

Claude ROCHET

Professeur des universités  
Professeur affilié ESCP Europe

10 novembre 2014

Les villes intelligentes,  
*enjeux et stratégies pour  
de nouveaux marchés.*

Le programme MUST  
Management of Urban Smart Territories

Un document produit en version numérique par Jean-Marie Tremblay, bénévole,  
Professeur associé, Université du Québec à Chicoutimi  
[Page web](#). Courriel: [jean-marie\\_tremblay@uqac.ca](mailto:jean-marie_tremblay@uqac.ca)  
Site web pédagogique : <http://jmt-sociologue.uqac.ca/>

Dans le cadre de: "Les classiques des sciences sociales"  
Une bibliothèque numérique fondée et dirigée par Jean-Marie Tremblay,  
professeur de sociologie au Cégep de Chicoutimi  
Site web: <http://classiques.uqac.ca/>

Une collection développée en collaboration avec la Bibliothèque  
Paul-Émile-Boulet de l'Université du Québec à Chicoutimi  
Site web: <http://bibliotheque.uqac.ca/>

## Politique d'utilisation de la bibliothèque des Classiques

Toute reproduction et rediffusion de nos fichiers est interdite, même avec la mention de leur provenance, sans l'autorisation formelle, écrite, du fondateur des Classiques des sciences sociales, Jean-Marie Tremblay, sociologue.

Les fichiers des Classiques des sciences sociales ne peuvent sans autorisation formelle:

- être hébergés (en fichier ou page web, en totalité ou en partie) sur un serveur autre que celui des Classiques.
- servir de base de travail à un autre fichier modifié ensuite par tout autre moyen (couleur, police, mise en page, extraits, support, etc...),

Les fichiers (.html, .doc, .pdf, .rtf, .jpg, .gif) disponibles sur le site Les Classiques des sciences sociales sont la propriété des **Classiques des sciences sociales**, un organisme à but non lucratif composé exclusivement de bénévoles.

Ils sont disponibles pour une utilisation intellectuelle et personnelle et, en aucun cas, commerciale. Toute utilisation à des fins commerciales des fichiers sur ce site est strictement interdite et toute rediffusion est également strictement interdite.

**L'accès à notre travail est libre et gratuit à tous les utilisateurs. C'est notre mission.**

Jean-Marie Tremblay, sociologue  
Fondateur et Président-directeur général,  
**LES CLASSIQUES DES SCIENCES SOCIALES.**

Cette édition électronique a été réalisée par Jean-Marie Tremblay, sociologue, bénévole, professeur associé, Université du Québec à Chicoutimi, à partir de :

Claude ROCHET  
Professeur des universités, professeur affilié ESCP Europe

***Les villes intelligentes, enjeux et stratégies pour de nouveaux marchés.***

Le programme MUST (Management of Urban Smart Territories)  
Étude réalisée en septembre 2014, actualisée le 10 novembre 2014. Étude réalisée avec le concours de [CERGAM](#), [CESAMES](#), et du [Service de coordination à l'intelligence économique](#) (Ministère français des finances et des comptes publics). Paris : ESCP Europe, Business School, septembre 2014, étude actualisée le 10 novembre 2014, 65 pp.

L'auteur nous a accordé le 1<sup>er</sup> décembre 2014 son autorisation de diffuser électroniquement cette étude dans Les Classiques des sciences sociales.



Courriel : Claude ROCHET : [claude.rochet@wanadoo.fr](mailto:claude.rochet@wanadoo.fr)

Polices de caractères utilisée :

Pour le texte: Times New Roman, 14 points.

Pour les notes de bas de page : Times New Roman, 12 points.

Édition électronique réalisée avec le traitement de textes Microsoft Word 2008 pour Macintosh.

Mise en page sur papier format : LETTRE US, 8.5'' x 11''.

Édition numérique réalisée le 4 décembre 2014 à Chicoutimi, Ville de Saguenay, Québec.



Claude ROCHET

Les villes intelligentes, enjeux et stratégies  
pour de nouveaux marchés.



Le programme MUST (Management of Urban Smart Territories)

Étude réalisée en septembre 2014, actualisée le 10 novembre 2014. Étude réalisée avec le concours de [CERGAM](#), [CESAMES](#), et du [Service de coordination à l'intelligence économique](#) (Ministère français des finances et des comptes publics). Paris : ESCP Europe, Business School, septembre 2014, étude actualisée le 20 novembre 2014, 65 pp.



## Les villes intelligentes, enjeux et stratégies pour de nouveaux marchés

### Le programme MUST : Management of Urban Smart Territories

Claude Rochet

Professeur des universités  
Professeur affilié ESCP Europe

Septembre 2014

Actualisé 10 novembre 2014

### Étude réalisée avec le concours de



Centre d'Excellence  
Sur l'Architecture,  
le Management et  
l'Economie des Systèmes



Suite aux travaux entrepris au sein du Service de Coordination à l'Intelligence économique du Ministre de l'Économie et des Finances sur la modélisation numérique des écosystèmes urbains durables, le directeur général de ESCP Europe m'a confié la mission de réaliser une étude définissant un cadre de formation commun à l'ESCP, l'Université de Tongji (Shanghai) et l'INSPER (Sao Paulo) à l'intention des hauts responsables des politiques urbaines de chaque pays : le programme MUST (*Management of Urban Smart Territories*)

Cette étude fait la synthèse de l'état de l'art sur la question des villes intelligentes – ou *smart cities* – définit un cadre de référence et une amorce de méthodologie de modélisation des villes comme écosystème complexe.

Elle a bénéficié du concours des entreprises impliquées dans la conception d'une offre pour les villes intelligentes. J'en remercie les responsables qui ne m'ont pas ménagé leur temps.

Les résultats préliminaires ont été présentés dans plusieurs forums scientifiques et professionnels qui m'ont adressé de nombreuses critiques me permettant d'améliorer ce document.

Elle n'aurait pas été possible sans l'appui du pôle de compétitivité Advancity et du soutien réitéré de ses responsables.

Mes remerciements vont particulièrement à la professeure Florence Pinot de Villechenon, directrice du Centre d'Etudes et de Recherche sur l'Amérique Latine à ESCP Europe, qui m'a apporté son soutien et son expertise, ainsi qu'à Léon Laulusa, directeur des relations internationales à ESCP Europe.

Claude Rochet

Professeur des universités

Directeur du laboratoire de recherche et de la formation en intelligence économique, Ministère de l'économie et des finances

## Table des matières

1. [Les enjeux démographiques et économiques : vers un changement de modèle économique.](#) [10]
  2. [Les enjeux géopolitiques : le basculement de la polarité du développement vers le sud-est et des stratégies différentes entre pays industrialisés et émergents.](#) [15]
  3. [Les enjeux d'innovation : à la recherche de l'intelligence de la ville](#) [22]
    - A) [Qu'est-ce qui est "smart"?](#) [22]
    - B) [Le territoire intelligent](#) [24]
  4. [Une méthodologie pour le pilotage de la complexité des villes intelligentes.](#) [27]
    - A) [Définition d'un écosystème urbain](#) [27]
    - B) [Définition et conception du méta-modèle de l'écosystème urbain de ville durable](#) [29]
    - C) [Les conditions de durabilité de l'écosystème urbain](#) [32]
    - D) [L'architecture comme cadre de représentation](#) [33]
  5. [Quelle formation pour les acteurs de la ville intelligente ?](#) [37]
  6. [Présentation de l'approche méthodologique urban lifecycle management \(ULM\) Article retenu pour publication Complex Design And System Management, 2014.](#) [48]
    - A. [What is an urban ecosystem?](#) [49]
    - B. [The global framework: urban lifecycle management.](#) [52]
    - C. [The rationale for extended public administration in the process of integration in ulm.](#) [55]
    - D. [Smart government, the keystone of smart cities.](#) [60]
- [Conclusion.](#) Extended administration as art of systemic intégration [63]
- [References](#) [64]

[7]

## Les villes intelligentes, enjeux et stratégies pour de nouveaux marchés <sup>1</sup>

### *Une approche par la modélisation systémique*

[Retour à la table des matières](#)

Les villes intelligentes représentent un marché évalué à 350 000 milliards de dollars US pour les trente décennies à venir (250 en infrastructure et 100 en usage), à modèle économique, technologique et social inchangé, c'est-à-dire concernant la réhabilitation des tissus urbains existants et la construction de nouvelles villes. Ce modèle économique n'est pas durable en ce sens qu'il reproduira les dysfonctionnalités des villes actuelles avec des émissions croissantes de CO<sub>2</sub>, de production de déchets et de nuisances urbaines. Les scénarios plus agressifs intégrant des technologies et artefacts nouveaux pour maîtriser les émissions polluantes et améliorer l'efficacité énergétique estiment le volume de dépenses à 450 000 milliards USD.

Cet enjeu de marché s'inscrit dans un ensemble d'enjeux plus vastes :

- \* Enjeux démographiques et économiques
- \* Enjeux géopolitiques
- \* Enjeux d'innovation
- \* Les enjeux de transformation des modèles d'affaires des firmes et de l'action publique.

[8]

Cette étude vise à dessiner les contours d'une stratégies pour les entreprises françaises.

---

<sup>1</sup> Pour faciliter la lecture, les références ne sont pas mentionnées au fil du texte mais sont regroupées à la fin de cette note.

[10]

## 1) Les enjeux démographiques et économiques : vers un changement de modèle économique

[Retour à la table des matières](#)

L'année 2008 a vu la population urbaine passer au-delà des 50% de la population totale, y compris dans les pays émergents et en développement, en Amérique latine et en Asie, avec une estimation à 70% en 2030.

La croissance urbaine est sujette à un **phénomène spécifique de rendements croissants** qui fait que le kilomètre marginal d'infrastructure est, d'après les calculs de G. West et de Luis Bettencourt du Santa Fe Institute, de 0,85% moins cher qu'une infrastructure nouvelle et que ses externalités produites sont de 1,15% plus fortes. Et ceci contrairement à une organisation humaine comme une entreprise ou une administration qui voit son rendement décroître avec la taille. Le problème est que cet effet de rendement croissant concerne les externalités positives aussi bien que négatives : pollution, gestion des déchets, criminalité, insalubrité, coûts énergétiques...

Ce modèle de croissance, né de la II<sup>e</sup> révolution industrielle et de la « mort de la distance » provoquée par la révolution des transports au XIX<sup>e</sup> siècle, repose sur la consommation d'énergie fossile et présente le paradoxe de la facilité à court terme et de la non durabilité à moyen terme.

***Le coût de l'obsolescence des infrastructures  
aux États-Unis***

- \* 28 milliards de litres d'eau potable perdus par jour du fait des fuites des réseaux.
- \* 40 milliards de litres d'eau usée non traitée rejetés dans les canaux chaque année.
- \* 254 millions de tonnes de déchets solides.
- \* 4 milliards d'heures perdus par an par les automobilistes chaque année, avec leur coût en temps et en carburant.
- \* Un pont est soit structurellement déficient soit fonctionnellement obsolète.
- \* La demande d'électricité s'est accrue de 25% depuis 1990, pesant sur les réseaux de transport et de distribution.

*Source : Association américaine des ingénieurs civils.*

[11]

Contre-intuitivement, l'enjeu du développement urbain durable se focalise plus sur les pays en développement car l'empreinte écologique croît avec le niveau de consommation (+57% à chaque doublement du niveau de consommation), et sur les petites villes (au-dessous de 1 million) qui croissent le plus vite.

Il connaît au moins trois goulots d'étranglements : La consommation d'énergie, la pollution et les coûts sociaux (stress, santé, criminalité...) induits par une croissance urbaine dysfonctionnelle. Il faut y ajouter le coût de renouvellement des infrastructures qui devient considérable sans apporter un mieux au modèle actuel de la ville s'ils sont entrepris à modèle d'affaire constant.



Ces coûts directs pèsent sur la croissance s'ils sont destinés à maintenir la ville à modèle constant, alors qu'ils peuvent être des opportunités d'innovation. Les considérer comme des coûts de gestion va entraîner le report des investissements nécessaires, alors que, *a minima*, si l'on intègre dans le calcul des coûts leur impact sur les externalités, l'opération est largement bénéficiaire.

La même association américaine des ingénieurs civils calcule que le manque d'investissement dans la gestion de l'eau se traduise par un surcoût pour le monde [12] économique de 147 milliards de dollars et de 59 pour les ménages, qui supporteront à l'horizon 2020 un surcoût de 900\$ pour le traitement de l'eau.

Study	Additional investment needed in billions	GDP in billions	Jobs and Cost to Business in the year 2020	Cost to Families	Value of Exports in billions
Surface Transportation	\$846, or \$94 billion a year	\$897	877,000 jobs and \$430B cost to business	\$1,060 per household annual	\$28 (2020 only)
Ports	\$19 billion + \$20 billion for NextGen, or \$4 billion a year	\$313	350,000 jobs and \$87B cost to business	\$361 billion, or \$320 per household annual	\$54
Marine Ports and Inland Waterways	\$16 billion, or \$2 billion a year	\$697	738,000 jobs and \$188B cost to business	\$872 billion, or \$770 per household annual	\$270
Water & Wastewater	\$84 billion, or \$9 billion a year	\$416	669,000 jobs and \$167B cost to business	\$600 billion, or \$530 per household annual	\$20
Electricity	\$107, or \$12 billion a year	\$496	\$29,000 jobs and \$126B cost to business	\$727 billion, or \$640 per household annual	\$51

L’investissement requis est de 84 milliards \$ qui se traduiraient par une réduction des coûts pour les entreprises, la protection de 700 000 emplois, 541 milliards en revenu des ménages, 460 en PIB et 6 en export.

Le même calcul a été fait pour la rénovation du réseau électrique et du réseau de transport, les ports, les canaux, les aéroports.

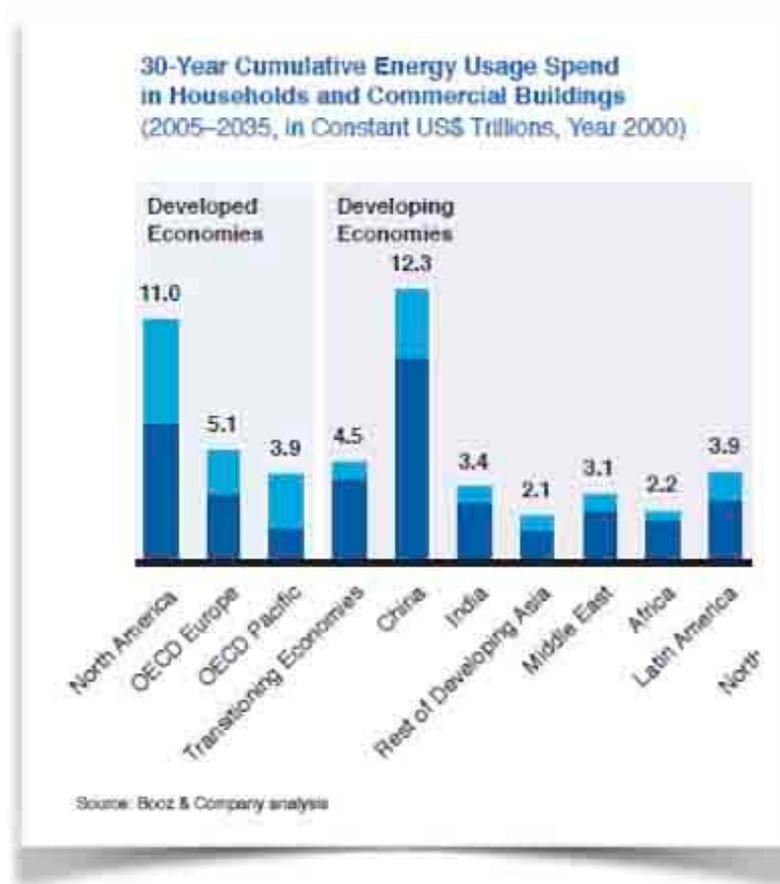
Dans tous les cas de figure le retour sur investissement en impact sur le PIB, les exportations, les emplois et le budget des ménages est appréciable.

Le modèle économique actuel de la décision publique est caractérisé par le report des investissements du fait des politiques suivies depuis les décennies 1980 de désengagement de la puissance publique. La question du modèle économique de la décision publique et sa capacité à intégrer l’ensemble des externalités liées à ces investissements va donc être posé par la problématique de ma ville intelligente.

**Mais c’est du côté des pays émergents que les enjeux de la transition vers la ville intelligente sont les plus prégnants :**

[13]

La croissance urbaine va y être très forte et l'impact environnemental d'autant plus élevé que le niveau de vie va s'accroître. D'une part ce développement ne permettra plus aux pays développés pollueurs d'externaliser leurs activités polluantes vers des pays émergents et en développement. D'autre part, du seul point de vue de la consommation énergétique, si les pays émergents adoptent le même modèle que les pays développés, la situation ne sera pas soutenable, la consommation dépassant rapidement celle des pays développés dans les trente ans à venir.



L'expérience des pays développés montre que **le coût pour corriger une ville conçue de manière dysfonctionnelle** (par exemple, les villes américaines conçues pour l'automobile) **est de loin supérieur aux coûts à investir en amont pour construire une ville durable.** Ce phénomène est bien connu des architectes système : un système

dont la scalabilité n'a pas été pensée voit son développement se faire par addition de couches successives qui produisent une « architecture spaghetti » qui devient illisible et dans laquelle il devient très compliqué et très coûteux d'intervenir avec des résultats peu fiables. Le phénomène est d'autant plus prégnant aux Etats-Unis où les intervenants sur les infrastructures sont nombreux. C'est ce type de problème qui a stimulé le développement des méthodes d'architecture – par analogie dénommé "urbanisation" – des systèmes d'information où le problème de l'architecture spaghetti est d'autant plus prégnant qu'elle est immatérielle.

**L'urbanisation des pays émergents est donc un marché critique** tant par son volume que par sa nature, puisque l'investissement dans la durabilité doit se faire en amont dès la conception. Le bilan du développement urbain en Chine qui a imité le modèle occidental avec des conséquences dramatiques en matière de consommation d'énergie, de pollution, de production des déchets et de qualité de la vie dégradée par des villes dysfonctionnelles, montre la nécessité d'une planification urbaine qui intègre ces contraintes dès l'amont.

[14]



*Figure 1: l'architecture spaghetti des infrastructures de New York City.*

Ces pays n'ont toutefois pas les ressources financières ni surtout technologiques pour développer ces approches intégratrices. Les entreprises occidentales vont donc être très sollicitées pour assurer des transferts de technologies en même temps que se développeront chez les émergents des stratégies ambitieuses de maîtrise des capacités technologiques. L'étude des documents d'orientation stratégique de la Chine, de pays d'Amérique latine, du Maroc révèle le souci de développer des **approches intégratives** plutôt que projets par projets, par des politiques publiques ambitieuses qui soulignent leur nécessaire dimension holistique en mettant l'accent sur la cohérence des politiques sectorielles et des initiatives centrales et locales. Le rapport de l'OCDE « *green growth* » souligne la nécessité de disposer d'un ensemble d'outils sophistiqués pour neutraliser les effets pervers de solutions appliquées unilatéralement ou hors contexte. Mais cet ensemble doit rester lisible et simple à comprendre et fournir un cadre de référence pour intégrer les leviers et outils de la politique urbaine plus qu'une panoplie exhaustive d'outils. **Cette note propose une approche de ce type par la modélisation systémique.**

[15]

## 2) Les enjeux géopolitiques : le basculement de la polarité du développement vers le sud-est et des stratégies différentes entre pays industrialisés et émergents.

[Retour à la table des matières](#)

Les enjeux du développement de villes intelligentes sont ceux de **l'industrialisation des pays émergents**. La croissance urbaine est liée au développement, à l'industrialisation et va **redistribuer les cartes des facteurs de puissance** liés au développement urbain vers le Sud et surtout vers l'Est (l'Asie). McKinsey calcule que sur le groupe des 600 plus grandes villes, 380 se trouvent dans des pays développés et contribuent à plus de 50% du PIB mondial en 2007. Les 280 villes situées dans des pays en développement ne contribuent qu'à hauteur de 10% du PIB mondial. En 2025, 136 nouvelles villes seront entrées dans ce groupe des 600, toutes dans les pays émergents dont 100 en Chine, 13 en Inde et 8 en Amérique latine.

La nature de cette croissance va changer de manière assez radicale : alors qu'en 2007, 23 mégacités (plus de 10 millions d'habitants) produisaient 14% du PIB mondial, on trouvera en tête du classement des 600 230 villes de taille intermédiaire (entre 150 000 et 10 millions d'habitants), toutes dans des pays émergents. Contrairement à la perception commune, ce ne sont pas les mégacités qui vont porter la croissance urbaine à l'horizon 2025 : 423 des 600 villes, toutes dans des pays émergents, seront des villes intermédiaires qui porteront 45% de la croissance.

Il ne faut toutefois pas en conclure qu'il ne faille se concentrer que sur ces villes de tête : les villes secondaires (100 000 habitants et moins) contribuent à créer des systèmes de villes autour des grandes villes, qui remplissent des fonctions complémentaires spécialisées

dont la performance est liée à la connexion au système urbain. C'est un point important dans la stratégie latino-américaine, ces villes ne recevant pas le volume d'investissement nécessaire en capital et en connaissance.

[16]



Le développement des villes ne se fera donc pas à modèle économique constant :

- \* **Dans le modèle actuel** des PVD non industrialisés, le développement urbain se fera en tâche d'huile, par bidonvillisation puis intégration des bidonvilles dans la ville (ex : Casablanca). Ce scénario repose sur un système de relations entre pays industrialisés et non industrialisés basé sur la délocalisation des activités à externalités négatives (atteintes à l'environnement, pollution, conditions de travail dégradées) et à rendement décroissant vers les pays les moins développés, en application de la « doctrine

Summers <sup>2</sup> ». Ce scénario est « perdant-perdant » en ce qu'il décourage l'innovation liée au développement [16] urbain dans les pays émergents chez les entreprises des pays développés et ne permet pas de répondre aux problèmes des atteintes à l'environnement au niveau planétaire. Il souligne la nécessité d'avoir une **comptabilité environnementale** qui réintègre dans le bilan des villes des pays développés les coûts des atteintes à l'environnement importées par les produits fabriqués dans des pays non industrialisés.

- \* **Dans le scénario industrialisant** et innovant, les pays émergents utilisent les délocalisations pour organiser le transfert de technologies. Ils mettent l'accent non sur l'accumulation quantitative de technologies mais sur leur intégration dans une approche globale - qualifiée d'holistique – du développement et de la planification urbaine à long terme. **Ces pays n'ont pas la technologie mais ont une vision stratégique et politique** du développement urbain. C'est une approche classique des stratégies de rattrapage technologique qui fait du retard un avantage, comme l'a théorisé Alexander Gerschenkron dans son ouvrage de 1962 <sup>3</sup>. Ces pays peuvent marier une technologie tradition-

---

<sup>2</sup> Formulée dans le mémo de Lawrence Summers, secrétaire d'Etat au Trésor de l'Administration Clinton, selon lequel il est plus rationnel de délocaliser les activités polluantes vers les pays non industrialisés. « Les pays sous-peuplés d'Afrique sont largement sous-pollués ; la qualité de l'air y est probablement d'un niveau inutilement élevé par rapport à Los Angeles ou Mexico [...] Il faut encourager une migration plus importante des industries polluantes vers les pays les moins avancés [...] et se préoccuper davantage d'un facteur aggravant les risques d'un cancer de la prostate dans un pays où les gens vivent assez vieux pour avoir cette maladie, que dans un autre pays où deux cents enfants sur mille meurent avant d'avoir l'âge de cinq ans. [...] Le calcul du coût d'une pollution dangereuse pour la santé dépend des profits absorbés par l'accroissement de la morbidité et de la mortalité. De ce point de vue, une certaine dose de pollution devrait exister dans les pays où ce coût est le plus faible, autrement dit où les salaires sont les plus bas. Je pense que la logique économique qui veut que des masses de déchets toxiques soient déversées là où les salaires sont les plus faibles est imparable. »

<sup>3</sup> *Economic backwardness in historical perspective (1962)* : Gerschenkron montre que le développement ne suit pas une trajectoire linéaire, contrairement au

nelle qu'ils maîtrisent et rechercher les synergies avec une technologie nouvelle importée.

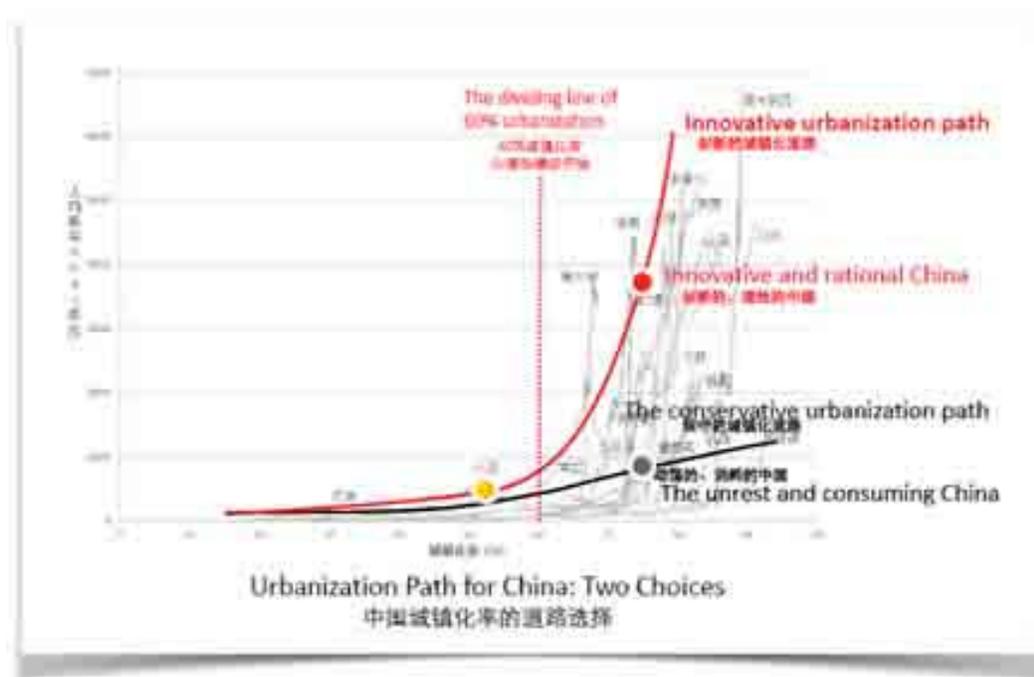
Les Coréens, avec la « smart city » de Songdo, marient la technologie sidérurgique de leur entreprise POSCO avec celle du routage numérique importée par CISCO. Ils appliquent ainsi un enseignement de stratégies d'innovation : l'impact d'une innovation n'est pas dans la nouvelle technologie elle-même mais dans les synergies avec les anciennes technologies. A Songdo, les dépenses de Cisco ne sont que de 2,9% du budget total (Cisco a investi 49 milliards US\$ en 2009), le reste étant fait de technologies traditionnelles de béton et d'acier rendues « intelligentes » par les technologies de la communication.

**L'archétype de ces stratégies de rattrapage à long terme est la stratégie chinoise** qui est en train de passer du « made in China » au « innovated in China » de plus en plus tiré par le marché intérieur, et qui pose clairement ces deux options: La Chine est à un point tournant de la relation entre développement et urbanisation, le seuil de 60% de la population urbanisée. Soit elle poursuit un scénario tendanciel [18] vers une urbanisation non intelligente, soit elle adopte une stratégie innovante qui lie croissance des villes et développement économique, politique et social <sup>4</sup>.

---

modèle par étapes de W.W. Rostow, mais peuvent faire du retard un avantage sous les conditions suivantes : une stratégie institutionnelle de l'Etat qui draine le capital physique et humain, la priorité au capital productif sur les biens de consommation et sur l'économie de main-d'œuvre, l'emprunt des technologies des pays avancés, priorité aux gains de productivité et aux activités à rendements croissants par rapport aux activités à rendement décroissant.

<sup>4</sup> Intervention du professeur Wu Zhiqiang, vice-président de l'Université Tongji, au séminaire sur les smart cities, Shanghai, oct. 2014.



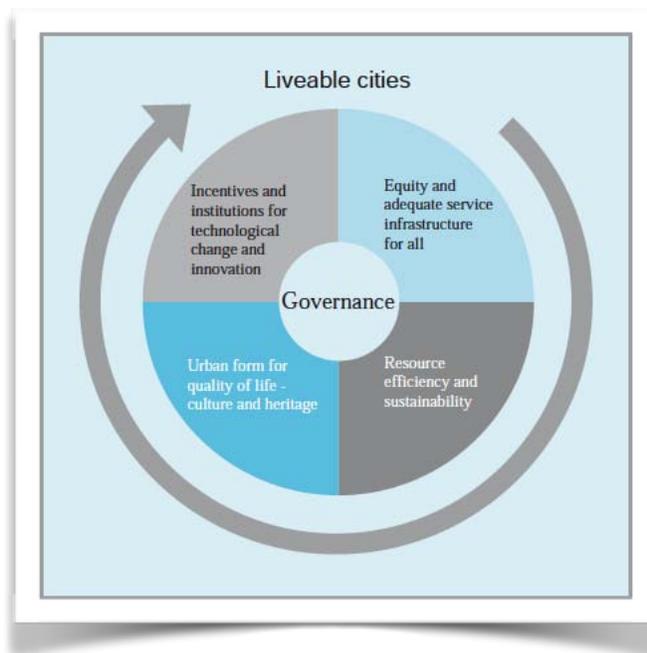
Dans cette stratégie holistique industrialisante, la technologie occidentale est capturée par des partenariats qui sont la condition de l'entrée sur le marché chinois, voire par des stratégies « pot de miel » destinées à attirer en meute ces industries. Ainsi l'invitation faite aux Français de bâtir un modèle de ville intelligente française à Chengdu, Wuhan, Shenyang, permet aux Chinois d'attirer sur un périmètre géographique délimité tout le savoir-faire français.

Les stratégies des pays industrialisés sont centrées sur les marchés sectoriels correspondant à leurs offres technologiques. Ainsi le document anglais, bien qu'il <sup>5</sup> souligne la nécessité de développer – sans autre précision – des offres globales, est structuré autour des cinq secteurs verticaux de l'offre britannique : eau, transport, déchets, énergie, habitat. La stratégie française développée par l'ancien ministère du commerce extérieur, bien qu'elle s'afficha comme voulant développer une offre globale autour du « bien vivre en ville », est restée additive des offres des firmes françaises. Le rapport du Commissariat Général

<sup>5</sup> The Smart City Market : Opportunities for UK. Dpt for Business Innovation and Skills, 2013.

au Développement Durable va même à rebours de ces nouvelles approches en tentant d'organiser l'offre française par secteurs d'activités, avant de constater la non-pertinence d'une telle démarche puisque « la ville intelligente conduit les industriels à adopter une approche décloisonnée » <sup>6</sup>.

À l'opposé, **les stratégies des émergents se focalisent sur l'intégration** qui repose sur des stratégies politico-institutionnelles et pas seulement technologiques. Les émergents formulent leur stratégie urbaine en termes de développement à long terme et pas seulement en termes de débouchés commerciaux comme le font les pays industrialisés. Le document chinois <sup>7</sup> définit son objectif politique comme étant de construire des villes à vivre qui puissent grandir de manière durable selon les principes d'une civilisation écologique.



<sup>6</sup> « La ville intelligente : état des lieux et perspectives en France », Etudes et Documents n° 73, 2012, CGDD.

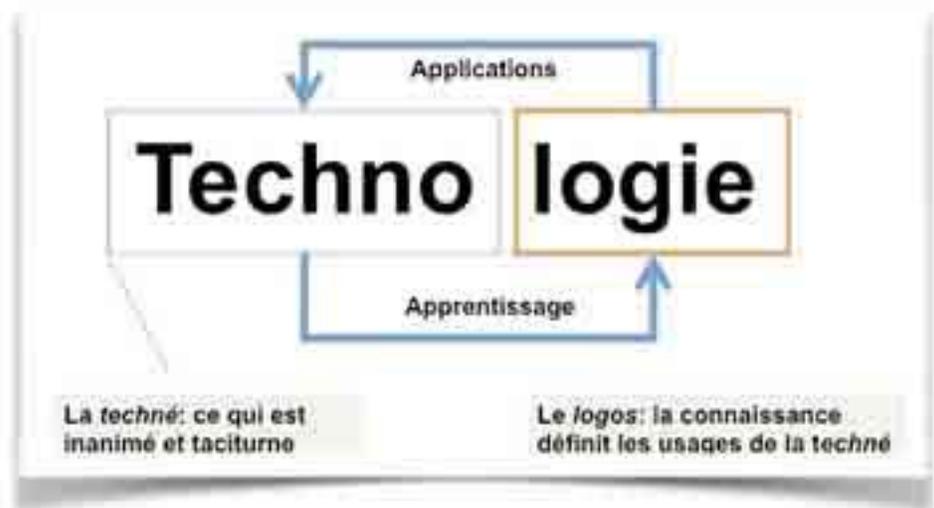
<sup>7</sup> China Human Development Report : 2013, Sustainable and Liveable Cities : Toward Ecological Urbanisation, UNDP and Institute for Environmental Studies, Chinese Academy of Social Sciences.

[19]

Le schéma ci-contre est la **synthèse de la stratégie chinoise**, et met en équilibre cinq dimensions :

- \* **L'équité** : Dans la civilisation chinoise du yin et du yang, le déséquilibre est plus dangereux que la rareté. Or, la croissance incontrôlée de ces dernières décennies a fait de la Chine un des pays les plus inégalitaires du monde avec un coefficient de Gini de l'ordre de 0,6.
- \* **L'efficience** : L'expansion aveugle de ces dernières décennies a fait grimper les coûts et le gaspillage des ressources. Les erreurs de la politique urbaine chinoise sont attribuées à une erreur de conception du rôle de la puissance publique dans l'urbanisation qui doit devenir plus un concepteur qu'un contrôleur ; une hiérarchie qui privilégie la taille sur tous les autres critères ; et une conception erronée que les très grandes villes sont toujours les meilleures. Le rôle est ainsi mis sur le nécessaire leadership pour intégrer les contributions des parties prenantes autour d'une vision stratégique partagée de la ville.
- \* **La durabilité** : On touche ici à des objectifs technologiques et humains. Technologiques : le coût de l'énergie et la demande croissante en ressources, l'immaturation des technologies, l'ajustement de la structure industrielle, le contexte. Humains : les habitants doivent pouvoir habiter là où ils travaillent et le développement doit être centré sur les habitants.
- \* **L'innovation** : Elle est ici corrélée à la capacité à intégrer l'héritage culturel plutôt que de copier l'architecture européenne pour le tourisme et les affaires. L'uniformisation des villes indique une absence de créativité et d'innovation.
- \* **La sécurité**, qu'elle soit économique, sociale, environnementale ou alimentaire : Outre le règne du droit on insiste ici sur l'éducation, le développement du capital social et de l'esprit civique.

Cette stratégie est cohérente avec l'état de l'art de l'économie de l'innovation : le capital matériel est mobile – donc copiable - tandis que les actifs immatériels (la connaissance, le savoir-faire, le capital social) sont enracinés dans un territoire et peu mobiles, donc devant être reproduits de manière endogène, par apprentissage, à partir des spécificités historiques du capital social du territoire. Les compétences sont de nature idiosyncratique, c'est-à-dire qu'elles sont propres à un contexte, voire une organisation, et difficilement déployables dans un autre. On peut copier une technologie, pas une compétence. Celle-ci doit se recréer en contexte par un long [20] processus d'apprentissage endogène au pays et au territoire d'accueil. Elle dépend d'une culture technologique qui est elle-même fonction d'un capital social.



C'est d'ailleurs le sens du mot *techno-logie* tel que le redécouvrent les historiens du développement économique et que le comprenaient les pères de la pensée scientifique occidentales, Francis Bacon, Giambattista Vico et Blaise Pascal : il est composé de la *techné*, la technique, le taciturne qui fonctionne sur le principe de l'automate, et du *logos*, la connaissance explicite et tacite. Les travaux récents d'histoire de l'économie mettent l'accent sur la confusion qui s'est progressivement instaurée dans la pensée occidentale entre technique et technologique et qui mène à oublier la dimension immatérielle et culturelle de la technologie qui est à la source du réel avantage concurrentiel des firmes et des nations.

**Les pays émergents ont une stratégie basée sur l'intégration des technologies existantes qu'ils peuvent se procurer dans les pays industrialisés, tandis que ceux-ci ont des stratégies basées sur l'exportation.** D'un côté des stratégies intégratives à moyen terme de pays émergents qui dominent la demande, de l'autre des stratégies additives à court terme des pays industrialisés qui dominent l'offre. Un cadre de référence commun basé sur le développement de la modélisation systémique permettrait de rééquilibrer cette inversion probable de leadership au profit des émergents.

[21]

### 3) Les enjeux d'innovation : à la recherche de l'intelligence de la ville

[Retour à la table des matières](#)

La vision holistique portée par les émergents souligne l'enjeu d'innovation porté par les programmes de ville intelligente. La première question est de définir ce qui est « intelligent », la seconde de coordonner les champs d'innovation concernés.

#### *A) Qu'est-ce qui est "smart"?*

Il n'y a pas à ce jour de définition normalisée de ce qu'est une « smart city », pas plus que n'existe une telle ville. Il existe des prototypes qui sont des démonstrateurs de technologies, telles que Songdo et Masdar, mais qui ne sont pas des villes à vivre avec de vrais habitants. De même, il existe une grande quantité d'expériences de villes intelligentes mais qui ne mettent en œuvre qu'un aspect d'une « smart city » puisque nul ne peut définir à ce jour ce qu'il en serait.

Le terme de « smart city » est généralement accolé à tout phénomène urbain basé sur un effet cybernétique où une action est corrigée par l'information en retour de l'effet sur la cause, générant un proces-

sus cumulatif d'apprentissage. Avec la convergence numérique, il y a amplification de ces phénomènes, qui permettent de nouvelles applications.

La base d'une « smart city » est donc son infrastructure numérique, qui s'enrichit avec le déploiement des nouveaux modes d'interconnexion comme l'internet des objets et la communication de machine à machine qui dispense de l'intervention humaine. De fait, les approches « techno-pushed » - ou techno-centrées - sont dominantes aujourd'hui dans les programmes de recherche.

**Les villes ne sont toutefois pas que des artefacts matériels, ce sont avant tout des systèmes sociaux complexes.** Les besoins d'interactions humaines sont grandement facilités par les technologies numériques, mais celles-ci ne sauraient définir les finalités de la vie dans une ville. D'où une autre approche de l'innovation, celle des *living labs*, des écosystèmes vivants impliquant toutes les parties prenantes d'une ville et toutes les disciplines scientifiques concernées, qu'elles soient « molles » (les sciences sociales) ou « dures ». Le *living lab* doit représenter toute la diversité de l'écosystème urbain et permet de faire émerger des scénarios et des stratégies.

En l'état actuel de la recherche, les deux champs – techno-centrés et citoyens-centrés – ne se rejoignent pas. Le programme de recherche européen « Fireball »<sup>8</sup> [22] relève trois importants fossés à combler : la capacité, tant des firmes que des citoyens, à développer des solutions basées sur les technologies web ; un écart de créativité très important entre les cœur des technologies web et leur capacité à produire des applications utiles ; et un écart d'entrepreneuriat entre ces applications et leur traduction en services innovants.

L'approche *living lab*, les projets pilotes accompagnés de projets de recherche, l'implication forte des utilisateurs permettent de comprendre de proche en proche les problèmes posés par ces interactions et d'en comprendre les principes. Luis Bettencourt, systémicien au Santa Fé Institute, insiste sur la nature de la ville comme système complexe adaptatif, ou plus, comme **système de systèmes**.

---

<sup>8</sup> Fireball White paper : Smart Cities as Innovation Ecosystems Sustained by the Future of Internet.

Un **système adaptatif** ne peut être défini en détail ex-ante selon les principes de l'ingénierie détaillée. Le concepteur ne peut identifier de manière descendante tous les problèmes qu'une ville va rencontrer et dessiner la ville idéale, comme tentèrent de le faire au début du XX<sup>e</sup> siècle en Angleterre et aux Etats-Unis Ebenezer Howard avec le mouvement des « Garden cities » ou Le Corbusier en France.

Il faut résister, souligne Bettencourt, à la tentation du planificateur de tout planifier dans le détail. Dans la tradition de biologistes comme Patrick Geddes, d'historien comme Lewis Mumford, d'urbanistes comme Jane Jacobs, Bettencourt est le père, avec Geoffrey West, des mathématiques de la ville qui démontrent l'existence de phénomènes de rendements croissants des infrastructures urbaines (le kilomètre marginal coûte moins cher) et des externalités (positives et négatives) produites. D'un côté on peut prédire à gros grains que plus elle va croître, plus, dans une ville :

- \* l'énergie dissipée en transports (de biens et de personnes) croît plus vite que la population, mais aussi les opportunités économiques et le potentiel d'innovation ;
- \* tandis que le rapport entre l'efficacité sociale de la ville et les pertes d'énergie dues au transport est constant quelle que soit la taille de la ville.

En ne jouant que sur les paramètres physiques on va donc rapidement tomber dans des impasses (perdre d'un côté ce que l'on gagne de l'autre). En appréhendant la ville comme un écosystème complexe vivant de relations sociales, on va considérer [23] l'intelligence de la ville à partir des interactions que peuvent maintenir entre eux les habitants : la conception de la ville devient un problème de modélisation des systèmes complexes, plus précisément de **systèmes de systèmes** <sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Selon la définition donnée par l'AFIS (Association Française d'Ingénierie Système) : « Un système de systèmes résulte du fonctionnement collaboratif de systèmes constituants qui peuvent fonctionner de façon autonome pour remplir leur propre mission opérationnelle.. On recherche par cette collaboration l'émergence de nouveaux comportements exploités pour améliorer les capacités de chaque système constituant ou en offrir de nouvelles, tout en ga-

## *B) Le territoire intelligent*

[Retour à la table des matières](#)

Dans le bilan que font les Chinois de leur politique passée de développement urbain, une critique récurrente est d'avoir négligé l'héritage culturel et sociologique de la Chine pour singer le mode de développement occidental qui a produit des villes inhumaines et polluantes. Tant les enseignements de l'urbanisation dysfonctionnelle des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles que des projets pilotes en cours, montrent que la ville ne peut être conçue en apesanteur territoriale et a besoin d'être enracinée dans un territoire porteur d'une histoire et d'un capital social :

- \* La recherche en économie des territoires menée depuis une vingtaine d'années <sup>10</sup> montre l'importance des **actifs immatériels** territoriaux, dont au cœur le **capital social**, qui contribuent à constituer un « **milieu innovateur** » source d'avantage concurrentiel. Ce point n'est pas aujourd'hui intégré ni dans les stratégies des entreprises ni dans les politiques publiques de réindustrialisation des territoires. À l'heure actuelle, la Commission européenne développe le concept de « *smart specialisation* » qui a pour but d'identifier les savoir-faire territoriaux autour *d'enabling technologies* sur le modèle de Porter. Ainsi, le financement européen des territoires (le FEDER) va être remplacé par le financement spécifique de ces *enabling technologies* – ou technologies capacitantes - territorialisées. La région Centre est actuellement pilote pour développer ce dispositif. Il importe que les entreprises intègrent cela dans leur stratégie.

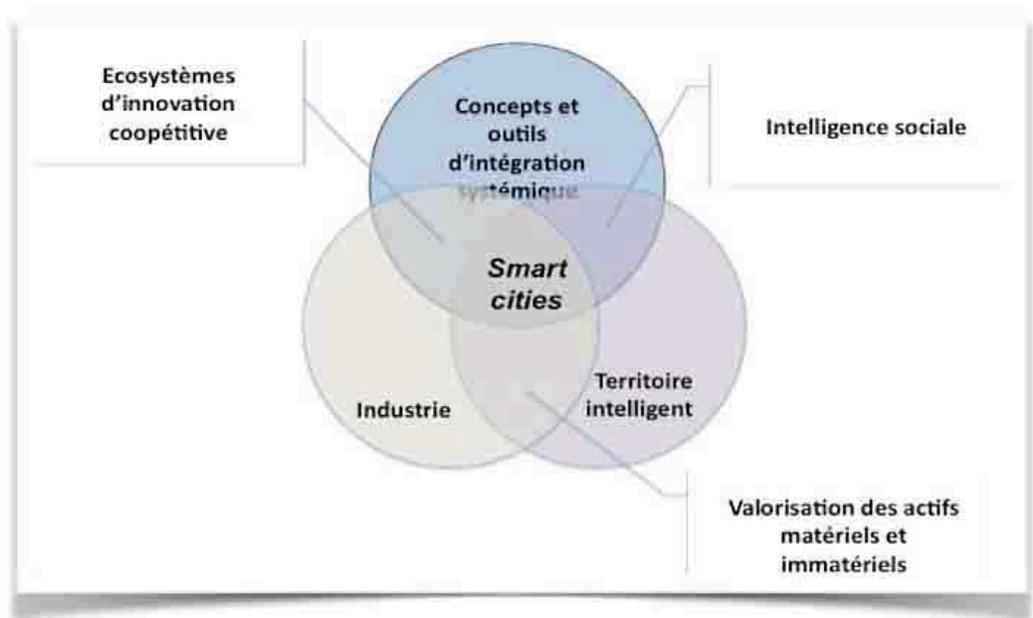
---

rantissant l'indépendance opérationnelle et managériale des systèmes constituants. ». Ces systèmes peuvent avoir des lois de comportements très hétérogènes, à commencer par les systèmes conservatifs qui obéissent aux lois de la physique (comme les *smart grids*) et les systèmes humains dont le fonctionnement ne peut être modélisé par des lois physiques

<sup>10</sup> Notamment au GREMI (Groupe de Recherche sur les Milieux Innovateurs) créé par Philippe Aydalot à l'Université de Neuchâtel.

- \* La conception de la *smart city* ne peut se faire indépendamment des caractéristiques du territoire, en identifiant sa dynamique de « milieu [24] innovateur » selon le concept développé par Philippe Aydalot et ses dimensions anthropologiques : histoire, culture, démographie, ... **L'intelligence sociale** – qui est une des disciplines mères de l'intelligence économique développée par Stevan Dedidjer – jouera donc un rôle critique dans la réussite de la modélisation dès lors que l'on a intégré le fait que c'est l'habitant qui est au cœur de la *smart city* en tant que producteur et récepteur d'informations, d'utilisateur des artefacts et de décideur ultime des choix d'usage des équipements. L'approche par les écosystèmes répond aux besoins d'une société durable organisée autour du bien commun.

L'intelligence de la ville résultera de la convergence de plusieurs sphères : Le **territoire intelligent** se définit comme une atmosphère qui favorise la prise de risques, avec des transactions riches entre individus et groupes sociaux qui permettent l'évolution dans le temps du territoire.



Plus une industrie est enracinée dans son territoire, plus elle développe des avantages concurrentiels spécifiques produits par les inter-

dépendances avec le tissu local qui rendront, par exemple, les délocalisations basées sur le coût du travail sans intérêt. Une offre industrielle, pour produire une ville intelligente, ne peut se [25] contenter d'additionner des technologies mais doit rechercher les synergies par le principe de coopération <sup>11</sup>.

La ville intelligente résultera de l'intégration des composantes humaines et matérielles, ce qui nécessite le **développement de méthodes d'ingénierie des systèmes complexes adaptées à la conception des villes** qui font appel tant aux sciences dures qu'aux sciences sociales qui permettent de comprendre que l'habitant et citoyen jouent dans l'évolution de la ville, ce qui est au cœur de la stratégie chinoise représentée ci-dessous <sup>12</sup> :



- <sup>11</sup> Coopétition : obligation pour les entreprises d'être à la fois en compétition et en collaboration pour définir des offres globales.
- <sup>12</sup> Présentation du professeur Quangbin Wang, Doyen de la School of Economics and Management, Tongji University, au Séminaire international sur les smart cities, Shanghai, oct. 2014.

[26]

## 4) Une méthodologie pour le pilotage de la complexité des villes intelligentes.

[Retour à la table des matières](#)

En octobre 2012, au forum Eurocities de Vienne, un membre du groupe « transports intelligents » de la direction pour la mobilité de l'Union européenne faisait remarquer qu'aucun des projets pilotes financés ces dernières années par la Commission européenne n'avait pu être formalisé et encore moins reproduit. Le but de la modélisation systémique est précisément de pouvoir mesurer les impacts d'un changement endogène ou exogène en cartographiant les liens entre les paramètres et variables d'un écosystème.

La synthèse de l'approche méthodologique proposée est jointe en annexe dans un papier scientifique, qui a fait l'objet de présentations et de discussions dans plusieurs arènes scientifiques internationales <sup>13</sup>. On en reprend ici les concepts de base :

### *A) Définition d'un écosystème urbain*

Un **système** est un ensemble dynamique de sous-systèmes en interaction (systèmes de gestion de l'énergie, systèmes de transports, systèmes de gestion de l'eau, systèmes sociaux, écosystèmes climatiques

---

<sup>13</sup> Dialogues transatlantiques de Lugano, juin 2014, Congrès de l'Institut International des Sciences Administratives, Ifrane (Maroc) juin 2014, Living in a living city, Paris, et le *Curso de Sostenibilidad de Ciudades: Modelos para una mejor Gestión y Planificación*, Banco Interamericano de Desarrollo, Santander, juillet 2014, *Smart cities international seminar, Tongji university*, Shanghai, Oct. 2014. Il a été accepté pour publication par le Complex Science and Design Management, Springer Verlag, Nov. 2014.

locaux, habitants ...) et qui interagit avec son environnement en étant capable de conserver son identité et d'enrichir sa diversité interne.

La condition pour qu'une ville soit intelligente est qu'elle soit traitée comme un **système de systèmes**, soit un ensemble de systèmes hétérogènes qui ont leur dynamique systémique autonome mais qui sont en interaction dynamique pour créer un méta système. L'échange d'information au sein d'un système de systèmes est donc un point critique qui suppose une base d'information commune et une interopérabilité des données reposant sur une sémantique et une syntaxe commune.

Un **écosystème** diffère donc d'un système en ce qu'il est capable, par la seule interaction de ses éléments internes, de reproduire les règles de fonctionnement, [27] voire de produire de nouvelles règles de fonctionnement, en tout (comme dans le cas des systèmes autopoïétiques) ou partie.

Par « **écosystème urbain** », nous entendons, par analogie avec le concept d'écosystème naturel, un écosystème construit par l'homme intégrant l'ensemble des éléments constitutifs d'une ville qui interagissent de manière naturelle, entre eux et avec leur environnement, dans un état global d'équilibre qui permet la durabilité de la ville dans ses échanges avec son environnement : prélèvement de ressources, création de richesse et de bien-être, rejet et recyclage de déchet. L'écosystème ne peut être durable au sens où il n'y aurait pas d'entropie. Il ne peut l'être que s'il a des activités qui génèrent de l'entropie négative (ou néguentropie). Cette relation entropie – néguentropie peut être définie par l'architecture système.

Par application de la loi de variété requise (ou loi de Ashby), plus est grande la quantité de paramètres et de variables, plus on peut dessiner des écosystèmes complexes, mais plus leur fonctionnement sera difficile à maîtriser. Par exemple, plus grandes sont les sources d'énergie, plus on peut définir un « mix énergétique » pour alimenter la ville, plus grande est la diversité d'architecture des écosystèmes.

Le choix de la **frontière du système** est donc critique au regard du problème à traiter, ce qui est un point clé de l'ingénierie des systèmes complexes : définir ce qui est « dedans » et ce qui est « dehors ». Dans la vie réelle, ce système sera soumis à des actions déstabilisantes de

l'extérieur dont certaines menaceront l'équilibre interne de l'écosystème.

Aussi une caractéristique essentielle de l'écosystème urbain durable, comme des écosystèmes naturels doit être la **résilience**, soit la capacité à s'adapter, par apprentissage, à des fluctuations rapides de l'environnement, notamment les crises et les catastrophes, et à générer de nouvelles règles qui lui permettent de faire face à un accroissement de la turbulence externe.

L'école des **organisations à haute fiabilité** (*High-Reliability Organizations*) permet de définir les traits organisationnels en terme de design des processus, circulation et traitement de l'information, compréhension et maîtrise des facteurs humains et système de pilotage pour permettre la durabilité de l'organisation dans un environnement turbulent intégrant les catastrophes prédictibles main non prévisibles (submersion marine, activité sismique, terrorisme...).

[28]

**La compétence critique est donc celle d'architecte et d'ingénierie des systèmes complexes** et l'attribution de cette compétence à un acteur central qui pilotera les interactions entre les compétences d'architecte des propriétaires de sous-systèmes. Il faut également définir les rôles et prérogatives des acteurs locaux qu'on peut penser être détenteurs d'une forme de pensée collective et d'une énergie créatrice difficile voire impossible à modéliser, mais qui doit être prise en compte par les systèmes de rang supérieur.

La durabilité de la ville repose donc sur une architecture de compétences et de rôles distribués dans des sous-systèmes. Cette compétence va devoir principalement se développer chez l'aménageur public, mais aussi dans les modèles d'affaires de chaque firme afin d'intégrer des métriques d'optimisation de l'ensemble de la ville et non pas seulement de la firme.

## ***B) Définition et conception du méta-modèle de l'écosystème urbain de ville durable***

[Retour à la table des matières](#)

Le concept d'écosystème urbain durable se définit – comme tout système – par sa finalité, soit, dans le cas d'un système habité, un **bien commun** qui est supérieur à la somme des parties, et les interactions entre les fonctions – que l'on analyse ici, dans la logique des systèmes de systèmes, comme des sous écosystèmes - qui le composent : eau, alimentation, santé, énergie, transports urbains et interurbains, habitat, travail, économie numérique, loisirs, sports...

**Le principe de la modélisation** suppose que l'on puisse définir, au sein d'un cadre de référence englobant les visions multiples de la réalité urbaine, des paramètres valables pour toutes les villes où qu'elles soient, puisque toutes les villes ont à gérer des fonctions transport, énergie, habitat, etc. et à les intégrer. C'est la valeur de ces paramètres (les variables) qui va changer selon les contextes, paramètres qui ne seront pas les mêmes partout (le paramètre « gestion des typhons » ne sera pris en compte que dans les zones vulnérables connues) et ne peuvent être dénombrés de manière définitive (le risque technologique peut faire apparaître de nouveaux paramètres) <sup>14</sup>.

[29]

De plus, les interactions entre ces différentes fonctions du système sont génératrices d'émergences incontrôlées, qui ne pourront l'être

---

<sup>14</sup> **La notion de modélisation** est mal interprétée dans la logique positiviste occidentale, française particulièrement, en ce qu'elle entend par "modèle" un idéal-type de ville qui serait à reproduire à l'identique en tout temps et en tout lieu, à l'image des cités-jardins du début du XX<sup>e</sup> siècle. Au contraire, nous entendons ici par modélisation celle de la science des systèmes, à savoir une représentation abstraite d'une réalité reposant sur des règles communes. Ici le processus de modélisation compte autant sinon plus que le modèle final comme représentation, qui va permettre d'évaluer la pertinence de ce processus. La modélisation est un processus itératif de résolution de problème entre des hypothèses et leur traduction dans une réalité future et encore abstraite.

que par un travail de modélisation évolutive et apprentissage renforçant la résilience.

Cela suppose que les parties prenantes aient **les mêmes bases d'information et les même règles de description des données** (sémantique et syntaxe) pour entrer dans des processus d'intégration. Dans le domaine de la construction des villes, le standard BIM (*Building information modeling*) est un langage de modélisation permettant aux maîtres d'oeuvre et maîtres d'ouvrage d'intégrer leurs projets dans une représentation en 6D (3D plus temps, coût et maintenance dans la durée). BIM s'est développé à partir de 1987, date de la première version d'un logiciel de virtualisation ArchiCAD par la société Graphisoft. Il permet de gérer l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, de la conception à la démolition, facilitant ainsi le recyclage (empreinte écologique des matériaux, réutilisation, etc.) et s'intègre parfaitement dans la logique du PLM (*Product Lifecycle Management*).

La logique sous-jacente de BIM est celle de l'architecture système: faire porter l'effort dès l'amont sur l'intégration. L'absence d'intégration amont va entraîner la saisie multiple des mêmes informations (on estime que les données géométriques d'un bâtiment sont saisies sept fois au cours d'un processus de construction) avec la multiplication d'erreurs inhérentes, et surtout décrites dans des langages et des logiciels différents. Le coût en aval de ces erreurs (travail à refaire, contentieux...) est estimé en France à 10 milliards d'euros. Dans BIM, ces informations représentées dans un standard commun deviennent des *building blocks* réutilisables par chaque système de métier grâce à un format d'échange commun IFC (*Industry Foundation Classes*).

Limité initialement aux bâtiments eux-mêmes, ce langage s'étend aux impacts sur l'environnement (*Green BIM*). Des variables physiques centrales, les outils de modélisation s'étendent donc progressivement à l'environnement des projets pour visualiser l'impact final des hypothèses.

Le standard BIM est un bien public développé par des groupements d'entreprises, porté par des institutions académiques où l'Université de Stanford est en pointe. Formant de nombreux diplômés chinois, elle bénéficie de ce fait d'un accès [30] privilégié aux mar-

chés chinois et asiatiques. L'adoption du standard BIM est désormais obligatoire à Singapour et va le devenir dans plusieurs pays d'Asie.

Cette approche de la modélisation nous fait écarter d'emblée l'hypothèse d'une « ville verte » qui n'aurait aucune émission de carbone et aucun rejet de déchets, qui ne saurait être une ville complète intégrant toutes les activités urbaines puisqu'il faudrait lui imputer les émissions carbonées et les atteintes à l'environnement des activités importées.

Concevoir un écosystème urbain pose d'abord un problème d'architecture globale des sous-systèmes qui la composent, et de compréhension et prise en compte des critères comportementaux des humains qui habitent ces écosystèmes. **L'hypothèse de recherche, issue de l'architecture des systèmes complexes**, est qu'il est possible de définir un **méta-modèle**<sup>15</sup> (*framework*) de référence d'un écosystème urbain qui permettra d'intégrer ces fonctions et se déclinera en une grande variété de modèles en fonction des valeurs attribuées aux paramètres. Ces méta-modèles définissent des **règles d'assemblage des fonctions de base (les building blocks)**, un **langage commun** pour les métiers, des méthodes d'interfaçage des fonctions, des dictionnaires de données communs et des règles sémantiques de traitement.

L'architecture de systèmes complexes intervient alors comme **discipline intégrative**, permettant de réintroduire des possibilités de pilotage de ces évolutions. D'une vision qui additionne les fonctions spécialisées, divisées par leur technicité et préoccupées chacune de leur propre optimisation, elle propose une approche qui intègre les interactions entre les différentes fonctions. En effet, l'optimisation locale ne signifie pas optimisation globale; **la sur-optimisation des fonctions peut même déboucher sur la sous-optimisation du système** dans son ensemble.

Chacune de ces fonctions peut être considérée comme un paramètre à affecter d'une variable de pilotage qui varie selon les contextes entre des valeurs limites qui seront données par les contraintes de

---

<sup>15</sup> Un méta-modèle est « un ensemble d'outils utilisables pour développer une large gamme d'architectures », soit de règles et de méthodes de conception valable, dans des limites définies, pour tous les écosystèmes urbains durables. Il ne faut pas le confondre avec un outil unique de modélisation qui encapsulerait tous les cas de figure, ce qui est, en pratique, impossible.

l'environnement (par exemple la capacité maximale [31] d'alimentation ou de traitement des eaux) ou par le choix du concepteur qui décidera de limiter la taille de la ville à un nombre donné d'habitants. On choisira selon le contexte de piloter en premier lieu le paramètre « énergie », le paramètre « eau », etc.

**Il ne saurait donc s'agir de définir un modèle générique** permettant de concevoir tout type de ville dans tout type d'environnement. Le nombre de paramètres et les valeurs limites qu'ils prendront ne pourront être déterminés *ex-ante* de manière certaine, par exemple dans une zone aride et dans une zone de mousson, même s'il est en théorie possible de monter dans les niveaux d'abstraction et de définir le méta-modèle du méta-modèle, au fur et à mesure que s'accroît la complexité, l'exercice de modélisation se fait à partir de la réalité d'un type de ville et ne permettra que dans le moyen terme, par la multiplication de projets pilotes, de définir ces méta-règles.

En pratique, **chaque écosystème urbain sera différent** puisqu'il sera le résultat d'une combinatoire entre ces paramètres qui dépendra de critères politiques, sociaux et économiques qui seront propres à chaque contexte.

### ***C) Les conditions de durabilité de l'écosystème urbain***

[Retour à la table des matières](#)

La durabilité de ces écosystèmes repose sur leurs **capacités d'évolution** en fonction de la variation des paramètres internes et externes : cycle de vie des fonctions et de leurs organes, changement technologique exogène et **capacité d'absorption** <sup>16</sup> des firmes. Dans cette perspective, l'écosystème est capable d'apprendre compte tenu

<sup>16</sup> La capacité d'absorption est un concept fondamental en intelligence économique : c'est la capacité à reconnaître la valeur d'une information, idée nouvelle ou avancée scientifique pour la transformer en opportunité économique. Les firmes nord-américaines qui ont délocalisé leur R&D dans les pays émergents pilotent cet indicateur pour mesurer si elles sont toujours en possibilité de transformer plus rapidement les avancées réalisées à l'étranger.

du phénomène de dépendance de sentier <sup>17</sup> (ou trajectoire technologique) identifié par les économistes évolutionnistes, qui implique d'évaluer l'histoire et la dynamique du capital social de l'écosystème et de son territoire. La recherche, menée sous l'impulsion de Erik Von Hippel, montre en outre que la connaissance est « collée » (*sticky*) à un territoire et très difficile à déplacer.

Comme tous les systèmes, l'écosystème tend vers l'homéostasie soit la reproduction à l'identique tout en étant capable d'évolution le long d'une trajectoire technologique. C'est à la fois un avantage puisque le territoire est constitutif de son [32] avantage concurrentiel (il n'est ni copiable ni délocalisable) et un inconvénient en cas de rupture technologique qui impose des inflexions de trajectoire.

En tant que système de systèmes, l'écosystème urbain comprend **deux types de systèmes de régulation** :

- \* *d'une part*, les systèmes de régulation des flux pouvant être modélisés selon les lois de la physique – dits **systèmes conservatifs** - de type *smart grid* pour l'électricité, mais dont le principe vaut aussi pour l'eau (*smart water*), dont la performance dépend directement des systèmes numériques à capter et traiter les données et à envoyer les instructions appropriées.
- \* *D'autre part*, les systèmes qualitatifs – dits **systèmes dissipatifs** – basés sur des interactions essentiellement organisationnelles et humaines, ne pouvant être expliqués que par les principes de la sociologie et de l'économie institutionnelle. Ainsi le système « la santé dans la ville », sera l'émergence d'un système humain reflétant le type de vie sociale permettant la vie en bonne santé (par exemple en maintenant les personnes âgées dans un environnement de relations sociales riche et aidant) et d'un système physique constitué de centre de santé allant du dispensaire à l'hôpital lourd.

---

<sup>17</sup> La dépendance de sentier résulte d'une chaîne de causalités cumulatives, chaque effet devenant plus dépendant de la chaîne causale amont.

L'enjeu va résider dans la capacité à concevoir des systèmes focalisés sur des paramètres spécifiques : les énergies décarbonées dans les pays développés, les systèmes de traitement, de distribution et de gestion de l'eau dans les pays en développement, puis des écosystèmes urbains complets comme des villes propres par exemple. La Chine a ainsi commandé au cabinet anglais ARUP, à partir du premier essai réalisé pour la ville de Dongtan, une écocité basée sur l'intégration entre ville et campagne à Wanzhuang, qui serait en fait un cluster d'activités rurales traditionnelles et économiques de pointe. Ceci dans la perspective de concevoir un développement intégré des activités rurales traditionnelles de la Chine et industrielles dans le cadre d'une ville moyenne de 400 000 habitants.

### *D) L'architecture comme cadre de représentation*

[Retour à la table des matières](#)

L'architecture propose un **cadre de pensée** pour intégrer ces sous-systèmes de manière à concevoir un système régulier <sup>18</sup>. Le design de l'architecture systémique pose plusieurs problèmes.

[33]

Un système ne peut être intégré par l'addition de ses sous-systèmes : le système possède des **propriétés émergentes** qui ne peuvent être modélisées dans les sous-systèmes et sont le produit des interactions entre eux. Classiquement, les fonctions « sécurité » ou « confort » dans une automobile ne sont pas imputables à un système en particulier mais sont une propriété émergente. Une ville à énergie positive n'est pas une somme de bâtiments à énergie positive. Un système se structure par interactions entre ses fonctions au service d'une finalité : le bien commun.

---

<sup>18</sup> Un système régulier est un système dont on peut déterminer les paramètres de pilotage à partir de la rétroaction des sorties sur les entrées. L'opposé d'un système régulier est un système chaotique, qui est un système semi-déterministe dont on ne peut complètement comprendre les lois de comportement.

Le **bien commun d'un système** est une fonction émergente qui doit être pilotée. Garrett Hardin a illustré ce problème dans la *Tragédie des biens communs* (1968) : si chaque berger optimise l'utilisation des communs pour améliorer sa productivité, il fait décroître la productivité du tout et détruit le bien commun. Elinor Ostrom (1991) a montré, qu'à l'opposé, les communautés étaient capables de **faire émerger des institutions pour éviter la tragédie des biens communs**. La **compréhension des émergences** est donc au cœur du travail du modélisateur.

La **vision fonctionnelle** est une représentation abstraite de ce que doit faire le système, un « modèle » (« *nous ne raisonnons que sur des modèles* », Paul Valéry) dont il faut d'abord définir les frontières (un système est toujours le sous-système d'un système plus vaste) en fonction de la finalité qu'on souhaite lui donner et la capacité à la piloter.

La **complexité** du modèle est fonction du nombre d'interactions entre ses composantes. Cette complexité est accrue par **le non-alignement de trois référentiels** : les « opérations » sont réalisées par des « fonctions » qui peuvent servir à plusieurs opérations, et qui sont servies par des « organes » qui servent à plusieurs fonctions.

[34]

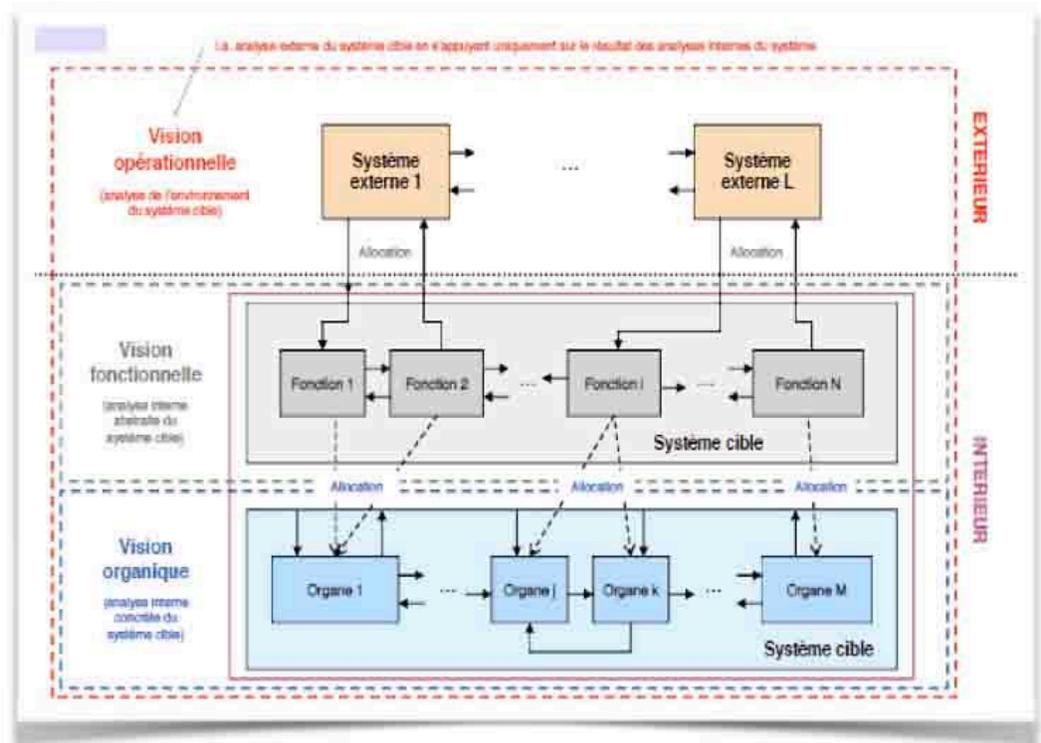


Figure 2: Schéma générique d'intégration système (source: Daniel Kroh)

On voit que l'enjeu de l'intégration est un art délicat qui devra, d'une part, adopter le bon niveau d'abstraction du modèle à piloter, identifier les interactions souhaitables et non-souhaitables, et, d'autre part, rechercher le maximum d'interopérabilité des fonctions et des organes. Il s'agit donc de définir un niveau de complexité pertinent qui allie trois qualités : la capacité à remplir une mission, la pilotabilité et l'économie.

[35]

**L'architecture système** permet de répondre à la contradiction entre l'idée de faire une ville parfaite et celle, opposée, d'une absence totale de référentiel. Christopher Alexander, anthropologue et architecte, a écrit un ouvrage qui reste un des plus lu sur l'urbanisme *A Pattern Language*. Alexander a compilé une boîte à outils de configurations urbaines (les *patterns*) pouvant présenter les réponses apportées par le passé aux problèmes de conception des villes. L'idée fondamentale d'Alexander est que la très grande majorité des questions

qui se posent aujourd'hui se sont posées par le passé et on trouve des réponses dont on peut s'inspirer. Le travail de l'architecte peut donc être facilité en utilisant cette banque de solutions, en évitant de les réinventer et en faisant porter son effort sur l'intégration qui est le lieu de la véritable innovation <sup>19</sup>. Par exemple, Alexander pour lutter contre les effets négatifs de la séparation des lieux de travail et d'habitation, définit des règles génériques sur le « travail réparti » (Figure 3).

*Fig. 3. Extrait du chapitre 9 de Pattern language.*

What are the requirements for a distribution of work that can overcome these problems ?

1. Every home is within 20-30 minutes of many hundreds of workplaces.
2. Many workplaces are within walking distance of children and families.
3. Workers can go home casually for lunch, run errands, work half-time, and spend half the day at home.
4. Some workplaces are in homes; there are many opportunities for people to work from their homes or to take work home.
5. Neighborhoods are protected from the traffic and noise generated by "noxious" workplaces.

<sup>19</sup> Les idées d'Alexander ont trouvé leur application dans le développement de l'architecture système appliquée aux logiciels avec les architectures objet et les logiciels de gestion intégrés qui sont bâtis à partir de processus représentant les meilleures pratiques démontrées. L'enseignement des pratiques de l'architecture des systèmes d'information souligne que le travail créatif est dans l'intégration de ces outils – ou processus – au regard d'une situation spécifique et non dans leur copie.

[36]

## 5) Quelle formation pour les acteurs de la ville intelligente ?

[Retour à la table des matières](#)

La planification urbaine de la ville intelligente ne pourra plus être la planification descendante du XX<sup>e</sup> siècle. Elle combinera des « master plans » fixant des lignes directrices incarnant la vision stratégique des parties prenantes de la ville. La conception systémique modulaire à partir de « building blocks » devra permettre la mise à jour de la ville en fonction des changements dans la société, l'économie et l'environnement. Il s'agira de marier le long terme et le temps réel et d'intégrer les habitants dans la conception, ce qui n'a rien d'évident. La **ville de Christchurch** en Nouvelle-Zélande a été détruite par un tremblement de terre en septembre 2010. Un processus participatif des habitants a permis de définir un nouveau master plan pour la ville, mais ce processus ascendant heurte de front les plans gouvernementaux : les deux approches ne se rejoignent pas, le conflit est en cours.

L'accès aux **données ouvertes** permet aux habitants d'imaginer un nouveau futur pour leur ville et le développement des outils de simulation numérique leur donne un réel pouvoir faisant de la stratégie urbaine un **processus politique**. Ce qui change dans la planification urbaine par rapport au XIX<sup>e</sup> et au XX<sup>e</sup> siècle, ce que nous avons une abondance de données de toute nature que nous n'avions pas, des moyens de communication instantanés et des outils de modélisation du futur qui vont aller en se développant.

**Former les acteurs de la ville intelligente** doit donc passer par :

- \* des **projets pilotes** de construction de ville. Il faut profiter de l'expérience des pays émergents qui peuvent construire des villes à partir de rien, comme Benguerri et Zenata au Maroc, au Brésil et en Chine. Ces projets doivent appliquer les approches

descendantes et ascendantes qui intègrent les habitant et la résolution de problème au quotidien.

- \* Une **expérimentation** à la fois **d'architectures physiques et humaines**, avec des processus délibératifs qui mettent en avant le rôle de l'habitant comme utilisateurs final (« end-user ») mais aussi comme producteur primaire de données et d'information (« prod-user ») par l'usage, actif ou passif, des technologies de l'information ( le *smart phone*, notamment).

[37]

- \* Une **intégration des disciplines scientifiques** qui suppose une convergence des institutions académiques et industrielles <sup>20</sup> et le développement d'une culture et d'un langage commun aux disciplines et aux structures. Cela prend du temps et ne peut progresser que par des pratiques en commun de résolution de problème. Le système français est ici handicapé par la rivalité entre disciplines et la compétition pour les financements, propre au système académique, tandis que le développement des pôles de compétitivité peut apporter un espace pour que se crée cette convergence autour de projets de recherche appliquée. Là encore les émergents sont plus dynamiques: lors des séminaires internationaux organisés par l'université Tongji de Shanghai <sup>21</sup> (qui est une université d'ingénierie) une large place a été faite aux sciences sociales et cette université compte un département de management public qui est en pointe sur les projets pilotes de *smart cities*.
- \* La **formalisation d'un corpus de méthodes et d'outils** de modélisation des systèmes complexes commun à toutes les parties prenantes (voir ci-après l'approche ULM), notamment intégrant les domaines "durs" modélisant en ayant recours aux lois de la physique et les domaines "mous" des systèmes humains qui ne peuvent être que partiellement modélisés en ayant recours aux sciences sociales. Les premiers peuvent être travaillés en déve-

<sup>20</sup> La nécessité d'une telle convergence est soulignée par le rapport des National Academies, 2014, « Convergence, facilitating Transdisciplinary integration of life sciences, physical sciences, engineering and beyond »

<sup>21</sup> The International Symposium on Sustainable Development of Eco-Smart City, Tongji University, Shanghai, Oct. 2014.

loppant les approches basées sur BIM, mais là encore la politique publique en France est très en retard. Ce n'est qu'en juin 2014 qu'une lettre de mission a été donnée par la ministre du logement au président du CSTB qui, si elle reprend le concept de BIM (en français Bâtiment et Informations Modélisées), n'en retient en pratique que l'aspect visualisation numérique, soit une approche strictement 3D limitée à la visualisation finale des plans, qui n'aborde pas la question du processus de modélisation et de l'intégration <sup>22</sup>.

- \* **Orienter les financements de la recherche** sur les approches de modélisation systémique pluridisciplinaires. Les tentatives de montage de [38] ce type de projet s'est heurté d'un côté à la rigidité corporative disciplinaire de l'ANR et du rejet par le Ministère de l'Economie des projets n'ayant de débouchés industriels et commerciaux immédiats. La stratégie dite « d'offre globale » développée par l'ancien ministère du commerce extérieur au travers de Vivapolis <sup>23</sup> reste additives, recherchant des convergences commerciales à partir de l'offre actuel des entreprises françaises plutôt que de développer des approches intégratives qui demandent un effort de recherche. Tant les financements FASEP que FUI des projets portés en ce sens par le pôle de compétitivité Advancity ont été refusés.
- \* **Promouvoir les approches basées sur l'ingénierie des systèmes complexes** appliquées à la ville intelligente. De telles approches sont actuellement portées par le CSDM (*Complex Science Design and Management*), créé en 2009 par le CERAMES, qui est très rapidement devenu une événement international à la fois scientifique et industriel qui se tient chaque automne à Paris. **Pour 2015, le thème du CSDM portera sur la conception des *smart cities* et il a demandé à se tenir à Bercy.** Le soutien à cette manifestation par le ministère de l'Economie aurait une portée tant symbolique que méthodologique pour le développement de ces approches à la ville intelligente.

<sup>22</sup> Lettre de mission à M. Bertrand Delcambre, Pdt du CSTP, juin 2014

<sup>23</sup> <http://business.ubifrance.com/vivapolis-fr/>



Figure 4: la citybox

- \* Le  **rapprochement des cadres références des acteurs**. Paradoxalement, les acteurs industriels rencontrés sont plus conscients que les pouvoirs publics de la nécessité d'une approche intégratrice car ils se rendent compte que la viabilité de leur offre est tributaire de ses synergies avec celles des autres industriels. Si aujourd'hui des industriels [39] sont capables de concevoir des « city box » faisant converger flux électriques et numériques à travers l'éclairage urbain, ils se heurtent à l'absence d'intégration de ces fonctions chez les gestionnaires publics.

C'est non seulement le modèle d'affaire des firmes qui doit évoluer, mais surtout celui de la **gestion publique** pour qu'elle développe des compétences d'architecte et d'intégrateur de la complexité.

C'est dans cette perspective qu'a été conçue l'offre de formation **MUST** (*Management of Urban Smart Territories*) par ESCP Europe en partenariat avec l'Université Tongji de Shanghai et l'INSPER de Sao Paulo. Ce projet a été abandonné par ESCP Europe sur décision de sa tutelle consulaire. Il est repris par le CESAMES (Centre d'Excellence sur l'Architecture, l'Economie et le Management des

Systemes), association sans but lucratif issue de la Chaire d'ingénierie des systèmes complexes de l'École Polytechnique et de ParisTech.

Les planches ci-après en résument la structure :

- \* Un voyage de découverte et d'apprentissage (*learning expedition*) dans trois contextes économiques et culturels différents rassemblant des parties prenantes publiques et privées de la politique urbaine de trois pays France, Chine, Brésil.
- \* Un processus d'apprentissage en trois temps : apports théoriques sur la conception des écosystèmes urbains, visites in situ et rencontres avec des acteurs, travail de groupe sur un cas imaginaire.
- \* Chaque pays est responsable de l'organisation du séminaire local et du recrutement des participants. La partie française assure l'intégration pédagogique. L'expertise en matière de modélisation des systèmes complexes est fournie par le CESAMES, institut de formation conventionné avec la chaire d'ingénierie des systèmes complexes de l'École polytechnique.

[40]



Insper

## What is a MUST mission?

10 corporate executives: public and private sectors \* 3 countries: Brazil, China, France

One full week in each country: knowledge, experience sharing, visits, conference

Collective problem solving and knowledge mapping

**A unique and insightful experience**

- The **founding block** of the MUST programme
- A **discovery journey** that examines problems, solutions and realizations in three different cultural areas.
- Discovering the **complexity** of smart cities, beyond ready made thinking
- A unique moment to share experiences in an int'l and **pluricultural context**
- Outcome of a mission: Each participant will have his **roadmap** ready: strategic issues, new business models, new competencies...



[40]



Insper

## The basic assumptions of the programme

- A smart city is **not** putting lipstick on a bulldog: Greenwashing, digitalwashing...
- A smart city **is** an **ecosystem** that includes the city **and** its periphery
- A smart city **is** a city where one may live and work in:
  - Economic wealth creation
  - Social life
  - Common weal
- A resilient architecture:
  - A living system based on cooperation between actors: Public authorities, private corp., citizens
  - A properly designed architecture made with off-the-shelves components
  - Systemic resilience is leveraged using IT
- Approaching different methodologies according to the maturity of the urban fabric
- It implies a sea change in firms business models that must be thought regarding their impact on the ecosystem as a whole, and in the monitoring of the urban policy by public authorities.

What is our shared vision?



[41]



# Insper

## What are we talking about?

- We consider an ecocity as a sustainable **urban ecosystem**: an ecosystem is a system, meaning that **the city is more than the sum of its parts**, having “eco” properties, meaning internal capabilities to reproduce itself according to the principles of **resilient organizations**.
- This requires a huge utilization of **digital technologies** to model the interaction of the functions of the city, but keeping in mind that the effective monitoring of the city is carried about by its inhabitants.
- We adopt a **comprehensive approach** at three levels
  - At the macro level: The strategic issues at stake for a country, in both case of a developed and a developing country
  - At the meso level: The understanding of the dynamics of a territory, urban sociology, ecosystemic innovation, institutional dynamics and public management.
  - At the micro level: Principles of system architecture, functional integration, new business models and new competencies.



[41]



Insper

### What will be the topics of the program? (1)

- Competitive intelligence, the strategic issues with ecocities:
  - The transition toward a low carbon economy,
  - The techno-paradigm shift toward the IIIrd industrial revolution
  - Catching-up and forging ahead urbanization strategies for developed and developing countries
  - Locking-in the architecture of ecocities: the battles for norms and standards
- New businesses and new practices
  - Complex system architectures applied to ecocities modeling
  - Green IT and IT for Green
  - Digitizing the business models and ecosystemic innovation
  - The role of the public architect as an integrator



[42]



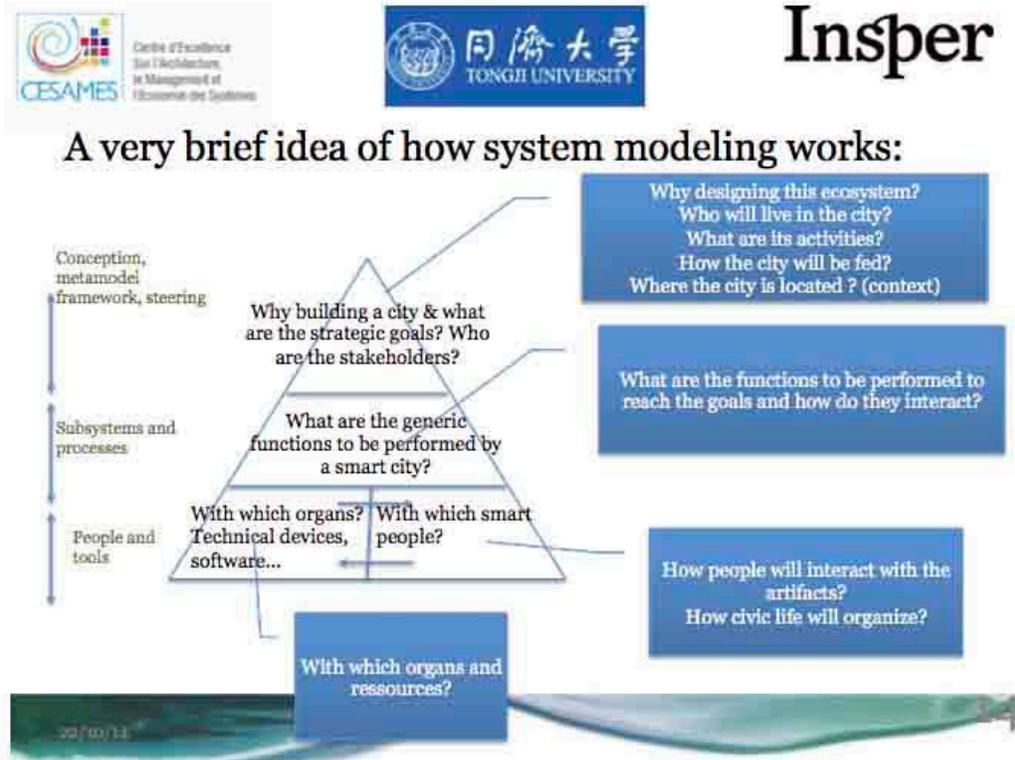
Insper

## What will be the topics of the program? (2)

- Managing technology for integration
  - The dynamics of functional emergence in urban architecture
  - Top down modeling versus bottom up integration: big data, technical interoperability, Systems of Systems (SoS) architecture,
  - Learning through pilot projects
- Living in the city
  - The civic life as a source of negentropy
  - The dynamics of institutions and the polycentricity of governance in complex ecosystems
  - Integrating human (dissipative) system and physical (conservative) systems.



[42]



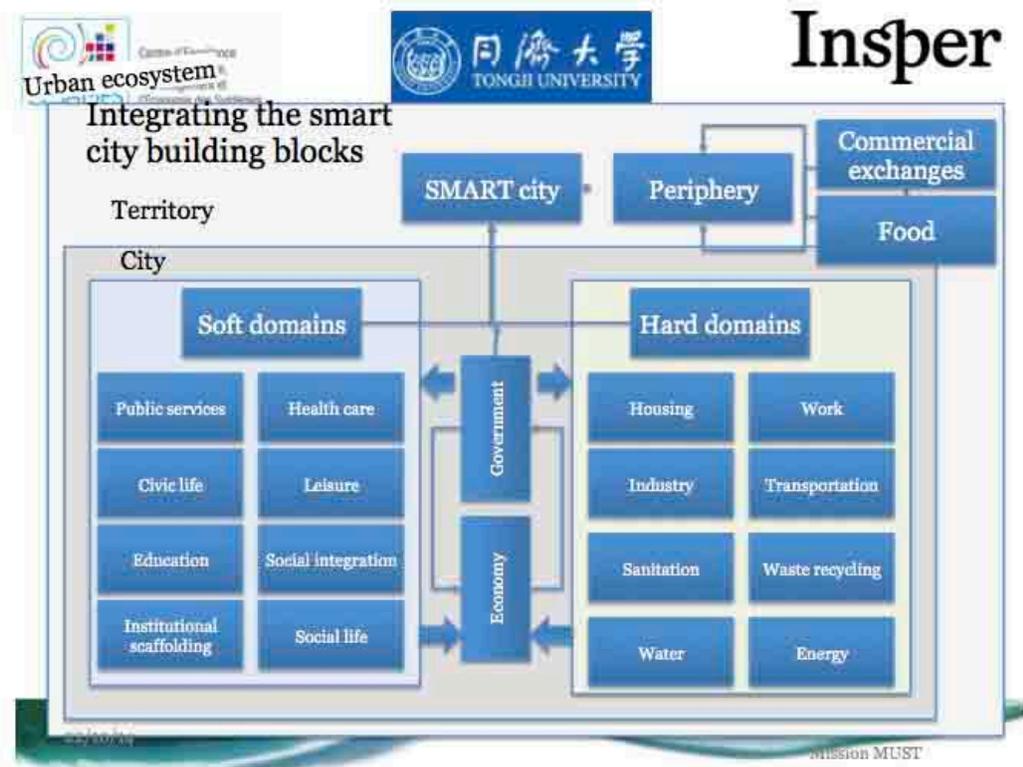
[43]



[43]



[44]



[44]



[45]



[45]



[46]

[47]

[48]

## 6) Présentation de l'approche méthodologique Urban LifeCycle Management (ULM)

[Retour à la table des matières](#)

*Article retenu pour publication Complex Design  
and System Management, 2014,  
Springer Verlag 2014*

URBAN LIFECYCLE MANAGEMENT :  
SYSTEM ARCHITECTURE APPLIED TO THE CONCEPTION AND MONITO-  
RING OF SMART CITIES

Claude Rochet <sup>1</sup> et Florence Pinot de Villechenon <sup>2</sup>

1. Professeur des universités  
Aix Marseille Université  
IMPGT AMU CERGAM EA 4225  
ESCP Europe Paris  
Service de Coordination à l'intelligence économique  
– Ministère de l'Economie et des Finances Paris  
[Claude.rochet@univ-amu.fr](mailto:Claude.rochet@univ-amu.fr)

2. Directeur CERALE,  
Centre d'Etudes et de Recherche Amérique latine Europe  
ESCP Europe Paris  
[pinot@escpeurope.eu](mailto:pinot@escpeurope.eu)

**Abstract:** At date, there is no standardized definition of what a smart city is, in spite many apply to propose a definition that fit with their offer, subsuming the whole of the city in one of its functions (smart grid, smart mobility...). Considering the smart cities as an ecosystem, that is to say a city that has systemic autopoeitic properties that are more than the sum of its parts, we develop an approach of modeling the smartness of the city. To understand how the city may behave as a sustainable ecosystem, we need a framework to design the interactions of the city subsystems. *First* we define a smart city as an ecosystem that is more than the sum of its parts, where sustainability is maintained through the interactions of urban functions. *Second*, we present a methodology to sustain the development over time of this ecosystem: Urban Lifecycle Management. *Third*, we define the tasks to be carried out by an integrator of the functions that constitute the smart city, we assume public administration has to play this role. *Fourth*, we present what should be a smart government for the smart city and the new capabilities to be developed.

[49]

At date, there is no standardized definition of what a smart city is, in spite many apply to propose a definition that fit with their offer, subsuming the whole of the city in one of its functions (smart grid, smart mobility...). *First* we define a smart city as an ecosystem that is more than the sum of its parts, where sustainability is maintained through the interactions of urban functions. *Second*, we present a methodology to sustain the development over time of this ecosystem: Urban Lifecycle Management. *Third*, we define the tasks to be carried out by an integrator of the functions that constitute the smart city, we assume public administration has to play this role. *Fourth*, we present what should be a smart government for the smart city and the new capabilities to be developed.

This paper is based on case studies carried out within the cluster Advancity (France) for the urban ecosystem issue, and other case studies on the intention to design new business models based on the concept of extended enterprise and extended administration. It relies on the state of the art in complex system architecture as developed in information system and system engineering in complex products such as aircrafts, to envisage how these competencies may be adapted to public services in their collaborative work with private firms.

### *What is an urban ecosystem?*

[Retour à la table des matières](#)

A smart city is more than the sum of “smarties” (smart grids, smart buildings, smart computing...) but there is not, at the present time, a precise and operational definition of what a smart city is (Lizaroiu & Roscia, 2012). Several pretenders exist on what a smart city could be (Songdo in Korea, Masdar in Abu Dhabi,...) but they are not cities to live in, they are demonstrators, propelled by big companies (e.g. Cisco in Songdo) who apply a particular technology to the conception of a city.

In the literature, the smart city is recently defined as an ecosystem, that is to say a system where the whole is more than the sum of the parts and has autopoietic properties (Neirotti et al., 2013).

For the systems architect this approach implies:

[50]

- \* Defining a perimeter that comprehends all the components that have a critical impact on city life: the city needs to be fed, imports products that may have been manufactured on a basis that does not fit with sustainable development requirements (pollution, children work or underpaid workers, carbon emissions...). These costs and environmental impact must be charged to the city balance.
- \* Considering the system as a living system where the behavior of inhabitants determines the sustainability of the ecosystemic properties of the city. The underlying assumptions are material systems in addition to immaterial ones – as history, culture, anthropology and social capital – play their role. A recent trend in the literature on development economics, which is contrary to the fad of mainstream economics that consider all territories alike, put the emphasis on the “smart territory” as an unstructured cluster of tradition, culture, and informal institutions able to shape an innovative milieu (Aydalot, 1986).

If the city is an ecosystem, according to the laws of general system theory (Ashby, 1962) it may be represented as shown in figure 1:

- A) It has a finality made of strategic vision borne by stakeholders (public and economic actors), people living in the city and sustaining this finality through their activities, and preserves its identity by interactions with its environment.
- B) This system may be broken down in tree structures of subsystems: the functions. These functions belong to hard and soft domains. Hard domains include energy, water, waste, transport, environment, buildings, and healthcare infrastructures. Soft

domains include education, welfare, social capital, public administration, work, civic activity and economy. What makes the city intelligent is the richness of connections between branches. We speak of a tree structure here in the sense of Herbert Simon's architecture of complex systems (1969) where the designer will connect the subsystems to make the system emerge according to the aim it pursues. In his seminal paper "a city is not a tree" (1965) Christopher Alexander, an architect initially trained as mathematician and Professor at Berkeley, criticized the conception of the urban planning movement in America, considering it as a "fight against complexity", with no connections between branches. Modern cities conceived for cars, compared to ancient cities, offer a very poor web of connections. [51] Alexander formalized his idea of the city conceived as a rich overlapping of building blocks in his 1977 book *A pattern language*. This insight of considering the whole as a combination of modular and reusable building blocks lingered on the margins of architecture but has had an enormous influence in the development of object oriented architecture in software design.

- C) These functions are operated using tools and artifacts of which end-users are people, specialized workers and ordinary citizens. The critical point is that people must not fit the tools but, on the contrary, tools and artifacts will fit to people only if the right societal and institutional conditions are met.

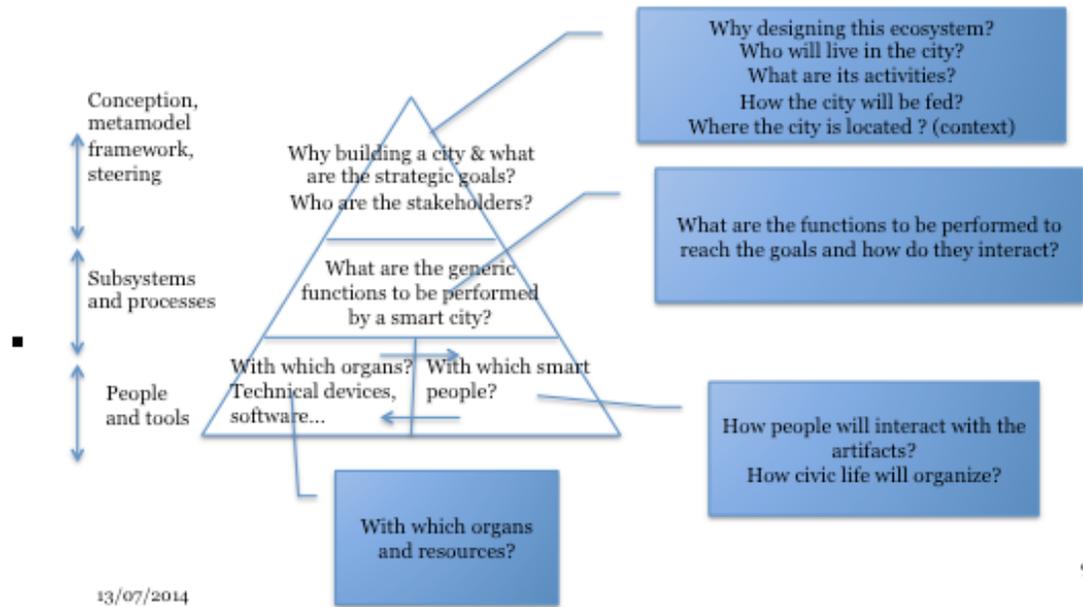


Figure 1.0: architecting the ecosystem

Modeling the ecosystem implies answering three questions (Krob, 2009):

- The first question is WHY the city: what is the *raison d'être* and what are the goals of the city regarding WHO are the stakeholders and which activities will support it? Beginning with this question may avoid the drift towards a techno pushed approach relying on technological determinism, one may find in Songdo or Masdar.
- The question why is then deployed in questions WHAT: What are the function the smart city must perform to reach these goals? These functions [52] are designed in processes grouped in subsystems aligned with the goal of the main system.
- The third set of questions concern HOW these functions will be processed by technical organs operated by the people who are the city executives and employees, and the city dwellers as end users.

The issue is not to define an ideal type of smart city since all the “fitting conditions” that make the city smart will be different according to the context, but to define modeling rules to conceive and sustain the ecosystem.

## ***B)The global framework: Urban Lifecycle Management©***

[Retour à la table des matières](#)

Since the advent of the “death of distance” with the revolution of transportation by the middle of the XIX<sup>o</sup> century, the appearance of networks of infrastructure technologies and the spread of the telegraph that transformed the government of the city, critical obstacles to the growth of cities were removed. Today digital technologies amplify this move, providing new tools such as smart phones that became a digital Swiss knife that allows inhabitants to be active actors in the city life, communicating and coordinating with each other, using and feeding databases. Doing this, digital technologies may produce the best and the worst. The point is each city contains the DNA of its own destruction. Smart cities digital infrastructure amplifies the possibilities of manifestation of discontent, worsening the gap between have and have-nots. Smart cities incur the risk to become the digital analogue of the Panopticon Jeremy Bentham’s prison design (Townsend, 2013).

We assume that the rules of complex system modeling and system architecture may apply to the city as well as they apply to products through PLM (Product Lifecycle Management) in that case according to a framework we call Urban Lifecycle Management© (ULM). The difference is a city never dies and must permanently renew its economic and social fabric as well as its infrastructure. An unsmart city will continuously expand according to the laws identified by G. West and L. Bettencourt (2007) that reveal an increasing return in infrastructure investment that allow the city to sprawl indefinitely. The complexity will grow out of control, resulting in a city being the sum of heterogeneous boroughs with strong social and economic heterogeneity and spatial dystrophy.

[53]

We define ULM first and foremost as a tool to design an ecosystem which will be coherent with the political, social and economic goal people assign to the city according to the principle of sustainable development: stability, waste recycling, low energy consumption, and controlled scalability, but in a way that allows to foresee its evolution and to monitor the transition in different ages of the city.

ULM has to counterweight the appeal of technological determinism: in the past, technologies have always dwarfed their intended design and produced a lot of unintended results. ULM has to monitor the life of the smart city alongside its evolution, as represented in figure 2.0

- A city can't be thought out of its historical and cultural context that is represented by the territory of which the city is the expression. The smart city embarks a strategic vision that is based on a strategic analysis of the context and material and immaterial assets of the territory (GREMI, 1986). The smartness of a city profoundly relies on what has been coined as "social intelligence" by prof. Stevan Dedijer in the years 1970s as the capability to build consensus where each social actor relies on others to create new knowledge. Intelligence doesn't operate in a vacuum but is socially and culturally rooted (1984).

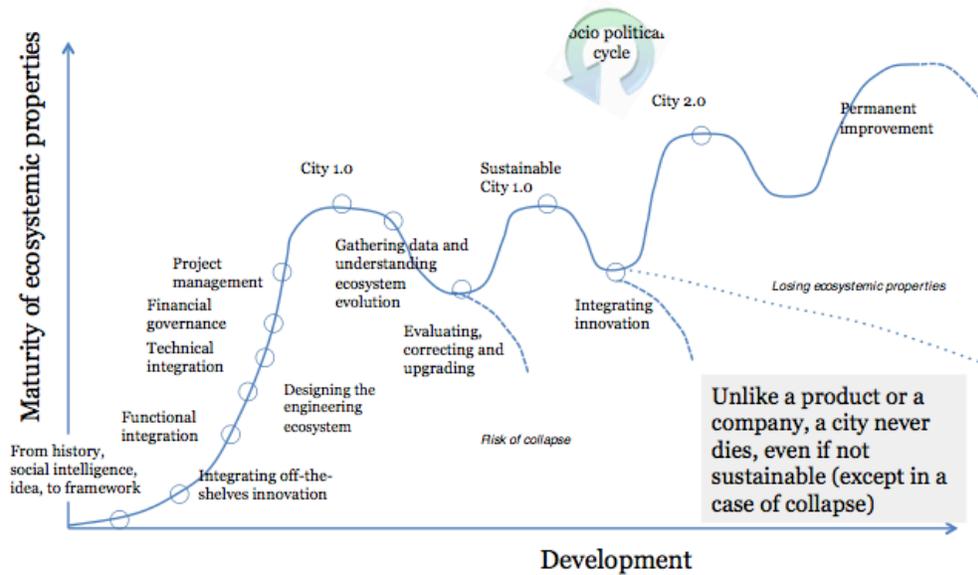


Figure 3.0: Urban Lifecycle Management©

- To be livable, the city may not be a prototype city: the system architect must focus on the task of integration that needs to be reliable to proceed from off-the-shelf components that already have an industrial life and may be [54] considered stable and reliable, in the same way the classical architect does not invent the brick in the same time as he designs the house. This will imply coordination between innovation cycles as we will see further.
- The process carried out on the principles represented in figure 1 leads to a first release of the city 1.0 in case of a new city. Just as well in a new or old city, we need to understand how the city lives and the unavoidable discrepancies between intended design and real result, an observatory must be implemented that will collect data produced by the city. Corrections are made according to classical principles of quality process management.
- Alongside the lifecycle, exogenous innovation will occur that will need to be endogenized by the model. For example, Songdo in his initial design relied on RFID devices to track city dwellers. Today, smart phones have become the Swiss knife of the city dwellers, rendering the use of RFID devices obsolete.

Innovation is ubiquitous in all subsystems of the city. Innovation in smart cars interacts with the architecture of transportation (hard subsystem) as well as in human behavior (soft subsystem). Coordination will be needed through common frameworks such as projects management office extended to the global smart city's complexity.

- Innovation challenges the equilibrium of the smart city. Not all innovations are compulsorily good for the city: Civic and political life have to evaluate the consequences of an innovation and to frame it so that it fits with the common good and the sustainability of the city.
- All along its lifecycle, the city may lose its smartness with two undesirable consequences: the city may continue to sprawl on a non-sustainable basis leading to today clogged cities. In case of a disruption in its core activity, the city may collapsed as it happened in the past when things become too complex to be monitored, as studied for past civilizations by archeologist Joseph Tainter (1990). Reducing the size of the city is then the only solution to reduce the complexity. A similar thing appears today in Detroit, a city that has lost its goals and population, leading to the decision of reducing the size of the city as the only means of avoiding bankruptcy. A similar pattern exists with the Russian monocities.

[55]

***C) The rationale  
for extended public administration  
in the process of integration in ULM***

[Retour à la table des matières](#)

No two cities are alike however smart they are, but the principles of system architecture ULM are based on the assumption that common rules of modeling may be defined. One of the key rules is to understand the interactions between economic development and human capital: economic development is critical to draw financial resources

for investment in new transportations, infrastructures and education. Cities with a greater economic development appear more attractive to people who wish to increase their standard of life and who are more fitted to increase the smart cities human capital. The more a smart city has a high level of human capital, the more she has end users able to develop, test and use new tools that improve the quality of urban life (Neirotti & a. 2014). It is all the more true in the digital era were the end-user is not only a consumer but also a prod-user – according to the definition by sociologist Axel Burns – who is involved in a continuing process of producing never finished artifacts. On the other hand, the city has to take care to not create a digital divide.

The modeling rules consist of three main principles:

1. **Strategic analysis:** As represented in figure 1.0 the first task is to define the issues with the stakeholders. The functions needed to reach these issues are then defined, and deployed in organs and specific competencies and resources, as represented in figure 3.0
2. **Inventorying the building blocks:** There is no absolute definition of what is a smart city is and in spite we may define general rule of modeling, the definition of the smartness of a city will always be specific to the context, e.g. geographical and climate constraints (a city exposed to tropical floods or earthquake will embark functions that a city in a temperate country won't need), economic activity (specialization, search for synergies, position on the commercial routes and worldwide supply chains). The selection of these functions is essential to build a resilient city, e. g. with the climate change new phenomenon occur such as flood, marine submersion, extreme frost the city was not prepared for.

Nevertheless, common functions will exist in every city and their organization may proceed from off-the-shelf patterns.

[56]



Figure 3.0: The building blocks

Figure 3.0: The building blocks

### 3. Integrating the ecosystem:

In complex systems dynamics, the behavior of a system as a whole is an *emergence*, that is to say that the property of the system can't be attributed to one function in particular but is the result of interactions between these functions. The “good life” is the basic question of political philosophy since Aristotle. It is an ethical issue that will result from political and strategic debates among the stakeholders. Jane Jacobs (1995) has criticized the utilitarian approach that prevailed in America in the city planning movement. The ancestor of the urban planning movement, Ebenezer Howard, thought of the smart city as an ideal city conceived from scratch as a mix of country and city.



**a) Soft and hard subsystems:** Today's prototypes of would be smart cities are techno pushed and put emphasis on the possibilities of technology to make the city smart but mainly forget the inhabitants. City dwellers have the main role to play since it is their behavior and their use (and more and more the production) of information and technology that make the day to day decisions that render the ecosystem smart or no. Figure 4.0 represent both parts of the ecosystem the *soft* or human subsystem and the *hard* one, the [58] group of technical subsystems. Integration of these subsystems obeys different laws: human subsystems are dissipative ones, difficult to model, not obeying physical laws with important entropy. Reducing their uncertainty relies on the sociology of uses, social consensus based on accepted formal and informal institutions, and a close association of inhabitants to the design of the system, which is a common feature of complex system design. Physical subsystems are conservative ones that can be modeled through the laws of physics with a possibility to reduce entropy, but keeping in mind that the decider in last resort is the city dweller who will use it.

**b. Outside/inside:** The urban ecosystem is not reducible to the city itself, with perhaps the exceptions of city-states as Singapore where the limits of the city are given by nature. A city must be fed and have exchanges with a close periphery which produces goods (services, agriculture, food...) in interaction with the center. The design of a system relies on the definition of the border of the system. According to the laws of complex system modeling (Ashby law) the inner complexity of a system must be appropriate to the complexity of its environment. So, the urban ecosystem will have to define three perimeters: the first is the city itself inside which the synergies and interactions are the stronger and have the most "eco" properties. The second is the periphery: one may refer here to the model defined by Thünen at the beginning of the XIX<sup>e</sup> century representing the city with a succession of concentric rings going from the highest increasing return activities at the center city to decreasing return activities at the periphery (Schwarz, 2010). The first represents the exchanges between the ecosystem and the rest of the country. This represents logistic costs that may have a nega-

tive impact on pollution and carbon emission that may be incorporated in the balance of the city to measure its smartness. The third is the external environment with which the city exchanges, that is, in an age of a globalized world, the rest of the world: the larger this perimeter, the more the system is subject to external factors of instability and the less the ecosystem is coherent as a Thünen zone <sup>24</sup>.

[59]

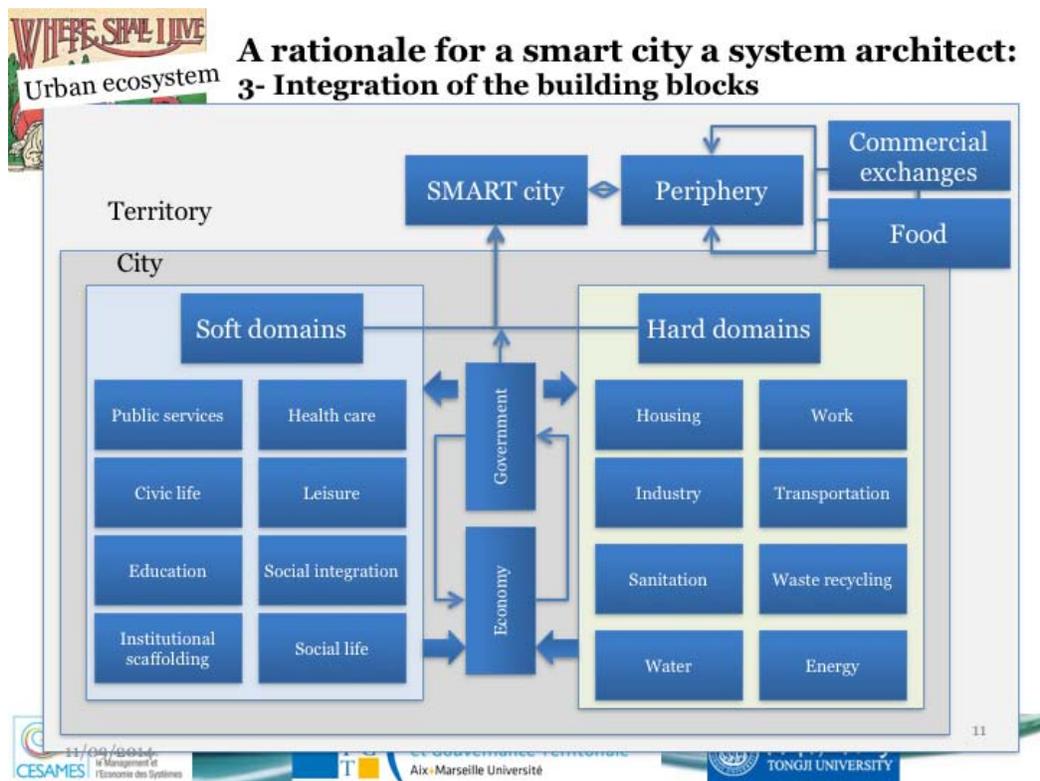


Figure 4: The smart city as an emergence

**c. Combining top down and bottom-up integration:** Each industry has today its model for the integration of its activities. Smart grids, water suppliers, transport operators, IT providers ... have model for systemic integration of their subsystem and to evaluate its impact on the global functioning of the city. On

<sup>24</sup> We may give as an example the city of Quimper at the heart of the granitic massif of Brittany (France) who chooses to import its granite from China.

the other hand, we know that the urban ecosystem being more than the sum of the subsystems we need another approach that starts from the top, that is from the strategic goals of the city deployed in functions as represented in figure 1.0. Where will be the meeting point of these two approaches? Proceeding bottom-up will raise problems of system interoperability, data syntax and semantics, while the top-down approach is more relevant to define strategic issues but will have to integrate all the existing businesses and functions. A possibility is that storing data in common data warehouses and completing it with the exploitation of big data will provide common references. In any case, the answer will proceed from applied research projects in building cities.

**d. Defining new business models and competencies:** Conceiving ecosystems needs the enterprises to cooperate to share a common strategic [60] view so as to form a conception ecosystem based on the principle of “coopetition” (cooperation *and* competition). Each enterprise must define its performance indicators according to the performance of the whole and not only to that of its parts. The same concern is for public management: with the silo organization of public administration, no one is in charge of a global view of the city. This calls for new business models of enterprises extended not only to the partners of one enterprise but to the global value chain of the ecosystem. The same applies to public administration in its very organization to develop the competencies needed to deal with complex system design as well as its strategic thinking. The French public administration still consider its industrial strategy in terms of “*filières*” (channels) that are the vertical integration of similar activities (such as aerospace, automotive...), as it was relevant in the paradigm of mass production, while the locus of disruptive innovation is in the overlaps of different industries.

The French government was baffled when GE announced his intention to take over Alstom. Would the French administration have understood the strategic issues at stake with smart cities as ecosystem and not only with the hard subsystems (water, sanitation, transportation...) where France has traditionally strong positions, she would have valued differently the smart

grid activity of Alstom and its interest for competitors who aim to preempt the smart city market which value is estimated, for the sole so-called smart infrastructures, at 100 billion USD for the coming decade (Townsend 2013) <sup>25</sup>.

Another strategic issue is the battle for norms: a smart city is not, at the present time, defined with norms, metrics and metrology. Defining the norms (in terms of ISO standards) will allow lock-in the conception of smart cities by shaping all the tenders.

### *D) Smart government, the keystone of smart cities*

[Retour à la table des matières](#)

Far as back as 1613, the Napolitano Antonio Serra, in a memoir presented at the vice-king of Naples, analyzed the city as the place where activities with the biggest increasing returns take place, with a strong correlation between economics and [61] politics (Reinert S., 2011). The frescoes of the Siena town hall by Ambrogio Lorenzetti depict “the good government” as a dynamic equilibrium between intense economic activities and an active political life that gives the people of citizens the power to rule the city according to the principles of the common good. Contemporary evolutionary economics correlates the evolution of institutions with that of economic activity (Reinert E. 2012).

The growing complexity of cities and the predominance of top-down urban planning have made us forgetful of these lessons from the past. In their analysis of present smart cities initiative, Neirotti & a. (2013) notice that there is no practice that encompasses all the domains, hard and soft, of the cities. On the contrary, the most covered domains are hard ones: transportation and mobility, natural resources and energy. Government is the domain in which the cities report the lowest number of initiatives. More, there is an inverse correlation

---

<sup>25</sup> The total market of smart cities is estimated as much as \$350 trillion needed to build, maintain, and operate the world's cities over the next forty years (WWF report “*Reinventing the Cities*”, 2012)

between investment in hard and soft domains, and smart government is still the poor relative in smart cities initiatives and cities that have invested in hard domains are not necessarily more livable cities. In fact, two models emerge from Neirotti & a. survey: one focused on technology (with a strong impetus of technology vendors) and one focused on soft aspects, the hard model being dominant. The problem is there are no vendors for soft domains apart the citizens themselves whereas systemic integration relies on soft domains, mainly taking in account the context and valuing social capital.

Smart cities conceived as ecosystems should provide policy makers with some practical guidelines to integrate soft and hard domains. Three areas for smart government appear:

**Economic development:** In the past, smart cities have been built without central planning (except in the case of Roman cities which reflected the imperial objective of the Roman Empire) but with a clear, although not explicitly formulated, founding purpose: defense, commerce, religion, power, geography... The pattern of the city emerged out of the interactions of key stakeholders: The lord, the barons, the merchants, the shopkeepers, the craftsmen, the bankers and the people. The design of ancient cities made them intelligent since they were ecosystem that sustained and reinvented themselves along time... till the point their capacity to self-reinvent came to an end when the core of their strategic activity reached a tipping point (e.g Italian cities after the Renaissance, Russian monocities from the USSR era, Detroit today). The design of these cities obeyed to the real interactions underlying economic life [62] (roads, markets, fairs, harbors, work, industry...) and civic activities (agora, city hall, structure of power). Their global ecosystem may be referred to as the ideal type conceptualized by J.H Thünen at the beginning of the XIX<sup>e</sup> century, that is to say a center where the core of the city is with the strongest interactions and the returns are the highest, surrounded by concentric zones going of decreasing returns activities (Schwarz, 2010).

The task of government is to search for the activities that produce the highest increasing returns, no thanks to high technology but to synergies between activities (Reinert, 2012), that will constitute the center of the Thünen zones. The Russian monocities built on a unique

industry (coal, oil, cars, aerospace....) linger as long as this industry has a leading role but have very poor capabilities to reinvent itself due to the lack of synergies between different economic activities.

**A vibrant political life:** With cities emerged political philosophy. The most perspicacious analyst of what makes a city great was undoubtedly Machiavelli who put emphasis on the necessity of the common good : “*it is the common good and not private gain that makes cities great* » he wrote in his Discourse on Livy. Machiavelli conceived the common good in the Thomas Aquinas’ tradition as a whole superior to the sum of its parts. Its systemic equilibrium is permanently challenged by the corruptive forces of *fortuna* that must be offset by the *virtù* of the Prince and the dynamism of the *vivere politico* (Rochet, 2010). Emphasis has been put on the topicality of Machiavelli to understand the systemic character of public management (Rochet, 2009). The vitality of the system is sustained with permanent interactions within thanks to a vibrant political life that provide a space for controversies. Machiavelli praised the Roman republic for his institution of the tribunate that managed the confrontation between the many of the citizens and the few of the ruling class that allowed the Republic to upgrade his institutions according the principles of the common weal advocated by Cicero. The conservative French politician and historian François Guizot attributed the success of the European civilization to the permanence of the classes struggle as a means to build political compromises as a guarantee of sustainability, under the conditions that no class wins. In contemporary complex societies, Elinor and Vincent Oström have developed the concept of polycentric governance that is organizing governance on one hand on a vertical axis from upper to lower levels of complexities, and on the [63] other hand on an horizontal axis which consists of overlappings between organizations (Östrom, 2010). Elinor and Vincent Ostrom have criticized the excess of rationality that defines strict boundaries within missions and attributions of public organizations, since the reality doesn’t know these boundaries and the adaptive character of public systems may be found in their overlaps.

**Supporting open innovation:** In the contemporary smart cities, information technologies give more power than before to citizens to use and produce information, and also applications. The experience of cities opening their database to the public to trigger the development of apps has proved the payoff of bottom-up approaches: in Washington DC, a contest “apps for democracy” challenged the local developers to create software exploiting public resources. For a cost of 50 000 US\$ the pay-off was blazingly fast with forty seven apps developed in thirty days, representing an estimated 2 million worth of services, about 4000% return on the city investment (Townsend 2013).

But one should not conclude that bottom-up approaches are the killing solution: these apps are V 1.0 developed by techies on the basis of a fascination for technologies while the city needs V 7.0 tested and reliable and based on the real needs and problem solving of citizens as end-users not familiar with technology. We rediscover here one of the law of innovation emphasized by Von Hippel (1986): the key role of lead users in the innovation process which is furthermore not a specific aspect of innovation in the digital era but a permanent, although forgotten, feature of the innovation process in the industrial era as reminds us François Caron, a leading academic in history of innovation (Caron, 2012).

In the same manner national innovation systems exist (Freeman, 1995) and provide a framework that gives incentives to cooperation between industry, research and investors to steer their activities toward risk taking innovations, extended public administration could structure an urban innovation system that would structure the innovation process in a way that would guarantee that innovation, research and development of so-called smart apps are focused on the real needs of the city dwellers.

[63]

**Conclusion:**  
*Extended administration  
as art of systemic integration*

[Retour à la table des matières](#)

In the absence of a definition of how intelligent may be cities to be sustainable, today's initiatives are techno-pushed since tangible goods of the hard domains of [64] smart cities drive the market. Digital economy seems to be the keystone of smart cities, but we have shown that the keystone in last resort is the end-users of technologies: the citizens. This requires a combination between soft and hard domains that can be achieved through complex systems architecture (Godfrey, 2012), a new discipline, methodology and competency in public management that we coin as urban lifecycle management©.

Although according to system theory self-regulating systems exist – but once their genetic codes have been written - as they exist in nature and in small-scale human system such as those studied by Elinor Östrom for the management of the commons (Östrom, 1991), large complex systems such as smart cities need to be framed by a central architect before reaching its resilient and sustainable stage. The new-born concept of extended administration finds here its application in its intention to encompass and to design the global value chain of public administration and its interaction with – and between - all the stakeholders. This implies a sea change in the competencies and business model of public administration. This new field would be carried out through research in action projects building cities as ecosystem tending toward resilience where humans are first to decide for the ends.

[64]

## References

[Retour à la table des matières](#)

Alexander, C. (1977) “*A pattern language, town, buildings, constructions*”, with Sarah Ishikawa et Murray Silverstein, Oxford University Press

Ashby W.R. (1962): "Principles of the Self-organizing System", in: *Principles of Self-Organization*, von Foerster H. & Zopf G.(eds.),(Pergamon, Oxford), Cambridge, MA, 193-229.

Aydalet Ph. Ed., “Milieux Innovateurs en Europe”, *GREMI*, Paris, 1986.

Caron, François (2012) « *La dynamique de l'innovation* », Albin Michel, Paris.

Dedijer, Stephan, 1984 « *Au-delà de l'informatique, l'intelligence sociale* », Stock, Paris.

Fireball White paper : Smart Cities as Innovation Ecosystems Sustained by the Future of Internet.

Freeman, C. (1995a), ‘The national system of innovation in historical perspective’, in *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19, no. 1.

Godfrey, Patrick, « Architecting Complex Systems in New Domains and Problems : Making Sense of Complexity and Managing the Unintended Consequences » in *Complex System and Design Management*, Proceedings, 2012.

[65]

Hardin, G., The Tragedy of the Commons, *Science*, New Series, vol. 162, n° 3859 (dec. 13, 1968), pp. 1243–1248.

Howard, E, 1902, “*Garden Cities of Tomorrow*” (2nd ed.), London: S. Sonnenschein & Co

Jacobs, Janes, 1985 « *Cities and the Wealth of Nations* », Random House, New-York.

Krob Daniel, *Eléments d'architecture des systèmes complexes*, [in "*Gestion de la complexité et de l'information dans les grands systèmes critiques*", A. Appriou, Ed.], 179-207, CNRS Editions, 2009.

Lizaroiu G.C, Roscia M. 2012 « *Definition methodology for the smart cities model* ».

Neirotti P., De Marco A, Corinna Cagliano A, Mangano G, Scorrano F, "Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts" *Cities*, Volume 38, June 2014, Pages 25-36

Ostrom, Elinor, 1991 « *Governing the Commons ; The Evolution of Institutions for Collective Action* » Cambridge University Press, NY.

Ostrom, Elinor, 2010 "Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems", *American Economic Review*, 1-33.

Reinert, Sophus A., ed. Antonia Serra, "A *Short Treatise on the Wealth and Poverty of Nations (1613)*". Anthem Press, London 2011.

Rochet, Claude, 2008 Le bien commun comme main invisible : le legs de Machiavel à la gestion publique, *Revue Internationale des Sciences Administratives*, 2008/3 (Vol 74)

Rochet, Claude, 2011 "Qu'est-ce qu'une bonne décision publique ?" Éditions universitaires européennes

Schwartz, Herman, 2010, « *States vs Markets : The Emergence of a Global Economy* », Palgrave 3rd ed.

Simon, H. A., 1969, « *The Sciences of the Artificial* », MIT Press, 3rd ed. 1996.

Tainter, J. 1990 "*The collapse of Complex Societies*" Cambridge University Press.

Von Hippel, E., 1986, "Lead Users: A Source of Novel Product Concepts", *Management Science*, 32(7): 791–806,

West, Geoffrey, Luís M. A. Bettencourt, José Lobo, Dirk Helbing, Christian Kühnert « *Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities* » Indiana University, 2007.

**Fin du texte**