2016 b). Resiliency, Professionalization and Identity. A Study in Relation to Achievement at University at the Light of a New Paradigm: The Spiral Three Dimensional of Sens. *European Journal of Interdisciplinary Studies (EJIS)*, Jan-Apr., 1(3): 126-131.

Aparicio, M. (2016 c). Resiliency, Professionalization and Identity. A Study in Relation to Achievement at University at the Light of a New Paradigm: The Spiral Three Dimensional of Sens. *European Journal of Interdisciplinary Studies (EJIS)*, Jan-Apr., vol 1(3): 126-131.

Aparicio, M. (2018). « Resiliency and Cooperation or Regarding Social and Collective Competencies for University Achievement. An Analysis from a Systemic Perspective ». *European Journal of Social Science Education and Research*, [S.l.], 5(3) : 123-135.

Barnard, C. P. (1994). « Resiliency: A Shift in Our Perception? » *American Journal of Family Therapy*, 22, 135-144.

Bandura, A. (María Zaplana, trad.) (1987). *Pensamiento y acción: Fundamentos sociales*. Barcelona: Martínez Roca.

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review*, 84 : 225-239.

Bandura, A. (1982). Self-efficacy Mechanism in Human Agency. *American Psychologist*, 32 : 122-148.

Becona, E. (2006). “Resiliencia: definición, características y utilidad del concepto. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*”, 11(3): 125-146.

Bronfenbrenner, U. (1981) *On Making Human Beings Human*. Sage Publications Ltd. Ct. In Bronfenbrenner, 1987, op.cit.

Bronfenbrenner, U. (1987). *La ecología del desarrollo humano*. Madrid: Paidós.

Manciaux, M., Vanistendael, S., Lecomte, J. & Cyrulnik, B. (2001). La resiliencia: estado de la cuestión. In M. Manciaux (Ed.), *La resiliencia: resistir y rehacerse*. Madrid: Gedisa, 2003.

Cyrulnik, B. et al. (2004). *El realismo de la esperanza. Testimonios de experiencias profesionales en torno a la resiliencia*. Barcelona: Gedisa.

Cyrulnik, B. (2001). *La maravilla del dolor: el sentido de la resiliencia*. Barcelona: Granica.

Cyrulnik, B. (2002). *Los patitos feos. La resiliencia: una infancia infeliz no determina la vida*. Barcelona: Gedisa.

Coronado Hijón, A. (2017). Alumnado académicamente resiliente. In A.S. Jiménez Hernández (Ed.), *Reconstruyendo un mundo con ojos de niñas* (pp. 2806-2815). Granada: Editorial GEU.

Cuervo Rodríguez, J; Yanguma, C. & Arroyave, M. (2011). Comprensiones de la resiliencia en los libros editados en español y localizados en seis bibliotecas de Bogotá, Colombia, *Diversitas*, 7(1): 57.

Diccionario de la Lengua Española (2005). 1ª. ed. Madrid: Santillana.

Dyer, J. & Minton McGuinness, T. (1996). *Archives of Psychiatric Nursing*, 10(5) : 276-282.

Dubs, R. (2005). “Permanecer o desertar de los estudios de postgrado: síntesis de modelos teóricos”, *Investigación y Postgrado*, 20 (1): 55-79.

Feather, N. T., & Davenport, P. R. (1981). Unemployment and depressive affect: A Motivational and Attributional Analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 41(3) : 422-436

Lazarus, R.S. & Folkman, S. (1986). *Estrés y procesos cognitivos*. Barcelona: Martínez Roca.

Folkman, S. & Lazarus, R.S. (1980). “An Analysis of Coping in Middle Aged Community Sample ». *Journal of Health and Social Behavior*, 21: 219-239.

Frydenberg, E. & Lewis, R. (1996). ACS. *Escalas de Afrontamiento para Adolescentes*. Adaptation J. Pereña & N. Seisdedos. Madrid: TEA.

- García Trujillo, S. (2011). "Resiliencia: ¿Proceso o capacidad? Una lectura crítica del concepto de resiliencia en 14 universidades colombianas". *Revista Iberoamericana de Psicología, Ciencia y Tecnología*, 1(4).
- García-Vesga, M. C. & Domínguez-de la Ossa, E. (2013). "Desarrollo teórico de la resiliencia y su aplicación en situaciones adversas: una revisión analítica". *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 11 (1) ene-jun.
- Gaxiola Romero, J.C.; [González Lugo](#), S.; Domínguez Guedea, M., E. (2013). "Autorregulación, metas y rendimiento académico en bachilleres con disposiciones resilientes y no resilientes", *Revista Interamericana de Psicología (Interamerican Journal of Psychology)*, 47 (1): 71-81.
- González-Arratia, N. I. & Valdez, J. L. (2013). Optimismo-pesimismo y resiliencia en adolescentes de una universidad pública. *CIENCIA ergo-sum*, 19(3):207-214.
- Grotberg, E. (1995). The Internacional Resilience Project: Promoting Resilience in Children.
- Grotberg, E. (2002). Nuevas tendencias en resiliencia. In A. Melillo, A. & E. Suarez Ojeda. *Resiliencia. Descubriendo las propias fortalezas*, Buenos Aires. Paidós.
- Grotberg, E. (2006). *La resiliencia en el mundo de hoy*. España: Gedisa.
- Henderson, N. & Milstein, M. (2003). *Resiliencia en la escuela*. Buenos Aires: Paidós.
- Hernández, A. (1998). *Familia, ciclo vital y psicoterapia sistémica breve*. Bogotá: El Búho.
- Kotliarenco, M.A.; Cáceres, D & Fontecilla; D. (1997). *Estado de Arte en Resiliencia*. Organización Panamericana de la Salud Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. CEANIM Centro de Estudios y Atención del Niño y la Mujer, Julio, Fundación W. K. Kellogg, Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
- L'American Heritage Dictionary (1994). 3hird Edition by Houghton Mifflin Company.
- Lazarus, R.S. & Folkman, S (1986). *Estrés y procesos cognitivos*. Barcelona: Martínez Roca.
- Lorenzo, R. (2010). *Nuestra capacidad de recuperación ante los obstáculos*. Buenos Aires: Andrómeda.
- Luthar, S. (2006). "Resilience in development: A Synthesis of Research across Five Decades". Cit por Becoña, E. (2006). *Resiliencia: definición, características y utilidad del concepto*, *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 11(3): 125-146,
- Luthar, S. (1993). « Methodological an Conceptual Issues in Research on Childhood Resilience. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 34 : 441-453.
- Luthar, S.S., Cicchetti, D. & Becker, B. (2000a). Research on Resilience: Response to commentaries. *Child Development*, 71: 573-575.
- Luthar, S.S., Cicchetti, D. & Becker, B. (2000b). « The Construct of Resilience. A Critical Evaluation and Guidelines for Future Work ». *Child Development*, 71 : 543-562.
- McClelland , D. (1960) *The Achieving Society*, The Free Press, 1961.
- Manciaux, Vanistendael, Lecomte & Cyrulnik (2001). La resiliencia: estado de la cuestión. Cit. par M. Manciaux (2003). *Resistir o rehacerse*, Barcelona, Gedisa 2003.
- Manciaux, M. (Ed.) (2003). *La resiliencia: resistir y rehacerse*. Madrid: Gedisa.
- Masten, A.S. (2001). « Ordinary Magic. Resilience Processes Indevelopment ». *American Psychologist*, 56 : 227-238. Cit. por Becoña, 2006.
- Masten, A.S., Hubbard, J.J., Gest, S.D., Tellegen, A., Garmezy, N. & Ramírez, M. (1999). Competence in the Context of Adversity: Pathways to Resilience and Mal-adaptation from Childhood to late Adolescence. *Development and Psychopathology*, 11 : 143-169.
- Melillo, A., Suárez, E. & Rodríguez, D. (2004). *Resiliencia y subjetividad. Los ciclos de la vida*. Buenos Aires: Paidós.
- Melillo, A. & Suárez, O. E. N. (2003). *Resiliencia, descubriendo las propias fortalezas*. Buenos Aires: Paidós.

- Montero, I. & Alonso Tapia, J. (1992). Cuestionario Mape II. In J. Alonso Tapia. Motivación en la adolescencia. Madrid: UAM.
- Munist, M., Santos, H; Kotliarenko, M.A.; Suárez Ojeda, E, Infante, F. Grotberg, E. (2008). *Manual de identificación y promoción de la resiliencia en niños y adolescentes*. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud, Fundación W.K. Kellogg. Autoridad Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI).
- Novella, A. (2002). *Incremento de la resiliencia luego de la aplicación de un programa de psicoterapia breve en madres adolescentes*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Mayor San Marcos.
- Pulgar Suazo, L. (2010). *Factores de Resiliencia presentes en Estudiantes de la Universidad del Bío Bío*, Sede Chillán. Tesis de Maestría.
- Puerta de Klinkert, M. P. (2002). *Resiliencia. La estimulación del niño para enfrentar desafíos*. Buenos Aires: Lumen.
- Oxford English Dictionary (1933). Oxford University Press.
- Real Academia de la Lengua (1964) Enciclopedia Salvat de la Ciencia y de la Tecnología, Madrid: Salvat.
- Rojas, M. (2007). Factores de riesgo y protectores identificados en adolescentes consumidores de sustancias psicoactivas. Revisión y análisis del estado actual. Disponible en <www.cedr.org.pe/ebooks/riesgo> (Consulté le 15 novembre, 2019).
- Rutter, M. (1985). Resilience in the Face of Adversity: Protective Factors and Resistance to Psychiatric Disorders. *British Journal of Psychiatry*, 147 : 598-611.
- Rutter, M. ; MacDonald, H. ; Le Couteur, A. ; Harrington, R. ; Bolton, P. & Bailey, A. (1991). « Debate and Argument ». *Child Psychol. Psychiat.* 32(6): 1033-1034. Edited By: Edmund Sonuga-Barke. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1991.tb01929.x>
- Rutter, M. (1992). Resilience: Some Conceptual Considerations. *Journal of adolescent Health*, 1 (14).
- Saavedra Guajardo, E. & Villalta Paucar, M. (2008). “Medición de las características resilientes, un estudio comparativo en personas entre 15 y 65 años”, *LIBERABIT*, 14: 31-40,
- Seligman, M. (1991). *El optimismo es una ventaja y un placer que se adquiere*. Buenos Aires: Atlántida.
- Seligman, M.E.P. & Csikszentmihalyi, M. (2000). « Positive Psychology: An Introduction ». *American Psychologist*, 55 : 5-14.
- Suarez Ojeda, E. (1993) “Resiliencia o capacidad desobrepone a la adversidad”. *Medicina y sociedad*, 16(3). Buenos Aires. Argentina.
- Trujillo García, S. (2011). “Resiliencia: ¿Proceso o capacidad? Una lectura crítica del concepto de resiliencia en 14 universidades colombianas”. *Revista Iberoamericana de Psicología, Ciencia y Tecnología*, 4(1).
- Vanistendael, S. (1995). ¿Cómo crecer superando los percances? BICE.
- Vanistendael, S. (1994). “La Resiliencia: un concepto largo tiempo ignorado”, *La Infancia en el Mundo*. 5(3). BICE., Montevideo.
- Vanistendael, S. (1994). Como crecer superando los percances: resiliencia capitalizar las fuerzas del individuo. *International Catholic Child Bureau*, Ginebra. Suiza.
- Vanistendael, S. & Lecomte, J. (2002). *La felicidad es posible*. Barcelona: Ed. Gedisa.
- Vanistendael, S. (2001). La resiliencia en lo cotidiano. In: Manciaux, M. (comp.) *La resiliencia: resistir y rehacerse*. Madrid: Gedisa.
- Vélez, A. & López, D. (2005). “Estrategias para vencer la deserción universitaria”. *Educación y Educadores*, 7, 177-202.

- Wagner, E. & Chapman, M. (1992). « Development of concern for Others ». *Developmental Psychology*, 28, 126-136.
- Wang, M. C., Haertel, G. D., & Walberg, H. J. (1990). What influences learning? A Content Analysis of Review Literature. *Journal of Education Research*, 84(1) : 30-43
- Wang, M.; Haertel, G.; Walberg, H.J. (1997). « *Fostering Educational Resilience in Inner-City Schools* ». Publication Series No. 4.
- Werner, E. & Smith, R. (1982). *Vulnerable, but Invincible: A Longitudinal Study of Resilient Children and Youth*. New York, McGraw-Hill.
- Werner, E.E. (1989). High-Risk Children in Young Adulthood: A Longitudinal Study from Birth to 32 Years. *American Journal of Orthopsychiatry*, 59 :72-81.
- Wolin, S. J. & Wolin, S. (1993). *The Resilient Self: How Survivors of Troubled Families Arise above Adversity*. New York: Villard Books. Cit. par Henderson & Milstein, op. cit.

L'HUMAIN DE LA TERRE AU CŒUR DE LA CRISE DE L'HUMANITÉ : UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE DE LA SANTÉ DE LA TERRE À PARTIR DE LA RELATIVITÉ COGNITIVE ET SYSTÉMIQUE

Author(s) / Auteur(s) :

Richard Vitrac

Ingénieur ENSERG

richard.vitrac@gmail.com

Abstract / Résumé :

Cette contribution est dans le prolongement de l'exposé fait au congrès de Bruxelles en 2018 dont le titre était "la place de l'Europe dans la crise de l'humanité". La première partie de cette contribution faite par Richard Vitrac donnait une représentation cognitive et systémique de l'être humain défini à partir de la relativité cognitive et systémique (RCS).

La contribution actuelle se propose de montrer en quoi la RCS entraîne un changement de paradigme dans la représentation de l'être humain qui a des conséquences au niveau de la santé du corps social comme au niveau de la santé du corps humain. Avant la RCS l'être humain était identifié à son corps soumis à la causalité temporelle. Après le RCS il est identifié à sa conscience qui "expérimente" et gère son corps de chair.

Cela correspond à la formule de Teilhard de Chardin disant : "Nous ne sommes pas des êtres humains (sous-entendu de chair) vivant une expérience spirituelle mais des êtres spirituels vivant une expérience humaine (sous-entendu de chair) !

Cette représentation nouvelle de l'humain justifie l'intuition de Teilhard de Chardin qui affirme que l'humanité est en train de passer du stade de la biosphère à celui de la noosphère où c'est la conscience qui est la racine de l'humain, ce n'est plus son corps.

La première partie met en évidence le fonctionnement de l'humain ancien (avant la RCS) soumis à la causalité temporelle. La deuxième partie montre comment la RCS met en évidence qu'effectivement la noosphère est déjà en train de naître dans les consciences. Cela modifiera radicalement la relation des humains avec l'idée qu'ils se font de Dieu ainsi qu'avec la nature, et en particulier avec la terre elle-même qui sera respectée, car l'homme saura qu'il est responsable du devenir de la maison terre.

Cela devrait permettre à l'humanité de sortir de la crise pour entrer dans la paix des consciences.

Keywords / Mots-clés :

crise, systémique, relativité cognitive et systémique, complexité, intrication, génétique, mémoire systémique, être humain

INTRODUCTION

La contribution est en deux parties. La première représente l'être humain "normal" qui est identifié à son corps et à ses sens qui viennent de son corps de chair soumis au temps. Majoritairement les scientifiques ont adhéré à cette représentation de l'humain "charnel" puisqu'ils ont postulé que tout dans l'univers est soumis à la causalité temporelle. Nous allons représenter cet humain charnel et montrer que son corps est effectivement soumis à la causalité temporelle mais non sa conscience et son esprit pensant. Dans cette première partie, nous donnerons une représentation systémique traditionnelle des interrelations entre les humains ou entre les humains et d'autres systèmes, animaux, plante, la terre, le système solaire.

Dans la deuxième partie nous donnerons une représentation de l'humain nouveau, celui qui prend en compte la présence de l'Observateur Relativiste présent en lui et Pilote de sa vie. Nous montrerons comment l'intrication systémique rend tous les êtres humains coresponsables du devenir de la terre.

La conclusion de cette contribution confortera l'intuition de Teilhard de Chardin affirmant que l'évolution de l'humanité la fait quitter le stade de la biosphère constituée des humains qui étaient

identifiés à leurs corps biologiques, pour entrer dans la noosphère où nous serons identifiés à nos consciences qui naissent de la Conscience Absolue de l'Être qui est notre racine d'être.

CHAPITRE 1.

LA REPRÉSENTATION DE L'HUMAIN ANCIEN "CHARNEL"

I.1. La représentation et le fonctionnement de l'humain "charnel"

I.1.1. Représentation de humain charnel, identifié à ses sens corporels

La figure 1 représente un être humain assis sur la terre. Il est à l'instant présent $t=0$ qui, dans le cas de la figure, correspond au zénith du soleil.

Il perçoit des corps avec son esprit identifié à ses 5 sens corporels. Comme la vitesse de transfert des signaux émis par les corps et perçus par l'humain n'est pas infinie, les corps perçus sont dans son passé.

S'il désire agir sur ces corps. Le résultat de son action qui a lieu à l'instant présent se situera dans le futur.

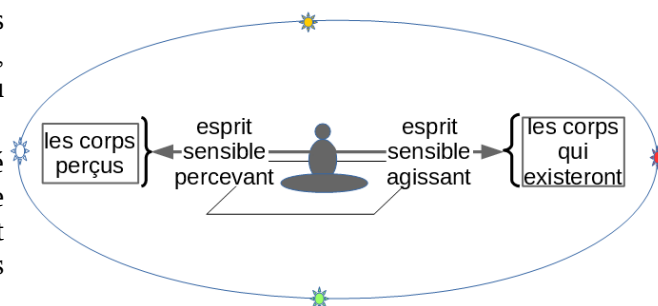


Figure 1 : les relations de l'esprit sensible, identifié au corps, Avec les corps de l'univers spatiotemporel, passé et futur

Nous avons représenté par des couleurs les "différents" soleil que l'humain perçoit au cours de la journée du fait de la circulation apparente du soleil autour de l'humain. C'est cette circulation qui impose son temps au corps de l'humain. Dans la figure 1, le soleil du lever du jour est "blanc". Au zénith il est "jaune". Le soir il est "rouge" et au nadir il est "vert."

I.1.2. Le fonctionnement temporel du corps

I.1.2.1. La mise en évidence de la causalité temporelle des corps

La biologie, en accord avec la connaissance empirique de l'acupuncture, met en évidence que le corps humain, comme les corps des animaux et des plantes, est sensible à l'influence du "temps qui passe". Le vieillissement des corps est la conséquence de l'influence des cycles des heures, des jours et des années. Les corps s'adaptent aux cycles temporels, ce qui leur permet de lutter contre ce vieillissement.

I.1.2.2. La représentation systémique de l'humain charnel

Naturellement, comme l'être humain représenté sur la figure 1, nous sommes identifiés à nos corps qui sont sur la terre. C'est-à-dire que nous ne faisons pas de différence entre notre corps physique et la conscience que nous en avons à chaque instant. Au Moyen Age nous croyons que la terre était plate et que notre corps naissait de la terre mère (génitrice) et du ciel père (géniteur). Après la révolution de Copernic et après la mise en évidence de la gravité par Newton nous savons que la terre est ronde et que notre corps est soumis à la gravitation. Cependant, la terre reste la mère et la mort de nos corps, donc notre mère et notre mort puisque, à ce stade d'évolution, nous sommes identifiés à nos corps. Puis Einstein a postulé que la gravité était contrebalancée par une mystérieuse force qui viendrait de la nature même du cosmos. Il y aurait donc deux constantes essentielles, celle de la gravité qui attire notre corps vers la terre et celle du cosmos (constante cosmologique) qui justifierait le tropisme ascensionnel des arbres et des humains.

Ce très bref rappel permet de comprendre la représentation traditionnelle de l'être humain, d'avant la relativité et la psychanalyse qui sont apparues ensemble en 1905. L'être humain pourrait être représenté par un ternaire corps charnel, âme affective et esprit libre du corps et pouvant aspirer à s'élever vers le ciel.

La systémique traditionnelle n'est pas en opposition avec cette représentation. Le corps humain serait une structure "ouverte", ou plus exactement gérée par son moi conscient et pensant. A partir des

mémoires qui sont stockées dans son inconscient le moi gère les flux entrants dans son corps et sortants de celui-ci.

1.1.2.3. La représentation systémique des interrelations entre les êtres humains charnels

Les êtres humains seraient en relation entre eux ainsi qu'avec d'autres systèmes, animaux, plantes, etc. La figure 2 représente les interrelations entre un être humain que je nomme A et un autre système qui peut être un humain, un animal, une plante, etc. que je nomme B. Cette figure met en évidence que l'être humain A ainsi que le système B avec qui A est en relation constituent un nouveau système qui, comme tous les systèmes, fonctionne d'une façon rétroactive. En effet les moi de A et B gèrent leur échange de flux d'une façon rétroactive.

Le moi de A ainsi que celui de B sont identifiés aux corps qu'ils gèrent qui, pour eux, sont situés entre la terre qui leur a donné naissance (et qui les absorbera au moment de leur mort corporelle) et le ciel qui les attire vers le haut par un tropisme ascensionnel. Les mutations du ciel, représentées par les modifications du soleil et de la lune au cours de la journée, du mois et de l'année, (fig 1), ainsi que les mutations de la terre (pluie, chaleur, vent, etc.) influent sur le fonctionnement de A et de B¹. Symboliquement, pour les êtres humains charnels, la terre est leur génitrice et le ciel est leur géniteur.

Cette représentation systémique de l'être humain de chair, aussi importante soit-elle, ne permet pas de donner une réponse satisfaisante au paradoxe de l'invariance de la vitesse de la lumière. Ce paradoxe ne peut être compris qu'à partir de la conscience et de la relativité cognitive et systémique (RCS).

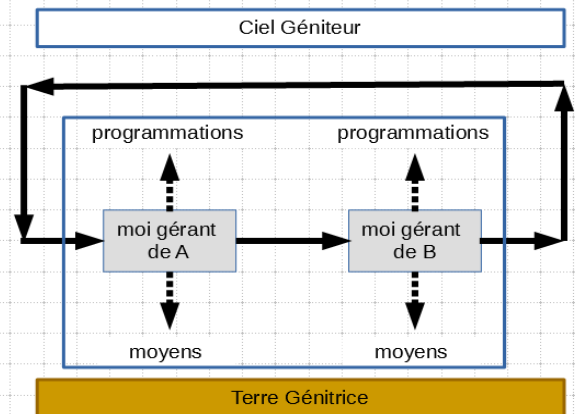


Figure 2 : A et B sont en interrelation et constituent un nouveau système.
A et B sont gérés par leur moi respectifs
Les flèches pleines représentent les flux entre A et B
Les flèches en pointillé représentent les buts et moyens de A et B

CHAPITRE 2.

LA REPRÉSENTATION DE L'HUMAIN IDENTIFIÉ À SA CONSCIENCE

2.1. Mise en évidence du fonctionnement inspatiotemporel de la conscience

Contrairement au corps, notre conscience n'est pas soumise au temps puisque nous avons conscience d'être le même, à chaque instant présent, alors que notre corps se transforme, et cela depuis notre naissance et jusqu'à notre mort. Ce fonctionnement de la conscience n'a pas été pris en compte par les scientifiques qui se présentent comme "réalistes".

Par contre certains scientifiques, dans la lignée de Louis de Broglie, ont considéré que la conscience était indispensable pour comprendre la mécanique quantique. C'est ainsi que la théorie de de Broglie-Bohm fait l'hypothèse que chaque objet faisant partie d'un système est associée à une onde pilote qui fonctionnerait comme la conscience humaine. Ce serait une proto-conscience qui permettrait aux

1 Le Yi King, le livre des mutations met bien en évidence cette relation masculin féminin qui existe dans l'inconscient humain pour caractériser le ciel et la terre. Le philosophe et scientifique allemand Leibniz (1646-1716) a entretenu de 1697 à 1703 une correspondance importante avec le jésuite français Joachim Bouvet (1656-1730) l'un des 5 « mathématiciens du Roi » envoyés en Chine par Louis XIV. Cela lui a permis de mettre en évidence l'importance mathématique du Yi King qui s'appuie sur les mutations du ciel et de la terre. De son côté le psychanalyste Jung a écrit, dans sa préface à la traduction du Yi King par Richard Wilhelm : « Tandis que l'esprit occidental trie, pèse, choisit, classe, isole avec soin, le tableau chinois du moment embrasse tout, jusqu'au détail le plus mince et le plus dépourvu de sens, parce que le moment observé est fait de tous les ingrédients. »

Aussi le geste simple qui consiste à interroger l'oracle du Yi King à l'aide de trois pièces de monnaie (ou de quarante-neuf baguettes d'achillée selon la tradition) fait partie du moment observé, et de ce fait répond à l'interrogation par une coïncidence toute chargée de sens. Ici on entre dans le domaine de la **synchronicité**, concept qui s'oppose au strict point de vue causal... Avec la **synchronicité** nous entrons dans le domaine de la systémique !

objets de "savoir" ce qu'ils doivent faire... Ce serait donc elle qui serait à l'origine de la vie. Ce serait elle qui permettrait de comprendre les paradoxes temporels de la mécanique quantique.

La RCS est dans la lignée de ces penseurs non-réalistes

Dans le cas de l'être humain de la figure 1, ce serait sa conscience qui lui permettrait de savoir que les soleils du matin, du zénith, du couchant et du nadir, correspondent aux mutations d'un même soleil qui aurait une identité intemporelle ou éternelle.

Cela pose la question de la définition de l'identité inspatiotemporelle d'un être que nous percevons par nos sens. C'est ce que nous allons voir maintenant.

2.2. Définition de l'être humain "conscient"

Pour que l'exposé soit facilement partageable, l'être humain A s'exprime à la première personne en disant : Moi A je suis physiquement le même que le charnel représenté par la figure 1. Par contre j'ai une pleine conscience que c'est le même soleil que je perçois à toutes les heures du jour. Cette conscience met fin à mon fonctionnement machinal où j'étais inconsciemment soumis au temps qui passe. Ce fonctionnement "cognitif", me permet de comprendre intellectuellement que le soleil a une identité absolue, ou réelle, qui ne dépend pas de mes perceptions sensibles. Je comprends aussi que l'identité du soleil ne peut pas être définie indépendamment de moi, l'humain qui l'observe et qui le nomme.

Je peux exprimer l'identité relationnelle du soleil par : "moi A, j'ai conscience que le soleil existe". Cette formulation fait apparaître ma conscience comme étant "ce" qui me relie à chaque instant, en tant que conscience gérante de mon corps, à la conscience du gérant d'un autre système qui peut être un humain, une plante, le soleil, etc.

Plus profondément j'ai conscience que l'essence du soleil est son l'existence qui ne dépend ni du temps ni de l'espace. Je peux dire que l'essence du soleil est inspatiotemporelle. C'est-à-dire qu'à un niveau profond ce sont nos essences, à moi et au soleil, qui sont reliés hors du temps et de l'espace d'une façon inspatiotemporelle.

Ceci est vrai pour tous les systèmes de l'univers. Ce que j'exprime en disant : "l'essence de tous les êtres est leur Existence". Donc je peux exprimer mon essence en disant "Moi, j'ai Conscience d'Exister". Je formule cette Conscience Absolue d'Être par JeSuis (en un seul mot et avec des majuscules).

JeSuis est donc la source absolue et mystérieuse de ma conscience d'être un être humain nommé A. Cette Conscience d'Être peut être comprise intellectuellement mais elle ne peut être vécue que lorsque moi A j'entre dans un état de non-pensée absolue que les mystiques de toutes les religions connaissent. Les bouddhistes et les chrétiens² donnent le nom de vacuité à cet état de conscience.

Dans cet état de vacuité j'ai une Conscience Absolue d'Être qui s'exprime au plus profond de ma conscience en disant "JeSuis, J'Existe".

Simultanément, au plus profond de ma conscience, j'ai conscience du Non-Être, le Néant cognitif qui est la vacuité. J'ai alors conscience d'être un individu, une Conscience Absolue d'Être Moi située entre JeSuis et le Néant. Symboliquement Moi Je Suis enfant de JeSuis et du Néant qui constituent le couple des géniteurs de ma Conscience Absolue d'être Moi, éternellement à l'instant présent.

Mon Moi Absolu est donc défini par : "Moi Je Suis entre l'Être et le Non-Être que je relie" ; ou :

"Moi JeSuis l'Être et le Non-Être de A".

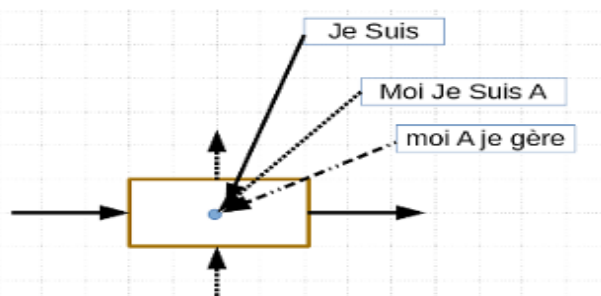


Figure 3 : L'être humain conscient
JeSuis le Pilote universel
"Moi Je Suis" A le pilote individuel du corps de A
"moi je suis" le gérant du corps de A

2 Confer les enseignements de maître Eckhart.

Ce Moi Absolu n'est pas le gérant de mon corps. Il en est le pilote qui, à chaque instant, lui donne la vie ou qui peut mettre fin à celle-ci.

Le gérant de mon corps physique est ma conscience d'être moi, un être humain nommé A.

Mon moi gère mon corps physique en étant en relation de conscience avec d'autres êtres ou systèmes de l'univers.

Mon moi est donc la conséquence de l'identité éternelle de mon Moi qui naît de JeSuis et du Néant.

Par définition un tel être humain qui définit son identité par sa conscience et non par son corps est un être "conscient".

La figure 3 représente un être humain "conscient".

2.3. La transcendance du Pilote et du Moi

JeSuis est donc la Conscience du Pilote Universel présent au cœur de tous les systèmes de l'univers. JeSuis transcende leur identité physique. Symboliquement JeSuis est le Géniteur ou Père des Consciences des Moi des pilotes de tous les systèmes de l'univers qui, tous, gèrent leurs corps, et leurs relations avec d'autres systèmes, par leur moi analogue à la personne humaine.

Dans chaque système, la RCS met en évidence que le "Moi JeSuis l'Être et le non-Être" est l'Observateur Relativiste (OR) qui est émetteur et récepteur d'une (onde de) conscience qui correspond à l'onde pilote de la théorie de De Broglie – Bohm. Cette onde de conscience relie d'une façon inspatiotemporelle les consciences des pilotes de tous les systèmes de l'univers. Donc tous les pilotes des systèmes de l'univers constituent un réseau qui, à chaque instant, transcende les relations entre les corps des systèmes. Ce serait ce réseau intemporel qui permettrait la vie spatiotemporelle de l'univers.

JeSuis, le Pilote Universel mis en évidence par la RCS, est créateur de la conscience du Moi éternel de chaque système par l'intermédiaire de "JeSuis l'Être et le Non-Être" qui est sa Parole, son Verbe créateur. C'est l'Esprit du Verbe qui crée le Moi de chaque être ou système. Il est donc possible de rapprocher le ternaire "JeSuis, le Verbe, l'Esprit du Verbe" du Dieu trinitaire de la religion chrétienne.

Enfin, nous avons déjà signalé que le Néant, Génitrice des Consciences des Moi des pilotes de tous les systèmes, correspond à la vacuité du bouddhisme.

Ces réflexions cognitives ont des conséquences sociales importantes.

2.4. Conséquence sociale de cette définition systémique de la conscience

La définition systémique des consciences comme étant "ce" qui relie les gérants des systèmes entre eux, ET qui relie les pilotes des systèmes entre eux, est une formulation anthropomorphique. Elle présente l'énorme avantage de rapprocher les religions monothéistes occidentales, et en particulier la religion chrétienne, et toutes les composantes mystiques des religions, en particulier le bouddhisme oriental. Cela peut donc être un facteur de paix essentiel au niveau de la planète.

En effet, la religion chrétienne postule l'existence de Dieu au cœur des consciences de tous les êtres humains comme l'exprime le texte du concile Vatican II³ donné en pj. Cette formulation est conforme au fait que Dieu peut être identifié avec le Pilote Universel qui est la Conscience d'Être, Père de toutes les consciences.

De son côté, le bouddhisme postule que les corps sont soumis à l'impermanence qui est la causalité temporelle. Pour le bouddhisme tous les corps naissent à l'instant présent de la vacuité par la relation de conscience entre les gérants des systèmes de l'univers. Mais les bouddhistes ignorent l'existence du Pilote Universel JeSuis en nous comme au cœur de tous les systèmes. C'est ce que la relativité

3 Cf le texte du concile Vatican 2. "Au fond de sa conscience, l'homme découvre la présence d'une loi qu'il ne s'est pas donnée lui-même, mais à laquelle il est tenu d'obéir. Cette voix, qui ne cesse de la presser d'aimer et d'accomplir le bien et d'éviter le mal, au moment opportun résonne dans l'intimité de son cœur : « fais ceci, évite cela ». Car c'est une loi inscrite par Dieu au cœur de l'homme, sa dignité est de lui obéir, et c'est elle qu'il le jugera. La conscience est le centre le plus secret de l'homme, le sanctuaire où il est seul avec Dieu et où sa voix se fait entendre".

cognitive et systémique (RCS) vient corriger en montrant que le Pilote Universel est l'Observateur Relativiste.

Dans ces conditions il est possible de rapprocher le Christ éternel et non-né du Bouddha qui serait l'aboutissement du chemin d'éveil de la conscience de la personne humaine, gérante de son corps physique.

Le Moi, enfant de JeSuis Père et du Néant Mère, serait le Christ éternel et non né révélé par Jésus. Il se manifesterait en tant que la personne humaine, le moi de la psychologie, gérante du corps.

Le Bouddha serait l'aboutissement du chemin de libération de la conscience du moi, la personne humaine lorsqu'elle s'est libérée de tous ses affects perturbateurs. L'hindouisme le nomme le Soi. Or le dernier affect qui nous perturbe tous est l'identification inconsciente de notre esprit pensant à la causalité temporelle. Or nous avons montré que notre conscience qui naît de la Conscience d'Être et du Non-Être est éternellement libre du temps. Le Bouddha Primordial, racine de tous les Bouddha, est donc le Christ éternel et non né. Il peut naître aujourd'hui, à l'aube du III^e millénaire.

Je précise que les deux religions chrétienne et bouddhiste n'ont pas le monopole de l'introspection mystique. Toutes les religions, même si elles l'ignorent, essayent de codifier ce qu'elles ont compris de la conscience. Toutes essayent de formuler leurs compréhensions par des dogmes.

Nous constatons donc que la RCS permet de rapprocher dans un savoir commun la science profane de toutes les spiritualités.

Elle peut donc contribuer à rapprocher tous les êtres humains dans une même connaissance de la conscience qui transcende notre vision purement sensible de notre environnement. C'est l'évolution de l'humanité qu'avait envisagé Teilhard de Chardin lorsqu'il dit que nous passons de la biosphère, celle des humains identifiés à leurs corps biologiques, à la noosphère, celle des humains identifiés à leurs consciences et à leurs esprits.

2.5. La représentation systémique du fonctionnement d'un être humain "conscient"

Nous pouvons maintenant représenter le fonctionnement relationnel de deux êtres humains A et B conscients l'un et l'autre, ou d'un être A avec un système B qui peut être extérieur à son corps (animal, plante, étoile, etc.) ou intérieur à son corps (organe, cellule, atome, etc.).

La figure 4 montre deux consciences d'êtres humains A et B qui échangent des informations sensibles par leurs sens (flèches pleines). Ces informations sont gérées par leur moi (Cf fig 2). Elles ne sont possibles que parce que A et B sont intriqués (flèches en pointillé) au niveau de leurs Moi.

L'intrication s'effectue au niveau des Moi, les

Consciences pilotes de A et B, qui ont conscience l'une et l'autre de naître de JeSuis à l'instant présent. Cela crée un réseau de systèmes A, B, C, etc. qui constituent une classe d'êtres qui est définie par nos Moi qui parlent en nous en disant : "Moi A JeSuis l'Être et le Non Être du pilote de A". L'exemple le plus évident de classe d'êtres fonctionnant en réseau est celui des êtres humains de la terre. Les animaux et les plantes fonctionnent eux aussi en réseau.

La classe des humains est définie par l'Homme archétypal qui est la conscience inspatiotemporelle du Moi naissant du Verbe ("JeSuis la Conscience d'Être et de Non-Être") habitant un corps physique soumis au temps. Ce dernier étant géré par le moi, la personne humaine.

Les humains A, B, C, du réseau (la classe) des êtres humains du passé, du présent et du futur, peuvent se regrouper pour former des systèmes qui sont gérés et pilotés. Ces systèmes ont donc un gérant et une loi. Leur identité est définie de la façon suivante : Ils (les membres de ces systèmes) reconnaissent

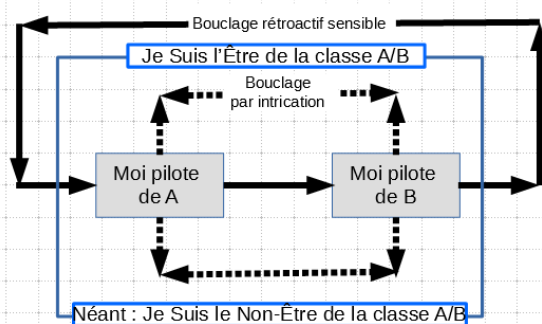


Figure 4 : A et B sont reliés par intrication intemporelle car A et B ont le même but - flèches en pointillé. Cela définit une classe d'êtres. C'est l'intrication qui permet la relation sensible des flux entre A et B (flèches pleines)

que leurs Moi naissent du Pilote universel (JeSuis, le Verbe, l'Esprit du Verbe). C'est le cas des familles humaines lorsqu'elles se définissent par leur soumission au Pilote Universel.

Les membres d'une même classe se reconnaissent et peuvent avoir des échanges.

La Conscience du Moi est exclusive. C'est-à-dire que le Néant est le fondement de toutes les classes de conscience des êtres. La mort de la conscience correspond à une disparition pure et simple de la conscience.

En même temps, les classes des consciences des (Moi des) êtres humains sont inclusives. C'est-à-dire que A peut appartenir à une famille de sang par ses parents et à une communauté particulière, qui est sa famille spirituelle (dans le sens de communauté d'esprit) qui appartient à l'humanité de la terre. Sa conscience (celle de son Moi) peut aussi appartenir à une conscience cosmique, celle du système solaire, puis celle de la galaxie et enfin celle de l'univers.

Cette inclusion des classes permet de comprendre que tous les êtres de l'univers constitue une classe universelle. Tous les êtres de l'univers se reconnaissent et peuvent s'unir pour agir ensemble car ils sont tous constitués par le même composant de base qui est le vion, analogue au bit de l'informatique⁴.

Nous commençons seulement à prendre conscience de cette interdépendance de tous les êtres qui a été mise en évidence dans le cas des arbres par Peter Wohlleben⁵

2.6. la naissance de l'humanité nouvelle du III^e millénaire

L'être humain de la terre peut être considéré comme étant l'aboutissement provisoire de l'évolution de la terre.

Cette évolution qui a duré 4 milliards d'années s'est manifestée dès le début de l'univers il y a 13,7 milliards d'années, par des regroupements de vions en systèmes de plus en plus complexes. Cette évolution étant pilotée par le Pilote ternaire [JeSuis, le Verbe, l'Esprit du Verbe] qui serait présent au cœur de tout système en tant que fondement du Moi du pilote du système considéré. Ce Moi étant l'OR mis en évidence par la relativité d'Einstein, puis par la RCS.

La compréhension de la RCS comme fondement possible de la science systémique de l'esprit et de la conscience, permet de comprendre que le stade actuel de l'évolution est celui de la naissance de la noosphère annoncée par Teilhard de Chardin.

Nous assistons à la naissance de l'humanité dans laquelle les états, aussi puissants soient-ils, ne peuvent plus agir d'une façon solitaire. Les USA, l'Europe, la Russie, la Chine, l'Inde, l'Amérique du sud, l'Afrique, l'Australie, ont des échanges économiques sous-tendus par l'informatique.

En même temps les religions ne peuvent plus régner sur des territoires à elles car les peuples sont mélangés.

Nous assistons donc à l'émergence d'un ordre mondial. Nous n'en sommes pas encore à un gouvernement mondial mais nous nous dirigeons peut être vers une gestion fédérée de la terre comme se sont dotés les états unis d'Amérique.

En même temps les religions traditionnelles qui sont nées au cours du I^{er} millénaire, ou même avant pour l'hindouisme, le bouddhisme, le taoïsme et le chamanisme, doivent apprendre à cohabiter. Là encore nous n'en sommes pas encore à une religion mondiale de l'Homme Conscient, mais des signes très positifs de dialogues interreligieux sont visibles.

C'est-à-dire qu'au plan économique, politique ou religieux, l'être humain en tant que tel, et non plus en tant que membre d'une communauté particulière, fait son apparition. Il n'a pas encore d'identité reconnue mais il est déjà là.

L'intérêt de la systémique cognitive qui s'appuie sur la RCS est de pouvoir définir cet être humain "nouveau" qui est une conscience habitant et gérant un corps et non plus un corps pensant.

Sur le plan religieux, nous avons déjà signalé que le concile Vatican 2 a défini Dieu par sa présence dans la conscience humaine. Il est nécessaire de faire un pas de plus et de définir l'être humain par sa conscience. Dieu devenant sa Conscience Primordiale d'Être.

4 Cf : la relativité cognitive et systémique – définition du vion

5 La vie secrète des arbres par Peter Wohlleben – éditions Les Arènes

A ce moment-là, la science des systèmes cognitifs deviendra la nouvelle science qui prendra la suite de la science "réaliste" des objets.

CONCLUSION

La crise actuelle que traverse l'humanité doit être considérée comme étant un changement radical de paradigme qui concerne tous les domaines des activités humaines, aussi bien scientifiques que philosophiques ou religieux.

C'est véritablement une nouvelle humanité qui est en train de naître. Nous tous, hommes et femme de la terre, nous sommes concernés par cette naissance puisque notre corps est la génitrice de notre nouvelle conscience d'être humain, notre père étant JeSuis, la Conscience Absolue d'Être qui est au cœur de notre conscience et au cœur de tous les composants de notre corps physique.

L'"enfant" qui naît est notre nouvelle conscience, libre du temps et de l'espace, et pourtant totalement responsables individuellement et collectivement du devenir de la terre et du cosmos.

Cette naissance de "l'enfant nouveau" qui devient membre de l'univers peut être considérée comme étant la véritable guérison de l'être humain.

BIBLIOGRAPHIE

BOHM, David (1989). *La Plénitude de l'univers*. [« Wholeness and the Implicate Order »]. Éditions du Rocher.

BOHM, David & KRISHNAMURTI, Jiddu (1989). *Le temps aboli : Dialogues*. [« The Ending of Time »]. Éditions du Rocher, 1989.

BOHM, David & PEAT, David (1990). *La Conscience et l'Univers*. [« Science, Order, and Creativity »]. Éditions du Rocher.

BOHM, David (1997). *Pour une révolution de la conscience* [« Changing Consciousness: Exploring the Hidden Source of the Social, Political and Environmental Crises Facing our World »], Éditions du Rocher.

BROGLIE, Louis (de). *Annales de la fondation Louis de Broglie*.

CHARON, Jean (1977). *Théorie de la relativité complexe*. Albin Michel.

Concile Vatican 2 (Gaudium et Spes, n°16).

EBO, Romuald. *Expérience spirituelle et conscience chez John Henry Newman*. Editions Saint Leger.

TEILHARD DE CHARDIN, Pierre. *Le phénomène humain*. L'avenir de l'Homme ; La place de l'Homme dans l'univers.

VITRAC, Richard (2011). "Interprétation systémique du paradoxe de la lumière". *Acta Europæana Systemica* (AES), n°1.

VITRAC, Richard (2017). "La théorie de la relativité cognitive". *Acta Europæana Systemica* (AES), n°7.

VITRAC, Richard (2019). *L'école de la conscience*. The bookEdition.

VITRAC, Richard (2018). "La démonstration systémique des formules de Lorentz". *Acta Europæana Systemica* (AES), n°8.

LUYCKX-GHISI, Marc, VITRAC, Maxime, VITRAC, Richard (2018). "L'Europe au cœur de la crise de l'humanité : Une approche systémique de la santé de l'Europe à partir de la relativité cognitive et systémique". *Acta Europæana Systemica* (AES), n°8.

VITRAC, Richard (2017). *Mon nom est Je Suis*. Edilivre.

VITRAC, Richard (2016). *Le grand architecte de l'univers : Réponse à Stephen Hawking*. Editions EUE.

THE PUBLIC ADMINISTRATION IN FRONT OF CURRENT CHALLENGES IN GREECE AND EUROPE

Author(s) / Auteur(s) :

Georgia CHRONOPOULOU
PhD Candidate at Panteion Uni of Athens,
Political and Social Dept
gchr123@gmail.com

Abstract / Résumé :

Reforms in EU member states as well in Greek public sector are based upon the Refit system. Main purpose is the “catharsis” of Greek public sector in order to reduce the deficiency of General Government according to the MO’s programs. That caused redundancy, mobility, availability of the public servants. The main purpose is to regulate the state upon principles appropriate to the agreed objectives of Lisbon treaty that must be flexible. This kind of flexicurity is based on a highly competitive social market economy via the precarity system in order to diminish the economic crisis.

Keywords / Mots-clés :

public sector, civil servants, employment, precarity job system

INTRODUCTION

The topic into question is to analyze the reforms taken by the assessment of political decisions concerning the Greek economic crisis. The results of the reforms caused changes in the public sector for the period of years 2008-2018 aimed at the modernization of the Greek public administration. The state's reduction took place in the years 2009-2015 realizing the MO's programs. These institutional programs imposed apart of monetary sanctions the redundancy, the reserve, the availability and the mobility of civil servants to follow a new “Cartesian model” to the resolution. The last three years the roll-out of the state had led to the publication of a series of institutional notices in order to fill vacant posts. The vacancies aim to function properly the public administration of the State. It is obvious that the description of the work object according to a series of fixed-term contracts to an indefinite period to end up into prosperity. The same opinion is expressed to the barometric statistics of EU (2013) that “a slight improvement, a very large majority of Europeans remain negative about the employment situation in their country. The difficult situation of high level of unemployment is increasing in EU. The economic crisis plus the increasing of immigration flow started in autumn 2013-15: the 74% of European citizens think that the situation is “bad”. The agenda of EU is to regulate economic and social policies according the European and national level that are complementary and reinforcing mutually. Till today (2019) although the inflation is appeared to be reduced, the economic situation of EU' state members is considered to remain without resolution. The case of Greece, state member of the EU.

HISTORICAL POINTS

Historically the public administration of Greece relies on the Athenian rule concerning the state function “ergon” that means “the “work” in the public domain or the “res publica” in the roman’s period. The modern public service is changed. It is necessary to assimilate to the contemporary demands, new forms of recruitment especially the “**precarity** employment” according to the article of Maastricht and Lisbon Treaty. This employment model is a mean to tackle the economic crisis as a kind of labor reinforcement into “precariousness”. It is an employment system well known since the Marx’s era, that is became the antidote to a rising unemployment system that income inequalities,

vulnerability, sustainability and resilience capacity were able to “confront” any kind of crises. The incorporation of political acts into administrative law requires institutional consensus seeking to reduce bureaucratic costs in a democratic context (REFIT) COMMISSION DECISION of 19.5.2015 establishing the REFIT Platform Strasbourg, 19.5.2015 C (2015) 3261 final, in order to Communication Better Regulation for Better Results —An EU Agenda.

THE MODERNIZATION OF PUBLIC ADMINISTRATION: THE REFIT SYSTEM

The implementation of political decisions influences the economic situation state and its welfare system. To tackle and manage challenges are aiming to reduce crises problems by using private initiatives into public administration. Public culture evaluates initiatives with or without the general and comparative interest. The modernization and strengthening of administrative acts is that the public administration manages many risks to the future of society. This possibility provided by reforming administration as well to meet the challenges of the economic crisis. The globalization and the international situation are aiming at the implementation of European directives through the Parliament's Institutional Harmonization Office to evaluate, distribute the results of the European (Decisions-Guidelines-Regulations). The question is “if the action of evaluation is implied in the political action and the degree of the European effect”.

THE “ELITE” CONTRIBUTION: THE PUBLIC SERVANTS- THE EVALUATION SYSTEM

The famous “*pacta sunt servanda*” is subjected to crisis reduction (socio-economic) by modernizing the public administration as well the system of refolding the state. The constitutional safeguarding of these decisions is in line with the provisions of paragraph 3 of Article 28 of the Greek Constitution. According to Jacques Chevalier the public administration defines the political act in the context of “normative common sense deriving from the administrative framework” (1993: 15). The Greek public administration moves in a democratic context, respecting the human rights, the citizen and the society as well. Its immediate transformation into a policy instrument or decisions are taken into consideration the common policy of EU that concerns the third stage for the future of Europe (i.e. solidarity, subsidiarity, social and territorial cohesion art.3), which will be discussed as it is described below. The ambitious goal of EU is to “sustain development based on competitive social market economy”. For over a decade this mechanism has not been implemented efficiently because of the lack of strategy on behalf of EU.

The *evaluation of the public sector via civil servants* of Greece (l. 4440/2016) seeks a threefold approach to confront vulnerability. The result is not well expected due to the fact that plasmatic opinion by the rated highly recommended is not identified with the inputs and outputs of work progress in the public sector. Any kind of crises are resolved with crises not only social but by all means of the side of the state. It is the way to tackle with «the social values or the willingness to transform the Public Administration into better situation» (XIXs). It is too far to modernize or to spoil the Greek administrative system under the merit mechanism according to the sayings of the American President Wilson (1887). “*The relation between the Public Administration and public servants* is expressed by the philosopher *Jeremy Bentham's* definition concerning *the public servant's corpus* that expresses the qualities of a civil servants which are far from” an individual person. The “official institution” does not function and comprehend the conception of why Bentham calls that the public official must be distinguished. He attributes to that three characteristics of the “elite body”: “*morality, ability* that consistent with the *spiritual ability* and *effectiveness*”. There is lack of the average level of the last three points concerning the body of civil servants’ where the customer-centricity spoils the meritocracy system.

CONCLUSION

As far as it concerns the recruitment of the Greek public administration, permanent or seasonal, the functioning of the public administration is made up of employees who are distinguished by the zeal of “industrialism” according to the utilitarian principle. This relationship determines citizen-state relationships as J. Bentham's beliefs that civil servant is the body of the administration, able to proceed “*en aval ou en amont du recrutement des fonctionnaires*”. In the recruitment process, J. Bentham goes further on the selection process, information provision, *transparency* and *ethics* for which a *prospective civil servant* must be distinguished. It is a qualification ability to restrain and to prevent candidate without the necessary qualities for the body of civil servants. «Inadequate» person, upon the philosopher's opinion, is based on the corruption of bureaucratic system which must be dispatched far from a competent civil servant with distinguished ability, to manage the work with according to the principle of maximin control capacity. By this way the map of government is going to fulfill the Refit's regulation that is to harmonize the administration system of members state of EU.

BIBLIOGRAPHY

- Céline Belot, Paul Magnette, Sabine Saurugger (2008) Edition ECONOMICA Collection d Etudes Politiques, Science politique de l'Union européenne
- Chevalier, J., « La politique française de modernisation administrative », *L'Etat de droit, Mélanges* (...) [...](#)
- Chevalier, Jacques, (1993) « Les fonctionnaires et la modernisation administrative », *Revue*
- Françoise Dreyfus Jean –Michel Eymeri (2006) Edition ECONOMICA Collection d Etudes Politiques 2006, Science politique de l'administration (une approche comparative)
- Herrman Peter, Kalaciogly Sibel (2011), Ed. Vol. XVI “Precarity - More Than a Challenge of Social Security: Or: Cynicism of EU's”.
- P. BEZÈS, (1962-2008) *Ré-inventer l'Etat. Les réformes de l'administration française*, Paris, PUF,
- ROUBAN, L. (2000) “*Les cadres supérieurs de la fonction publique et la politique de modernisation administrative*”
- Spanou Kalliopi (2000), « Administration, Citizen and Democracy », Athènes
- Strasbourg, 19.5.2015 C (2015) 3261 final COMMISSION DECISION, establishing the REFIT Platform
- The Treaty of Lisbon (2007)

