

Internet des objets en contexte d'urbanisme de réparation: Enjeux technologiques et sociétaux pour une gestion urbaine durable à Cotonou

[Internet of Things in the context of urban planning for repair: Technological and societal challenges for sustainable urban management in Cotonou]

Hubert Frédéric Gbaguidi

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey, Abomey, Bénin

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The complexity of urban challenges undermines the governance practices in force in cities that have experienced anarchy in the development of the territory and networks. Based on this observation, organizational and technological innovation have made it possible to develop innovative solutions for the production of networked urban services. Based on the Internet of Things, the construction and management of a smart city is based on the combination of territorial intelligence, heritage intelligence and scientific and technological intelligence. The analysis of these different elements of the urban stakes management system shows the importance of the reforms in the sharing of urban information but also, the need for precautions for the security of networked data and physical equipment. that feed the networks.

KEYWORDS: Smart city, territorial intelligence, repair urban planning, urban governance, heritage intelligence.

RESUME: La complexité des défis urbains met en mal les pratiques de gouvernance en vigueur dans les villes ayant connu une anarchie dans le développement du territoire et des réseaux. Partant de ce constat, l'innovation organisationnelle et technologique ont permis de mettre au point des solutions innovantes de production des services urbains en réseau. Basée sur l'internet des objets, la construction et la gestion d'une ville intelligente repose sur la conjonction de l'intelligence territoriale, de l'intelligence patrimoniale et de l'intelligence scientifique et technologique. L'analyse de ces différents éléments du système de pilotage des enjeux urbains fait montre de l'importante des réformes dans le partage de l'information urbaine mais aussi, de la nécessité de précautions pour la sécurisation des données mis en réseau et des équipements physiques qui alimentent les réseaux.

MOTS-CLEFS: Ville intelligente, intelligence territoriale, urbanisme de réparation, gouvernance urbaine, intelligence patrimoniale.

1 INTRODUCTION

Le fait urbain est une évidence inévitable depuis qu'au début des années 2000, l'ONU a fait le constat que la moitié de l'humanité vit en ville [1, p. 1]. Dans les pays du tiers monde en général et au Bénin en particulier, cette mutation de l'espace s'est opérée dans un contexte de planification limitée [2, p. 393]. Ainsi, le mode mono centrique des villes a engendré un étalement urbain, créant de ce fait, une ville à l'infini. En fait, la population ne cesse d'augmenter dans les agglomérations urbaines alors que le défaut d'anticipation et de planification ne favorise pas le redimensionnement des infrastructures et donc

l'agrandissement des voies urbaines. Il s'en suit donc une congestion fréquente de la circulation. La croissance rapide des villes s'est donc accompagnée de mécanismes mettant en mal les équilibres sociaux et territoriaux [3, p. 254].

Fournir les services urbains dans ces conditions devient alors aléatoire, inopérant et problématique. Dès lors, le recours fréquent à la réparation de l'urbanisme s'offre comme la seule alternative pour l'aménagement et la gestion du territoire. Cette pratique consiste à faire le remembrement des zones occupées en y développant à la demande, les différents réseaux urbains dont la voirie. Mais la limite d'une telle approche selon Breux et Diaz [4, p. 25] tient du fait que la complexité urbaine contrecarre « *toute tentative d'une seule gestion scientifique des problèmes auxquels font face les municipalités, en raison notamment des effets secondaires inattendus* ». La gouvernance urbaine dans un tel contexte découle d'un mix des ingrédients nécessaires pour gérer la complexité des défis actuels et à venir. Comme approche, Bernard Francq propose alors la mise en avant des enjeux dans « *un contexte d'interdépendance des questions urbaines et sociales* » [2] afin de moderniser les mécanismes éprouvés de pilotage de l'action publique. Berezowska-Azzag [5, p. 55] renforce cette proposition en assimilant l'écosystème urbain à un organisme vivant « *doté d'une intelligence* ». Pour Girardot [6, p. 3], l'intelligence territoriale est « *l'ensemble des connaissances pluridisciplinaires qui, d'une part, contribuent à la compréhension des structures et des dynamiques des territoires, et de l'autre, ambitionne d'être un instrument au service des acteurs du développement territorial durable* ». L'innovation institutionnelle et technologique est alors une piste intéressante à même de fédérer les différentes ressources indispensables à l'optimisation de la gouvernance à travers une instrumentation basée sur le croisement d'une multitude de données dont les sources sont à la fois convergentes et divergentes.

De ce point de vue et sans tomber dans les travers de la simplification, l'opportunité d'une conjonction des dynamiques du territoire et du numérique semble évidente. Mais le préalable à cette innovation réside dans la nécessaire précaution de saisir la complexité des interactions entre urbanisme et internet des objets [7, p. 9]. Les villes intelligentes issues de cette innovation sont selon Sophie Méritet, « *des villes modernes et connectées qui permettent de mettre en œuvre des infrastructures communicantes et durables pour améliorer le confort des citoyens tout en étant plus efficaces et en respectant l'environnement* » [8, p. 26].

La lecture de la définition de Méritet fait ressortir une mise en relation des infrastructures, des acteurs, des informations et d'un réseau de communication. Dès lors, la rationalisation des ressources et de l'espace ainsi que la capacité des différents services de l'administration publique à communiquer et travailler avec les autres services conditionnent le développement des villes intelligentes.

Pour appréhender les différentes facettes de cette innovation, la présente contribution se propose d'analyser les différents contours technologiques, institutionnels et sociétaux de l'internet des objets (IdO), de faire ressortir les contraintes qui s'y attachent et partant d'explorer les pistes pour une durabilité du service public de la gestion de la voirie urbaine dans un contexte d'urbanisme de réparation.

2 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

Pour discuter de cette problématique, trois lignes argumentatives permettent de construire cet article. Dans un premier temps, il est émis l'hypothèse selon laquelle les défis urbains sont de plus en plus complexes dans le contexte d'urbanisme de réparation. En second lieu, le contexte technologique et technique du développement de l'internet des objets mérite une adaptation aux réalités locales et enfin la connaissance des implications institutionnelles et sociétales permettra une gestion urbaine plus efficace.

Pour tester ces hypothèses, la démarche adoptée est une association de la recherche documentaire et de l'observation directe et/ou participante. Elle a consisté à appeler la littérature existante afin de cerner d'une part, les contours des défis urbains en contexte d'urbanisme de réparation et d'autre part, de comprendre la problématique de l'internet des objets (IdO) (encore appelé Internet of Things (IoT) en anglais) à travers les conditions de leur apparition ainsi que les tendances de leur expansion. Elle a ensuite permis de parcourir un échantillon de réseaux urbains dans la ville de Cotonou afin de se rendre compte de leur mode de gouvernance.

Le dépouillement des résultats obtenus s'est opéré grâce à une classification selon les centres d'intérêt et avec des logiciels de traitement de texte ainsi que les tableurs.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 DÉFIS URBAINS ET INTELLIGENCE URBAINE

Les carences et dysfonctionnement dans la répartition, la gestion et le fonctionnement des infrastructures et services de base (eau, assainissement, transport, déchets, éclairage public, gaz, électricité, voirie...) caractérisent la vie quotidienne des habitants de Cotonou [2, p. 506]. Elles se manifestent sous plusieurs aspects récapitulés par Appril [9, p. 92] comme suit:

- Insuffisances techniques des réseaux,
- Inadaptation de leur dimensionnement ou de leur conception a la croissance spatiale des agglomérations,
- Au nombre de consommateurs,
- Défaut d'entretien et vétusté et, surtout,
- Inégalités criantes de la desserte entre fractions de la ville (quartiers riches et pauvres, réguliers et irréguliers).

La multiplicité des enjeux urbains ainsi identifiés appelle à une intelligence dans l'action publique. Berezowska-Azzag [5, p. 57], distingue trois (03) domaines en interaction dans le management des enjeux urbains:

- L'intelligence territoriale,
- L'intelligence patrimoniale
- L'intelligence scientifique et technologique qui a pour socle l'innovation.

L'intelligence territoriale illustre les performances organisationnelles, et prend pour principal objet le développement durable et équitable de la collectivité territoriale [10, p. 98]. Il met en avant selon Girardot [6, p. 2], trois (03) principes: « *la participation, l'approche globale et équilibrée des territoires et le partenariat* ».

L'intelligence patrimoniale est basée sur le champ éthique et donc les valeurs alors que Flamand [11, p. 121] postule que l'intelligence technologique s'apparente à « *une capacité organisationnelle ... et non comme un outil ou un dispositif qui ne serait mobilisé que sporadiquement* ». Elle repose donc sur le socle de l'innovation et « *permet d'identifier et d'exploiter les opportunités résultant des changements techniques et scientifiques ainsi que d'identifier et répondre aux menaces de tels changements* » [12, p. 16].

La résultante issue de la mise en tension de ces différentes intelligences dégage l'interface du management urbain comme l'illustre la figure ci-après.

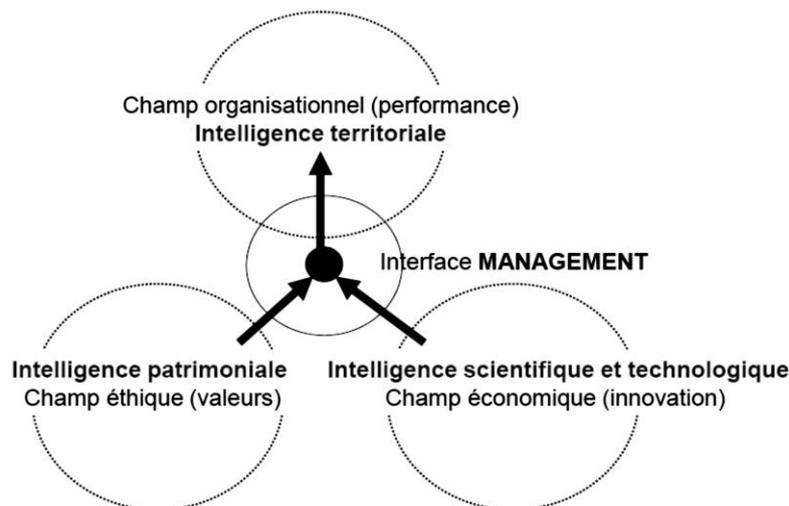


Fig. 1. Système urbain relationnel intelligent

Source: Berezowska-Azzag, 2013

L'assimilation du système urbain à l'organisme humain permet ensuite de montrer par analogie qu'il est

alimenté par des ressources humaines (population active formée, compétences, culture, savoir et savoir-faire), foncières (foncier résidentiel, industriel, de services, agricole, touristique, des infrastructures, des équipements structurants), économiques (activités économiques et ressources financières) et naturelles (espace fournisseur et récepteur: sol et paysage, végétation, eau, air, énergie, matières premières), qui font tourner le cycle de vie [5, p. 58].

Dans ces conditions, l'intelligence du cerveau conducteur des opérations conditionne la survie de l'organisme.

Partant de cette réflexion analogique, l'intelligence urbaine est donc une démarche qui met en place tout un éventail d'outils d'ingénierie urbaine et territoriale de management du développement du territoire, qui se sert de nouvelles technologies de l'information et de la communication. L'adaptation de cette logique au contexte d'urbanisme de réparation pratiqué dans une large partie des villes africaines fait montre selon Petitet [13, p. 4] que le développement des grands services techniques urbains à un prix raisonnable et à une échelle territoriale suffisante est souvent problématique et devient le terreau favorable à l'émergence des « *solutions alternatives moins chères, plus flexibles et moins centralisées* ». Dès lors, les innovations basées sur les solutions décentralisées semblent être la piste à même de donner de l'efficacité aux services urbains essentiels.

3.2 CONTEXTE TECHNOLOGIQUE ET TECHNIQUE DE L'IOT

L'IdO pour l'OCDE [14, p. 3] désigne un écosystème au sein duquel les applications et les services exploitent des données collectées à partir d'appareils dotés de capteurs et interagissant avec le monde physique. Benghozi et al., [15, p. 16] ajoutent que l'internet des objets est

un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant».

La lecture de la définition de ces auteurs fait apparaître quatre (04) opérations:

- Un croisement entre un monde physique et un monde numérique,
- La nécessité de la normalisation d'un système d'identification électronique des objets physiques,
- La création d'une liaison (sans fil) entre les composantes et,
- La transmission continue d'information entre ces différents éléments en interaction.

Les infrastructures concernant le monde physique comprennent tous les systèmes vivants ou artificiels qui interagissent entre eux par divers effets physiques tels que les forces, déplacements, variation de température ou de pression, voix, son et lumière. C'est dans ce cadre que Borgia [16, p. 9] précise que les terminaux dont sont équipées les villes intelligentes sont « *les capteurs, les caméras de surveillance et les réseaux électriques intelligents* ».

Pour l'efficacité du système, la transmission des informations collectées par ces équipements devra être en temps réel pour aboutir à des réponses instantanées. C'est pour cette raison que Billet [17, p. 120] précise qu'un « *canal de diffusion de flux est une transmission d'éléments de flux qui s'établit d'un émetteur de flux s vers un récepteur de flux r après que s ait reçu une requête d'accès au flux de la part de r* ».

Le monde numérique qui est le second déterminant de l'IoT comprend tous les systèmes manipulant des données numériques ainsi que les réseaux permettant l'échange des données. Selon CIGREF [18, p. 3], les objets connectés remplacent les tâches manuelles, car ils renvoient (de par le fait d'être connectés), l'information directement vers le réseau. Les solutions d'IdO étant basées sur la connectivité au réseau internet, Benhamou [19, p. 140] prévient que « *la bande passante sera de plus en plus sollicitée surtout pour les objets qui renvoient de l'information en continu* ». Cette préoccupation de l'auteur s'estompe grâce aux innovations technologiques récentes qui donnent une capacité assez considérable à la fibre optique dont le déploiement se généralise dans les villes.

En dépit de ces externalités positives, la vulnérabilité du système tient de cet atout. En effet, étant relié par un réseau ouvert du genre d'internet, la possibilité des attaques par les hackers est une menace réelle dès lors que n'importe quel pirate

du monde pourra créer des ennuis à même de boguer le système informatique. Pour renforcer la crainte d'une grande vulnérabilité des systèmes mis en place, Billet [17, p. 13] prévient que

Les objets étant des entités physiques possédant les capacités nécessaires pour influencer sur leur environnement, les dégâts provoqués par une attaque informatique dans un tel contexte ont un impact bien plus important que ceux causés par les intrusions, les défigurations de site, les vols de données ou les dénis de service que nous connaissons à l'heure actuelle.

Il convient donc à l'amont, d'implémenter des mesures de sécurité renforcées pour protéger les intrusions indésirables. C'est à juste titre que François [20] conclut que les sociétés qui « *auront compris et identifié l'impératif de sécurité seront celles qui prendront la tête de la nouvelle révolution de l'Internet des Objets* ».

Sur le plan matériel, l'IoT utilise deux (02) types d'éléments pour interagir avec le monde physique: des capteurs et des actionneurs qui selon Billet [17, p. III] permettent de « *mesurer l'environnement et d'agir sur celui-ci, faisant ainsi le lien entre le monde physique et le monde virtuel* ».

Les capteurs permettent de recueillir des informations depuis le monde physique et les transmettre vers le système informatique. Ils peuvent se présenter sous les formes de comptage d'impulsions (tachymètre) ou d'instruments pour lire la température, la pression, la luminosité, la position ou la vitesse. Ces éléments équipent la plupart des smartphones et donc sont accessibles et utilisables par la plupart des citoyens. Les actionneurs quant à eux permettent au système informatique d'agir sur le monde physique en modifiant son état.

Au regard de la multiplicité des dispositifs mis en relation grâce à l'internet des objets, Mohymont [21, p. 37] prévient que « *tous ces objets connectés ont besoin d'être alimentés par une source d'énergie* ». C'est donc important de réfléchir en amont à la question énergétique pour faire émerger ces genres de solutions. Or, selon Gbaguidi [22, p. 98], le secteur énergétique est caractérisé entre autres par une « *consommation nationale relativement faible et un taux d'accès limité des populations* » d'une part et des « *sautes intermittentes de l'énergie électrique* » d'autre part ». Face à ce stress énergétique, Laponche [23, p. 8], propose pour abolir la frontière entre offre et demande de « *promouvoir l'énergie décentralisée* ». Ce genre de solution a permis d'accroître l'offre du service d'éclairage public à travers le déploiement des lampadaires solaires. Dès lors, la capitalisation des résultats de cette innovation technologique permettra de fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement des équipements de l'Internet des Objets.

3.3 CONTEXTE SOCIÉTAL

Les systèmes intelligents de gestion urbaine mettent en interaction, diverses exigences en termes d'infrastructures et de services de communication dont les modes et logiques de fonctionnement paraissent en déphasage avec les pratiques actuelles. L'adaptation des politiques et pratiques des services publics paraît donc indispensable pour produire et rendre disponible des informations de qualité aux systèmes. L'interopérabilité des données produites par les différents services de la ville nécessite alors une mise à jour des procédures et un renforcement des capacités des acteurs.

Pour réussir préalable, un dialogue cohérent et permanent dans un langage accessible à tous les acteurs (anciens et nouveaux) implémentera de façon durable les services publics attachés à l'internet des objets. Cependant, Petitet [13, p. 10] met en garde contre les conséquences sociétales de cette réforme dans la fourniture des services publics. Il cite en exemple, le risque de se retrouver avec des personnes continuellement connectées sur un tronçon embouteillé ou alors le danger d'une dépendance permanente des technologies déployées au point de ne point envisager de s'en passer.

Par ailleurs, il est fort à craindre qu'avec le développement de l'IdO, les emplois peu qualifiés disparaîtront au détriment des postes de plus en plus spécialisés. Mais la baisse constante du coût des composantes du réseau permet d'envisager de mettre une intelligence et des moyens de communication dans beaucoup d'objets de la vie courante ou professionnels et donc constituera une source de création d'opportunité d'affaires nouvelles pour les citoyens.

Un problème crucial qui pourrait également naître de la multiplicité des composants des équipements du système de l'IdO est l'obsolescence prématurée ou la fin de vie qui, les transformera en déchets dont le traitement deviendra un nouvel enjeu sociétal.

4 POUR LA DURABILITÉ DES OBJETS URBAINS CONNECTÉS

L'essor de l'internet des objets est fortement dépendant des innovations et de la capacité à imaginer le monde de demain. Partant de ce postulat, la création et le maintien d'un cadre d'éclosion des compétences spécifiques semble un pilier essentiel

de la conjonction des différentes intelligences territoriale, patrimoniale, technologique et scientifique. Les défis urbains sont globalement connus mais leur ampleur évolue au gré du développement des établissements urbains. Dès lors, il importe de changer le scénario et non le casting par le maintien une communication perpétuelle entre les enjeux actuels et leur tendance d'évolution pour une implémentation réussie des systèmes d'information urbains.

Sur le plan technologique, l'analyse approfondie de la trame du réseau du service urbain à desservir importe pour la conception mais aussi pour la mise en œuvre et l'entretien des équipements à mettre en intelligence. Ainsi donc le choix du système de transmission des informations au système, l'ajustement de la réaction des éléments en interaction par rapport aux contraintes factuelles devra donc être fait dans une vision prospective en se basant sur les réalités locales.

5 CONCLUSION

À la lumière des analyses précédentes, la présente étude met en évidence la nécessaire adaptation de la gestion urbaine aux enjeux de l'innovation technologique et sociétale. Ceci passe par une maîtrise constante des défis urbains et une veille permanente des solutions de l'internet des objets.

Cette technologie a l'avantage d'optimiser la gestion des objets urbains et donc une baisse de la consommation des ressources énergétiques telles que l'électricité et même le carburant pour les voitures. Mais, le piratage des données personnelles constitue des risques qui pourront remettre en cause la durabilité des systèmes. Il importe donc de mûrir les réflexions sur la sûreté des données des objets connectés. Par ailleurs, l'interopérabilité des objets et leur standardisation sont également des préalables à même de favoriser la concurrence entre les équipementiers et donc le développement d'un processus continue d'innovation.

REFERENCES

- [1] J. Veron, «La moitié de la population mondiale vit en ville, » *Population & Sociétés*, n° 1435, pp. 1-4, Juin 2007.
- [2] H. F. Gbaguidi et al., «Libération de l'espace public à Cotonou: enjeux d'une mesure d'austérité en contexte d'urbanisme de réparation, » *Cahiers du CBRST*, n° 112, pp. 492-512, Décembre 2017.
- [3] H. F. Gbaguidi, «Réparation de l'urbanisme, comment (re) concilier le désordre et les opérations urbaines, » *Les actes de la semaine du CBRSTI, Journée de la renaissance scientifique de l'Afrique*, pp. 247-254, 2018.
- [4] S. Breux et J. Diaz, «La ville intelligente Origine, définitions, forces et limites d'une expression polysémique, » *Urbanisation Culture Société*, 2017.
- [5] E. Berezowska-Azzag, «intelligence urbaine, au-delà d'une planification, » *Courrier du Savoir*, n° 116, pp. 55-63, 2013.
- [6] J.-J. Girardot, «Intelligence territoriale et participation, » *ISDM*, n° 116, pp. 1-13, 2004.
- [7] F. Mizzi, «Penser la ville intelligente dans une perspective de ville durable augmentée, *Avenir des territoires: ce que change le numérique*, » *Belvedere*, n° 12, pp. 8-9, 2018.
- [8] Y. B. Aboubacar, «Le développement des villes intelligentes, » *Villes d'Afrique*, n° 15, p. 80, 2016.
- [9] D. Appril, «Problèmes et défis de la gestion urbaine dans les très grandes villes du Sud, » *Les très grandes villes dans le monde*, pp. 83-103, 2000.
- [10] M. Pelissier et I. Pybourdin, «L'intelligence territoriale: Entre structuration de réseau et dynamique de communication, » *Les Cahiers du numérique*, vol. 5, n° 154, pp. 93-109, 2009.
- [11] M. Flamand, «Le déploiement de l'intelligence technologique dans le processus d'innovation des firmes: quels objectifs, enjeux et modalités pratiques?: Une application à l'industrie automobile, » *Université de Bordeaux, Bordeaux*, 2016.
- [12] J. J. McGonagle et C. M. Vella, *Proactive Intelligence*, Londres: Springer, 2012.
- [13] S. Petit, «Eau, assainissement, énergie, déchets: vers une ville sans réseaux?, » *Métropolitiques*, pp. 1-5, 2011.
- [14] OCDE, «l'internet des objets saisir les opportunités et relever les défis, » *OCDE*, 2016.
- [15] P.-J. Benghozi, S. Bureau et F. Massit-Folléa, *L'Internet des objets. Quels enjeux pour les Européens?*, Paris: Maison des Sciences de l'homme, 2009.
- [16] E. Borgia, «The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues, » *Computer Communications*, n° 154, pp. 1-31, 2014.
- [17] B. Billet, «Système de gestion de flux pour l'Internet des objets intelligents. Calcul parallèle, distribué et partagé, » *Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines, Versailles-Saint Quentin en Yvelines*, 2015.
- [18] CIGREF, «L'internet des objets, » *Cahier d'innovation*, 2014.
- [19] B. Benhamou, «Internet des objets: défis technologiques, économiques et politiques, » *Revue Esprit*, vol. 3, n° 11, pp. 37-150, 2009.

- [20] C. François, «Il faut sécuriser l'internet des objets, » 2015.
[En ligne]. Available: <https://www.latribune.fr/opinions/tribunes/il-faut-securiser-l-internet-des-objets-469148.html>.
[Accès le 12 Mai 2020].
- [21] F. Mohymont, «Les enjeux économiques et sociaux de l'internet des objets of Management, » Louvain School, Louvain la neuve, 2005.
- [22] H. F. Gbaguidi, «Défis urbains et gouvernance: Mise en place d'un observatoire de l'évolution urbaine à Cotonou, » Université Catholique de Louvain, Louvain la Neuve, 2013.
- [23] B. Laponche, «Energie décentralisée enjeux technologiques, économiques et territoriaux, » Energie-Cités, Grenoble, 2002.
- [24] E. Morin, Introduction à la pensée complexe, Nouvelle édition éd., Paris: Seuil, 2005.