

De la ville intelligente à la ville complexe à la ville idéale

Fabien Pfaender¹, MonZen Tzen¹, XiuLin Sun², and WangGen Wan³

¹laboratoire ComplexCity & Costech, Université de Technologie de Compiègne

²School of Sociology and Political Science, Shanghai University

³Institute of Smart City, Shanghai University

Introduction

À l'heure où plus de la moitié de l'humanité vit en ville, l'adéquation fine de la ville avec ses habitants devient un enjeu de civilisation. La ville doit s'adapter pour devenir efficace énergiquement, améliorer la mobilité, l'habitat de ses usagers, innover et fournir des services plus intelligents plus accessibles et plus sûrs. L'exposition universelle de Shanghai en 2010 témoigne à travers son motto *better city, better life* de cette volonté mondiale d'améliorer notre espace urbain. Cette volonté d'améliorer l'espace urbain est d'autant plus importante que, dorénavant, plus de la moitié de l'humanité en ville tandis que la population rurale s'amenuise inexorablement[1]. Dès lors, les mutations urbaines doivent être à la fois anticipées, étudiées et des solutions durables pour les accompagner doivent être trouvées.

Mais, comment tenir ces promesses et rendre meilleur ce lieu que l'on connaît peu sinon à travers le prisme de ses usages : tour à tour lieu de vie, de travail, d'apprentissage, de loisirs, de rencontre, etc. ; ou encore à travers des clichés imprécis de son évolution spatiale et temporelle dont divers indicateurs rendent compte de manière hétérogène. Bien sûr, ce constat de méconnaissance de l'urbain doit être nuancé. En effet, de très nombreuses études de non moins nombreuses disciplines parmi lesquelles le planning urbain, la géographie, l'architecture, la physique, les sciences sociales, les sciences politiques ou les sciences du complexe pour ne citer qu'elles, ont tenté de modéliser, simuler, explorer les villes pour les comprendre et les assister dans leur conception, leur réalisation et leur management en créant des représentations innovantes de l'urbain.


Ces attitudes disciplinaires destinées à analyser la ville ont eu du mal à s'interpénétrer et ont créé des approches diverses dont les ancrages ou les filiations laissent assez peu de place à l'interdisciplinarité. Parmi ces approches récentes destinées à rendre la ville meilleure, on retrouve une réponse à tendance technologique dénommée en anglais tour à tour *smart city* ou *intelligent city* que le français traduit partiellement ¹ en ville intelligente. Très en vogue aujourd'hui, cette approche laisse la part belle au numérique

1. *Smart peut se traduire par intelligent, mais aussi par malin, astucieux*

et aux sciences de l'information et de la communication et constitue une réponse technologique à des problématiques urbaines. Malheureusement, cette réponse si prometteuse connaît des destins divers qui peinent pour la plupart à dépasser un stade infrastructurel pour remonter au niveau des citoyens faisant dire à ses détracteurs que la réponse n'est pas si intelligente que cela.

Pour pallier à ce problème, nous souhaitons présenter ici un prototype de méthode d'analyse des villes qui s'est nourrie de cette notion de ville intelligente et de ses semblables pour les dépasser pour les composer dans un système ville complexe. Nous partirons pour ce faire des spécificités qui caractérisent la ville et les sciences de l'urbain. Puis nous tenterons, au travers d'un inventaire succinct de diverses approches contemporaines de l'urbain, de comprendre le rôle que jouent les disciplines et les relations qu'elles entretiennent pour décomposer et recomposer des cadres d'analyses riches, mais superficiels. Une multidisciplinarité ou une interdisciplinarité faible laisseront place à une considération de la ville comme un système complexe où différentes approches disciplinaires (multi-, trans-, inter-) jouent un rôle crucial dans différents moments que soit dans une démarche d'analyse reposant sur l'avènement récent de la science des données ; ou bien dans une démarche utilisant cette analyse visant à répondre à un objectif spécifique pour atteindre la ville idéale.

1 Une singularité spatiale et sociale

Vue depuis l'Europe ou l'Amérique du Nord, la ville est tout sauf une idée neuve. Le fort taux d'urbanisation des pays du vieux ou du nouveau continent (75% pour la France[1], 80% pour les États-Unis[2]) témoigne d'une culture multiséculaire sinon millénaire. Le long processus de transformation et mutation de l'espace rural vers l'espace urbain a pris de multiples formes, mais cette évolution lente permet de prendre un certain recul sur ce phénomène. Pourtant le processus d'urbanisation rencontre aujourd'hui des challenges renouvelés en Asie, et en Chine en particulier où la hausse rapide du niveau de vie est concomitante d'une urbanisation importante qui s'est accrue depuis les années 80 comme on peut le voir sur la sparkline[3] suivante ² . Ainsi la Chine a atteint un taux d'urbanisation de 50% en 2011, en retard sur la moyenne mondiale d'une année seulement ; tandis que la France est déjà urbanisée à 85%. Cependant, ce taux augmente fortement et le gouvernement chinois projette de monter ce taux à 70% dès 2025 soit 15 ans plus tard[4][5]. Cela signifie urbaniser 270 millions de personnes soit créer l'équivalent de 27 villes pouvant accueillir chacune 10 millions d'habitants (soit la population actuelle de l'Île-de-France) ; ce avec des moyens très importants qui font de la Chine un cas à part dans le processus d'urbanisation, particulièrement sur le court terme.

2. Taux d'urbanisation comparé de la France (en bleu, min 61, max 85) et de la Chine (en rouge, min 16, max 50) pour la période 1960-2011. La moyenne mondiale est représentée en gris (min 33, max 51).

1.1 Un lieu pour agir

Fabriquer de telles mégaloïoles sur une table presque rase est un défi qui met à rude épreuve le planning urbain et l'ensemble des acteurs impliqués dans la naissance de ces nouveaux espaces urbains. Mais c'est aussi une chance de construire des systèmes urbains plus intelligents, plus écologiques, plus entrepreneuriaux, plus sûrs avec les connaissances, techniques et normes dont nous disposons aujourd'hui.

Ces objectifs qui influencent dorénavant plus de la moitié de l'humanité portent en outre des enjeux forts pour le climat, la biodiversité, la stabilité sociale, car les effets globaux de la création / expansion de l'espace urbain sont mals connus. Cela rend d'autant plus important le besoin de comprendre ces systèmes et de modéliser leur comportement. Et si, pour étudier l'urbain, il est possible de considérer plusieurs échelles (la ville n'étant qu'un niveau dans une échelle spatiale allant du bâtiment à conurbation voire au-delà), elle concentre néanmoins l'essentiel de l'intérêt scientifique et politique pour ses propriétés intrinsèques[6].

En effet, si aucune définition ne s'accorde pour définir précisément cet espace, variable en surface, population ou organisation[7], la ville n'en concentre pas moins des caractéristiques particulières. Car elle concentre en un même lieu : une structure sociale et politique complexe ; un bâti dense aux formes et fonctions très diverses ; des réseaux d'échanges et acheminement d'informations, de biens, de ressources et de personnes ; et enfin des activités qui émergent des points qui précèdent. Décrire les actions du système urbain *ville* demande ainsi de faire appel à de multiples compétences.

1.2 Un terrain unique pour des études pluridisciplinaires

La ville n'est en effet pas un sujet d'étude comme les autres. Elle mêle des organisations complexes de diverses natures aux propriétés émergentes qui appellent des analyses de multiples disciplines qui se chevauchent partiellement et qui ajoutent chacune à leur tour une couche explicative. En dresser la liste reviendrait à un abscons inventaire à la Prévert : le planning urbain produit un guide général pour le développement urbain ; le design urbain et l'urbanisme dessinent les contours de vastes zones urbaines en prenant en compte diverses contraintes physiques et juridiques ; les architectes s'insèrent dans ce tissu conceptuel pour aménager une zone plus restreinte spatialement ; à ceux-ci s'ajoute la géographie du lieu et ses multiples caractéristiques sociales et spatiales, domaine des géographes comme des ingénieurs ; et la liste est encore très longue.

En observant les acteurs disciplinaires de la ville, on perçoit une certaine connivence, peu fréquente, des sciences de l'ingénieur et des sciences humaines et sociales. Après tout la ville, et c'est une chance, fournit un terrain unique qui force la rencontre. Cependant, l'éventail des données qui compose la ville est si vaste qu'une approche pluridisciplinaire est inévitable. Et si chaque discipline vient renseigner lever le voile sur une partie de l'objet, la multidisciplinarité comme l'interdisciplinarité reste des exercices difficiles et discrets.

Les raisons de ce relatif et apparent cloisonnement disciplinaire sont multiples et prennent leur source tant dans le mode d'objectivation de la pratique scientifique de

la ville et des sciences en général, que dans l'évaluation de ces pratiques[8][9][10]. Les oppositions classiques en sciences dures/molles, quali/quantitatif, etc., et la structuration des champs disciplinaires[11] jusque dans leur enseignement jouent un rôle prépondérant dans le constat de pluridisciplinarité dont le dépassement est laborieux, mais peut se révéler très riche. Nous reviendrons plus loin sur cette question dans la section 3 page 9 consacrée à la ville complexe.

Reste en suspens une question : comment faire des villes, étudiées de manière pluridisciplinaire comme des couches hétérogènes, pour qu'elles répondent aux enjeux que leur développement impose et qu'elles satisfassent les urbains toujours nombreux et dorénavant majoritaires sur notre planète ?

2 Quelle ville pour demain ?

La réponse à cette question se trouve peut-être dans les propositions pour les villes de demain qui fleurissent ces jours-ci. Tour à tour intelligentes, durables, vivantes, vertes, les villes jouissent d'un intérêt renouvelé ces dernières années. Témoin de leur importance stratégique, de très nombreux appels à projets scientifiques ou industriels, nationaux ou internationaux placent la ville au centre des préoccupations. Parmi ces appels, les villes intelligentes ont le vent en poupe, mais ce mouvement n'est que la partie émergée d'un iceberg où se chevauchent de multiples approches urbaines originales aux non moins multiples disciplines que nous allons à présent observer de plus près.

2.1 Une ville intelligente

Pour maîtriser la complexité croissante des villes, et fusionner en un même lieu des façons hétérogènes de penser les systèmes urbains, nous avons besoin d'inventer de nouveaux modèles, méthodes et représentations en même temps que l'on tente de transposer, d'adapter et d'affiner l'existant. Cependant, et même si beaucoup de modèles potentiellement pertinents sont développés avec brio dans de nombreux champs scientifiques, les données nécessaires au bon développement de ces modèles sont le plus souvent manquantes. Or l'émergence du numérique dans les années 1980, suivi de la démocratisation de l'ordinateur individuel dans les années 1990 et de l'explosion de l'usage d'internet, permet aujourd'hui de capter, rendre disponible, partager et utiliser des jeux de données très divers. Les données sur la ville ne font pas exception et la perspective de pouvoir enfin comprendre les systèmes urbains à l'aide de méthodes quantitatives est séduisante. Cela permet à des disciplines traditionnellement rattachées aux sciences humaines et sociales de s'affranchir de la limite du qualitatif pour entrer de plain-pied dans les sciences de l'ingénieur comme c'est le cas en géographie[12].

Ainsi, la dernière décennie a vu la naissance d'un mouvement visant à capter les activités urbaines au travers de vaste déploiement de senseurs de toutes sortes pour ensuite proposer des services *intelligents* aux acteurs de la ville en se basant sur ces données captées. Baptisé *ville intelligente*, cette vision *IT*³ de la ville maîtrisable, car connaissable,

3. Acronyme de *Information Technology* ou en français Technologies de l'Information

voire calculable, connaît un essor conséquent. Ce phénomène est particulièrement important en Chine où l'urbanisation de millions de ruraux en un temps très court oblige les autorités à faire sortir de terre des villes entières conçues comme des produits de haute technologie. La technologie rassure et concevoir une telle ville intelligente est une garantie à la fois d'innovation par les nouveaux services qu'elle pourra proposer ; et de contrôle par les analyses quantitatives des activités, humaines notamment.

Car si la ville intelligente est d'abord portée par des multinationales de l'IT⁴, les capteurs ne se bornent plus au trafic ou aux réseaux d'information, mais sont délocalisés jusque dans nos poches à travers les téléphones portables dont les taux de pénétrations sont très importants. Ainsi en Chine, 70% des urbains utilisent internet et parmi eux 78% le font depuis un terminal mobile[13] contre 37% des sondés en France[14]. Les réseaux sociaux et autres services à destination des urbains connectés offrent de nouvelles perspectives pour l'étude de la ville[15] en fournissant des données à toutes les disciplines qui le souhaiteraient.

2.1.1 Une stratégie de communication

Pour autant l'impact réel de telles études est encore très limité pour plusieurs raisons : d'abord la *smart city* est souvent un voeu pieux d'une municipalité qui souhaite s'afficher comme dynamique ouverte et innovante, mais sans que cela soit vraiment suivi d'effet, une stratégie de marque en quelque sorte. On ne peut les blâmer, car les investissements dans des infrastructures adaptées à la captation, au stockage et au calcul sont conséquents. En outre, les services *intelligent*, acteurs véritables et indispensables de la ville intelligente ne sont pas encore assez nombreux et le retour sur investissement de la municipalité n'est pas immédiat. L'accent n'est pas encore mis sur eux bien qu'il reflète la richesse future de la ville. La question de savoir de qui est-ce la richesse constitue un nouvel obstacle.

2.1.2 Une fragmentation inévitable

Ensuite si les villes possèdent déjà des données, elles sont la plupart du temps sous la responsabilité de différents services aux frontières franches et la mutualisation a un cout organisationnel important. D'autant que la municipalité n'est qu'un acteur parmi d'autres. Les citoyens produisent et partagent aussi des données, et les industriels en font autant. Il serait vain de croire compte tenu de l'étendue de données qui concernent une ville que l'on peut tout stocker de manière uniforme dans un espace unique. La pluralité des acteurs, des supports et des pratiques entraîne nécessairement de l'hétérogénéité et de la complexité. Les questions de propriétés notamment des données et leur mise à disposition disponibilité est un problème de taille résolu au cas par cas. De plus les disciplines des sciences de l'information et de la communication et de l'informatique sensées jouer un rôle d'intermédiaire avec les autres disciplines souhaitant accéder à

4. IBM est une pionnière en la matière et a popularisé le terme de *Smart City* et elle a été suivi par d'autres, en particulier Cisco qui parle d'*Intelligent City* mais on peut aussi associer Thalès, Fuji-Xerox, et bien d'autres.

ces données, ne montre pas généralement d'autres préoccupations que sa propre logique de captation et stockage d'informations. Ceci, car la captation, circulation des données urbaine relève des infrastructures et des technologies réseaux et traitement du signal, le traitement et le stockage relèvent du *cloud computing* et du *high performance computing* tandis la mise à disposition est du domaine du logiciel. Et ces disciplines, récentes pour la plupart, ont fort à faire avec leur propre problématique pour perdre de l'énergie dans des approches interdisciplinaires.

2.1.3 Des études pluridisciplinaires

Enfin, si les données sont le carburant des villes intelligentes, elles alimentent plusieurs disciplines qui se réclament des villes intelligentes ou qui voudraient bénéficier de cette manne. Un rapport de chercheurs en planning urbain[16] établit ainsi une liste des approches intelligentes dans les domaines des sciences économiques, des sciences sociales, de la mobilité, de la gouvernance, de l'environnement et de la qualité de vie. Chacune est ensuite redivisée dans des champs disciplinaires différents sans que les liens entre ces champs ne puissent être dégagés ; ni même souhaités, car la pluridisciplinarité et le recours à un champ défini permettent une meilleure objectivation. En outre le planning urbain qui veut mesurer l'intelligence des villes n'utilise pas, et se refuse même à utiliser, les données que les TIC promettent. La fracture disciplinaire est ici consommée.

Au final, la ville intelligente dont l'objectif est de rassembler les données d'une ville pour en faire émerger des connaissances se retrouve face à un morcellement dans leur captation, leur stockage, leur appartenance, leur traitement et leur devenir dans les disciplines considérées. Et si un dialogue très large est nécessaire pour que tous puissent en tirer le meilleur, ce dernier est très difficile à instaurer et la ville intelligente et les données qu'elle promet est laissé pour l'heure au champ des TIC seules dans la partie technologie et au planning urbain ou géographie pour l'évaluation des pratiques intelligentes sans qu'un réel dialogue n'ait lieu. La jeunesse du concept de ville intelligente et ses racines industrielles profondes chez les spécialistes TIC mondiaux doublés de la complexité de manipuler des données urbaines hétérogènes et en très grand nombre freine un dialogue disciplinaire de plus en plus demandé.

2.2 Une ville durable/vivable

Parmi les stratégies de marques portées par les villes et leurs municipalités, figure en bonne place la ville durable ou *sustainable city*. Le concept jouit comme le précédent d'un engouement certain, associé à une image d'écologie et de qualité de vie. Il devient même difficile de ne pas associer la ville durable à toutes les études de la ville tant il devient évident qu'il est nécessaire pour la ville de devenir durable énergétiquement ou socialement. Ce concept n'est pourtant pas nouveau, mais il est réinterprété aujourd'hui sous de multiples formes dans une approche pluridisciplinaire.

La ville durable a ainsi de fortes composantes naturelles qui englobent toutes les sciences qui pourrait permettre à la ville de réduire son empreinte énergétique : sciences de l'environnement pour le traitement de l'eau, des déchets et la pollution, sciences de

l'ingénieur pour l'amélioration de la qualité du bâti et de la physique du bâtiment (bruit, température, flux, etc.), architecture, mais aussi sciences humaines et sociales pour les prises de consciences de gestes durables citoyens, TIC pour l'amélioration et le suivi des réseaux de distribution d'énergie⁵, le design pour faciliter les transitions énergétiques, etc. Les contours disciplinaires de la ville durable sont très larges. Les collaborations disciplinaires en revanche sont très limitées, et ce bien que l'on devine que le problème de l'empreinte carbone de la ville ne peut se résoudre qu'en considérant le système et son fonctionnement et non la somme de ses parties qui oeuvrent parfois à des initiatives opposées. La prolifération des TIC par exemple va vers une consommation d'énergie plus grande à court terme même si les smart grids peuvent en réduire l'impact à long terme. La biodiversité et l'introduction d'essences végétales en ville comme la consommation de produits locaux et des normes de pollution strictes est de nature à réduire l'impact carbone, mais cela nuit au développement industriel durable.

Car, même si le concept de ville durable est devenu international et véhicule largement l'idée d'une réduction de l'énergie dépensée par la ville, la durabilité dans la culture chinoise par exemple ne signifie pas la même chose. La ville durable chinoise est une ville dont le développement économique est durable et où l'urbanisation des ruraux est le problème principal devant des préoccupations énergétiques qui interviennent en second plan lorsqu'il faut durablement acheminer de l'eau potable ou de l'électricité. Il n'est alors nullement question de réduire l'impact carbone local. C'est la raison pour laquelle un rapport sur la compétitivité urbaine chinoise[17] propose 8 indicateurs (secondés ensuite par des sous indicateurs) pour créer une ville idéale compétitive durablement sans les composantes traditionnelles des villes durables :

- ville vivable orientée vers les citoyens
- ville entrepreneuriale et *business-friendly*
- ville égalitaire, comprenant tous les services, harmonieuse
- éco ville environnementalement accueillante
- ville intellectuelle pilotée par l'innovation
- ville avec une intégration urbain-rural
- ville à l'information facilement communicable
- ville ouverte et diversifiée culturellement

La question de l'intégration de ces dimensions, qui sont évaluées indépendamment les unes des autres, est là aussi comprise de manière pluridisciplinaire. Elle fait se juxter des approches connues comme la ville intelligente ou la ville durable ou encore la ville créative (que nous verrons dans la sous-section suivante) elles-mêmes pluridisciplinaires pour un objectif unique qui constitue l'objectif pour la ville l'approche que nous proposons en section 3 page 9.

5. Ces réseaux rejoignent même la ville intelligente pour les aspects de diminution du trafic et les réseaux smart grids

2.3 Une ville créative/distrayante

Mais avant d'aborder la question de la ville complexe, nous devons faire état d'une dernière approche transverse en apparence qui joint plusieurs indicateurs de la ville idéale en une seule et même théorie : celle de la ville créative qui se décline également dans une autre discipline en ville distrayante. La ville créative est un concept qui vient de l'économie avec Florida[18] et trouve un alter ego dans le planning urbain avec Landry[19]. Il y est postulé que la culture et des classes de citoyens dites *créatives* comme les développeurs open-sources ou les musiciens et autres artistes, de même qu'une communauté LGBT sont des catalyseurs d'innovation dans une ville. Les attirer et cultiver dans la ville des lieux et évènements qui constitueraient un fort attrait pour ces classes est de fait un levier important pour favoriser l'apparition d'innovations. Ces innovations profiteront ensuite au tissu industriel classique avec des répercussions sur l'ensemble de l'économie. On retrouve dans la ville créative des principes de la ville idéale ouverte culturellement, ou encore pilotée par l'innovation. Les disciplines et enjeux se recouvrent différemment, mais on retrouve le planning urbain et l'économie, voire les smart city dans ce qu'elles permettent aux citoyens qui savent créer des services de produire de l'innovation. Mais ces approches ne sont pas intégrées et même l'économie et le planning urbain ne travaillent pas de concert au même concept créatif.

De plus on observe ici comment attirer des classes créatives et comment les intégrer dans le planning, mais la ville elle-même crée les conditions d'apparitions de cultures en fonction des qualités ou propriétés des lieux. *The city as an entertainment Machine*⁶[20] est un concept qui vient des sciences sociales dans lequel on observe les propriétés sociales des lieux pour comprendre comment les lieux influencent la place de la culture en ville et quels types de citoyens sont affectés par ces lieux distrayants. Il s'agit de l'envers de la ville créative qui est proactive sur la ville tandis qu'on dresse ici un portrait des lieux une fois ces classes installées. L'approche est elle même interdisciplinaire en ce qu'elle fait intervenir le tourisme, la mobilité, l'offre de consommation et l'organisation des lieux suivant ces paramètres avec en plus une caractérisation sociale.

Le concept de ville créative et distrayante se retrouve aussi en frontière de l'approche durable, car ses fins consuméristes et les caractéristiques des classes créatives ne sont pas compatibles avec des enjeux durables classiques[21] c'est-à-dire écologiques. Car il s'agit avant tout de s'assurer d'une croissance socio-économique. On est proche cependant de la vision néolibérale du durable chinois.

Plusieurs approches concordent et discordent donc pour imaginer la ville de demain. Chacune propose un angle nouveau sur les différents aspects qu'il conviendrait de traiter pour rendre la ville idéale. Du point de vue de l'analyse, et d'une science possible de la ville, on mobilise là un éventail très large de compétences sans qu'aucune ne semble plus légitime qu'une autre. La ville intelligente propose une vision technologique sous-tendue par les TIC qui va de la captation au service citoyen tandis que la ville durable et les villes créatives proposent des villes sous un angle plus analytique qu'il soit social, environnemental, économique ou culturel. Il n'en reste pas moins que parmi ces approches,

6. La ville comme une machine à s'amuser ou se distraire

on n'essaie pas de comprendre le fonctionnement global de la ville. On propose des hypothèses sur ses indicateurs ou objectifs majeurs suivant les traditions disciplinaires qui les ont vues naître sans que l'on assiste vraiment à un dialogue disciplinaire sur ces questions.

3 La ville complexe

Or pour rendre la ville intelligente, durable ou créative, il est nécessaire d'en comprendre les infinis rouages ; sans quoi les actions développées pourraient bien ressembler à une boîte de Pandore où chaque décision peut entraîner en cascade l'équilibre de l'ensemble vers une situation inadéquate qu'il faut éviter. Cette conception de la ville comme un grand nombre d'éléments en interactions non linéaire est celle d'une ville comme un système complexe.

3.1 une nécessité pour la gouvernance

Comprendre c'est analyser tous les aspects. Dans le cas d'un système comme la ville, le nombre de ces aspects est très grand et il est très difficile de prévoir les effets de ces aspects les uns sur les autres. Pourtant il est impératif de savoir juger leur importance relative et les liens qui les unissent pour mettre en oeuvre les politiques associées aux approches défendues plus tôt en vertu de l'importance cruciale que revêt l'urbain sur la structuration de nos sociétés. La situation peut paraître équilibré à court terme, mais des basculements à long terme peuvent se produire et la situation actuelle y mener invariablement. Il en va de la responsabilité de l'espèce humaine de travailler à comprendre ces changements et l'organisation qui les conduit ou induit[22]. Prévoir ces changements est donc crucial pour une politique ou une gouvernance éclairée de la ville. Car cela conduit à court terme à des incapacités de prendre certaines décisions ou considérer certaines actions dont l'avenir est par trop incertain par manque de données. Or pour des solutions durables dans les émissions de carbone par exemple ou la réforme de la mobilité territoriale notamment en Chine où elle est très encadrée⁷ Il est possible qu'une optimisation ne soit plus souhaitable, mais qu'une révolution doive être pensée. Ce faisant, on se place à la confluence d'études de multiples domaines scientifiques où il revêt une importance cruciale d'adopter une approche systémique et globale pour apporter de nouvelles connaissances et faire évoluer les approches actuelles pour les enrichir d'une vision globale.

3.2 Pluridisciplinarité en question

Il faut alors trouver une manière nouvelle, dans le cadre des systèmes complexes, pour faire fonctionner les disciplines entre elles sans tomber dans une pluridisciplinarité qui

7. Un système de passeport intérieur dénommé Houkou encadre fortement la mobilité en limitant les droits des migrants intérieurs. Ceci évite en principe une trop forte mobilité intérieure et permet, toujours en principe, de maîtriser les flux et l'intégration dans les grands centres urbains qui draine toujours plus de ruraux des provinces avoisinantes moins pourvues en travail et services.

peine à faire ressortir les interactions non linéaires (dans le temps, l'espace et l'échelle) des éléments entre eux.

Mais travailler sur un système complexe provoque inexorablement chez nombre de scientifiques un repli disciplinaire pour ne pas se faire dépasser par l'objet et l'enjeu. On veut donc d'une part éviter une pluridisciplinarité et ses approches existantes limitées pour aller vers une interdisciplinarité voir transdisciplinarité, mais dans le même temps travailler sur un système très large sans structure où tout est néanmoins lié entraîne un repli disciplinaire.

On fait ce qu'on sait faire dans un cadre maîtrisé qui garantit la validité des théories et méthodes employées. Pour autant, le cadre empêche l'objet observé de s'exprimer pleinement et il faut un mode de travail souple, affranchi des règles dont on renouvelle le pouvoir critique. On pourra adopter le *anything that goes*[23] et mobiliser chacune des théories et approches qui pourraient avoir une méthodologie de nature à aider l'analyse. Mais pour ce faire il faut un langage commun, transcendant les disciplines qui permettent une discussion aisée sur une base solide.

Une solution se trouve dans la technologie et le recours/retour systématique aux données comme objet transcendant.

3.3 Les données comme monnaie d'échange

Si la ville intelligente n'en est encore qu'à ses débuts et que son rôle d'interface technologique entre la ville et les disciplines qui voudraient s'en saisir demeure insatisfaisant pour l'instant, les données que la ville intelligente promet de véhiculer n'en sont pas moins au coeur d'une démarche interdisciplinaire que nous avons éprouvé.

En effet, les données et plus particulièrement les données numériques sont communes à toutes les approches. Leur caractère brut en fait un objet de discussion interdisciplinaire, car toutes les disciplines peuvent indifféremment s'en servir. Bien sûr, toutes les données n'intéressent pas tout le monde. Mais dans le cas d'un système complexe, où l'on veut comprendre la structure étendue de la ville, plus on dispose d'angles d'analyse et plus la modélisation sera pertinente. Ainsi les données, dans le cadre de la ville complexe, concernent tout et tout le monde et devrait être disponible pour chacun qui pourra s'en saisir suivant ses propres grilles d'analyses. Rendre les données disponibles est un travail de captation qui est dévolue traditionnellement aux TIC. Par contre, savoir les manipuler efficacement constitue un renversement dans les études.

Dans la très grande majorité des cas, les données sont contrôlées par chaque discipline et les échanges sont peu nombreux ou difficiles. On ignore de quelles données chacun dispose, on ne maîtrise pas la captation ou la construction indispensable à un travail scientifique de qualité. Cependant, le numérique et la plus grande disponibilité de jeu de données que l'on peut capter aisément change la donne : car au lieu d'une verticalité ou d'un silo captation/modèle/analyse qui soit discipline dépendant, on peut alors reconsidérer la démarche globale d'exploration du système en ajoutant une couche dévolue aux spécialistes des données, à leur traitement, à leur classification et à leur manifestation notamment visuelle.

Nous proposons alors la restructuration de la poursuite d'une entreprise d'analyse de système complexe suivant 3 niveaux dont le coeur se trouve être les données et qui permet une vraie circulation disciplinaire propre à faire émerger des connaissances originales sur le système.

4 La ville idéale : explorer un système complexe

Illustrés sur la figure 1, ces trois niveaux correspondent à 3 moments de l'analyse et font intervenir des compétences disciplinaires de manière différente.

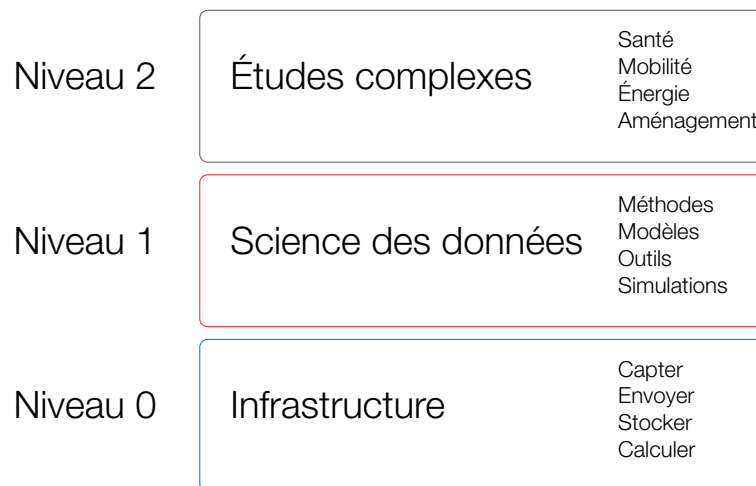


FIGURE 1 – Trois niveaux pour une analyse du système complexe *ville*.

4.1 Capturer, Communiquer, Stocker & Calculer

Le premier niveau, ou niveau 0 est un niveau infrastructurel de données. Il s'agit de capturer toutes les données que l'on pense nécessaire à l'analyse pour les transmettre à un espace dédié qui peut être distribué et les rendre disponible pour l'analyse avec la plus grande souplesse possible. Dévouée aux TIC qui maîtrisent l'automatisation et le transcodage des données numériques, la captation peut prendre plusieurs formes :

- les données peuvent ainsi être des constructions ad hoc où l'on maîtrise toutes les étapes de leur élaboration comme c'est le cas des données enquêtes ou des données capteurs ;
- elles peuvent être des données ouvertes construites sans but propre autre que de fournir des informations de diverses natures sur un sujet, c'est le cas des données cartographiques libres [openstreetmap.com](https://openstreetmap.org) par exemple
- elles peuvent être le fruit de la réponse automatisée et calculée d'un service numérique qui met à disposition un dictionnaire des questions possibles (API de programmation)

- elles peuvent enfin être construites à partir de jeux de données dédiés à des fins totalement différentes de l'analyse (utilisation de données web issues du web scraping).

Cette phase nécessite des compétences informatiques proches de celles mises en avant dans la ville intelligente où l'on retrouve de la haute disponibilité des données, stockage hétérogène, haute-performance des calculs et des accès notamment via le réseau. On pourrait alors penser que cette phase ou ce niveau n'est pas pluridisciplinaire, mais pour travailler efficacement sur ces données il est nécessaire pour les spécialistes de l'informatique de collaborer étroitement avec les différentes spécialités pour comprendre leurs besoins sans quoi on capte des données inutilisables. En effet, sans une collaboration entre les TIC et les disciplines des niveaux suivants, il sera difficile de gérer les temporalités et la quantité des données et leur qualité intrinsèque pour un travail scientifique qui sont des paramètres qu'il est nécessaire de connaître et conjuguer pour mener à bien une campagne de captation efficace. Ce dialogue disciplinaire avec des spécialistes de l'informatique est une tâche difficile tant les problématiques que posent les données dynamiques hétérogènes et en très grand nombre[24] sont difficiles à gérer et donc à vulgariser pour les TIC. Pourtant sans ce dialogue la captation est stérile et tous peuvent bénéficier de la collaboration, particulièrement les disciplines non-TIC qui ne doivent pas nourrir un complexe d'infériorité face à un panel d'outils informatiques d'apparence très compliqués.

4.2 Explorer, Modéliser, Simuler & Analyser

Une fois les données captées, au moins en partie⁸Il est temps pour le niveau 1 et le niveau 2 de rentrer en jeu. Dans le cadre de l'analyse de système complexe, c'est le temps des études complexes, c'est à dire des analyses proprement dites où l'on cherche à dégager des hypothèses pour un problème considéré et à les valider ou invalider. Nous proposons de diviser en deux niveaux cette analyse, avec un premier niveau dédié à une science des données et le second dédié aux sciences plus classiques.

La science des données n'est pas à proprement parler une discipline, mais regroupe au contraire des scientifiques rompues à des exercices interdisciplinaires, car issues de disciplines différentes qui ont en commun d'avoir des compétences en analyse de données[25]. Parmi les compétences les plus courantes, on trouve la fouille de données et le recours aux statistiques, classiques, bayésiennes et au machine learning. On trouve également des techniques de simulation multi agents, et des traitements linguistiques, et des techniques de visualisation de données structurés autour de la visualisation d'information ou de l'analyse exploratoire de données. Cette science des données est dédiée à l'analyse de données et joue un rôle facilitateur pour se saisir des données du niveau de la captation et les traiter, fouiller, explorer, catégoriser en fonction des besoins du niveau 2 qui ont des problématiques spécifiques qui requiert leur attention. Il est alors fréquent que des statisticiens ou designers de visualisations puissent s'associer à des géographes[26], ou

8. La captation n'est jamais terminée et l'on doit sans cesse revenir sur ce niveau pour affiner et étoffer toujours plus les jeux de données disponibles.

des mécaniciens du design urbain[27] ou encore des économistes pour les aider à faire émerger des connaissances du sens des données disponibles. Le niveau 2 reste pluridisciplinaire, mais l'aller-retour constant entre les scientifiques des données et les sciences plus classiques crée une dynamique interdisciplinaire forte. Cela pose les bases d'une discussion qui s'enrichit et s'intensifie au travers de l'analyse conjointe. La science des données sert alors de tampon, de lien interdisciplinaire de discussion qui va jusqu'à servir également de passerelle entre des disciplines classiques lorsqu'elles ont des difficultés à communiquer.

Cette manière de fonctionner s'est avérée très efficace pour analyser de nombreuses composantes urbaines et proposer des études interdisciplinaires.

4.2.1 explorer/analyser

De plus, au sein même de la science des données, il est possible d'avoir une approche interdisciplinaire où les différentes compétences qui permettent de modéliser un système complexe se trouvent participer d'une démarche commune illustrée par la figure 2

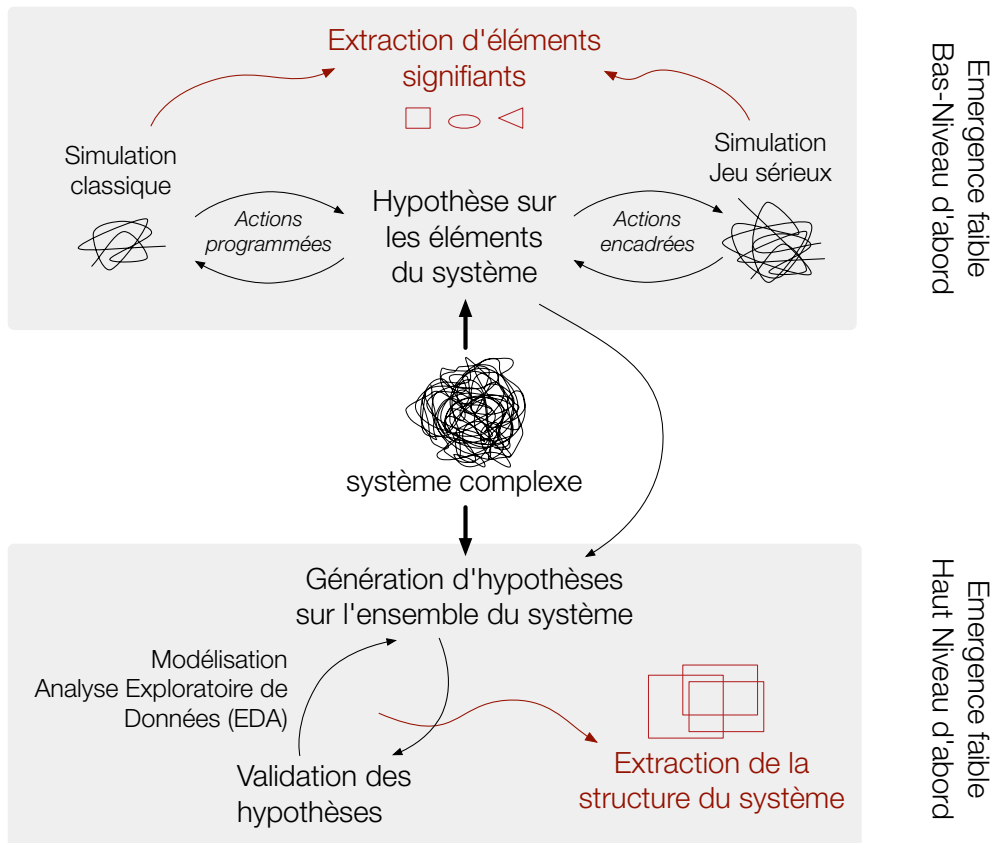


FIGURE 2 – Processus général d'analyse d'un système complexe.

Ainsi il est possible d'harmoniser l'approche globale en science des données et dans l'approche d'un système complexe. Le processus général vise toujours à faire émerger des connaissances du système. Cette émergence prend deux voies différentes[28] : la première souhaite découvrir les composants élémentaires du système et les relations qu'ils entretiennent en simulant leur comportement et en remontant progressivement vers le fonctionnement global du système. Cette émergence faible, *bas niveau d'abord* fait appel à deux formes de simulation multi agents, l'une classique, l'autre sous forme de jeux sérieux. Dans les deux cas, on pose des hypothèses sur le comportement des agents qui ont des actions programmées en simulation classique ou bien encadrés si les agents sont humains. Le cadre, c'est-à-dire les règles du jeu et les actions possibles, est constitué des hypothèses sur le système que l'on veut éprouver. Ceci permet en particulier de tester des conditions limites et de laisser une marge de liberté non programmée dans les actions des agents. C'est également un mode de captation de données en devenir, car les jeux fabriquent des données spécifiques que l'on peut utiliser ensuite.

La seconde voie souhaite comprendre le fonctionnement général pour ensuite déduire les composants élémentaires. On trouve ici l'analyse exploratoire de données et ses qualités abductives pour créer de nouvelles hypothèses. On trouve également la modélisation qui permettra au travers de la machine learning par exemple de découvrir des catégories de données de manière non supervisée qui éclairent, elles aussi, le fonctionnement du système complexe.

Ces deux voies se nourrissent l'une de l'autre et leurs interventions réciproques renforcent un peu plus une dynamique interdisciplinaire dans les sciences des données. Ici, et en science des données en général, le *anything that goes* de Feyerabend pousse même pour un fonctionnement transdisciplinaire qui suivra l'interdisciplinarité quand le dialogue aura suffisamment pris.

5 Conclusion

La forte urbanisation du monde invite à reconsidérer nos approches de la ville. Il devient nécessaire de se saisir de ces objets pluridisciplinaires pour les étudier et les comprendre. Pour ce faire, un certain nombre d'approches en apparence interdisciplinaires ont vu le jour, profitant de théories et méthodes notamment numériques qui prennent de plus en plus d'importance. Pourtant, ces mêmes approches censées mêler différentes disciplines et concepts sur la ville peinent à créer un dialogue en raison de réticences disciplinaires internes qui sont aussi le fruit de la trop grande complexité de la ville. Il y a trop d'axes d'analyses à considérer et cela nuit au dialogue tant qu'il a suffisamment à faire dans les frontières de chacune des disciplines qui participent à l'analyse de la ville.

Ce constat nous mène à une conception de la ville comme système complexe qui se nourrit cette fois d'une philosophie et d'approches propres aux systèmes complexes et qui doit permettre de sortir d'une pluridisciplinarité de fait. Mais travailler sur un système complexe est une gageure qui freine les collaborations disciplinaires.

Nous proposons pour sortir de ces difficultés de considérer une analyse globale du système complexe en trois niveaux avec les données pour dénominateur commun. Leur

captation est le fruit d'une collaboration étroite entre les disciplines tandis que leur analyse est partagée en terme de compétences entre la récente science des données et les disciplines traditionnelles. Il s'agit là plus que d'un avènement du numérique, mais d'une nouvelle manière d'envisager le travail scientifique avec un fondement interdisciplinaire fort ou des scientifiques font émerger des connaissances de tous types de données pour d'autres scientifiques qui éclairent les résultats de leur savoir disciplinaire. De plus au sein même de la science des données qui n'est pas dévolue particulièrement à l'analyse des systèmes complexes, on peut favoriser un dialogue interdisciplinaire, voire transdisciplinaire, entre les disciplines de la simulation, exploration, et modélisation et améliorer la prise en charge du système dans son ensemble.

Cette méthode globale trouve son épanouissement dans la proposition d'une conception profondément interdisciplinaire sous le label de ville idéale, composition de multiples indicateurs quali-quantitatifs qui en appellent autant aux sciences de l'ingénieur, qu'aux sciences du vivant ou aux sciences humaines et sociales.

Références

- [1] U. N. D. of Economic and S. A. P. Division, *World urbanization prospects : the 2011 revision*. UN, 2012.
- [2] U. C. Bureau, Ed., *2010 Census of Population and Housing, Population and Housing Unit Counts*. Washington, DC : Government Printing Office, 2012, ch. United States Summary : 2010, pp. 20–26. [Online]. Available : <http://www.census.gov/prod/cen2010/cph-2-1.pdf>
- [3] E. R. Tufte, *Beautiful Evidence*. Cheshire, Connecticut : Graphics Press, July 2006.
- [4] B. Hillman and J. Unger, “Editorial,” *China Perspectives*, vol. 2013/3, September 2013. [Online]. Available : <http://chinaperspectives.revues.org/6235>
- [5] J. Woetzel, L. Mendonca, J. Devan, S. Negri, Y. Hu, L. Jordan, X. Li, A. Maasry, G. Tsen, F. Yu *et al.*, “Preparing for china’s urban billion,” *McKinsey Global Institute, March*, 2009.
- [6] B. R. Barber, *If Mayors Ruled the World : Dysfunctional Nations, Rising Cities*. Yale University Press, 2013.
- [7] D. Pumain, T. Paquot, and R. Kleinschmager, *Dictionnaire la ville et l'urbain*. Economica, 2006.
- [8] G. Gusdorf, “Réflexions sur l’interdisciplinarité,” *Bulletin de psychologie*, vol. 43, no. 379, pp. 869–885, 1990.
- [9] B. Latour, *L’espoir de Pandore : pour une version réaliste de l’activité scientifique*. La Découverte, 2001.
- [10] P. Bouvier, “Interdisciplinarité, monodisciplinarité, transdisciplinarité,” *Socio-anthropologie*, vol. 14, 2004.
- [11] T. S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago press, 2012.

- [12] A. Banos, “Pour des pratiques de modélisation et de simulation libérées en géographie et shs,” Habilitation à Diriger des Recherches, Université De Paris I – Pantheon-Sorbonne, 2013.
- [13] “Statistical report on internet development in china,” China Internet Network Information Center, Tech. Rep., July 2013. [Online]. Available : <http://www1.cnnic.cn/IDR/ReportDownloads/201310/P020131029430558704972.pdf>
- [14] R. Bigot, P. Croutte, and E. Daudey, “La diffusion des technologies de l’information et de la communication dans la société française,” CRÉDOC, Tech. Rep. 297, November 2013. [Online]. Available : <http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R297.pdf>
- [15] M. Batty, K. Axhausen, F. Giannotti, A. Pozdnoukhov, A. Bazzani, M. Wachowicz, G. Ouzounis, and Y. Portugali, “Smart cities of the future,” *The European Physical Journal Special Topics*, vol. 214, no. 1, pp. 481–518, 2012.
- [16] R. Giffinger and N. Pichler-Milanović, *Smart Cities : Ranking of European Medium-Sized Cities*. Centre of Regional Science, Vienna University of Technology, 2007.
- [17] N. Pengfei, Ed., *Annual Report on China’s Urban Competitiveness (No.11)*. Social Sciences Academic Press, May 2013.
- [18] R. L. Florida, *The Rise of the Creative Class : Revisited*. Basic books, 2012.
- [19] C. Landry, *The creative city : A toolkit for urban innovators*. Earthscan, 2008.
- [20] T. N. Clark, *The City as an Entertainment Machine*, ser. Research in Urban Policy. New York, NY, USA : JAI Press, December 2003, vol. 9.
- [21] S. Kagan and J. Hahn, “Creative cities and (un) sustainability : from creative class to sustainable creative cities,” *Culture and Local Governance*, vol. 3, no. 1, pp. 11–27, 2011.
- [22] H. Jonas and J. Greisch, *Le principe responsabilité*. Éditions CEC, 2007.
- [23] I. Lakatos, P. Feyerabend, and M. Motterlini, *For and against method : including Lakatos’s lectures on scientific method and the Lakatos-Feyerabend correspondence*. University of Chicago Press, 1999.
- [24] J. Needham, *Disruptive Possibilities : How Big Data Changes Every Thing*, M. Loukides, Ed. O’Reilly Media, June 2013.
- [25] C. O’Neil and R. Schutt, *Doing Data Science, Straight Talk from the Frontline*. O’Reilly Media, October 2013.
- [26] F. Pfaender and J. Fen-Chong, “Exploratory analysis of urban mobility : from mobile phone usage data to tourist behaviour,” 2011.
- [27] E. Ostrosi, F. Pfaender, D. Choulier, A.-J. Fougères, and M. Tzen, “Describing the engineering modeling knowledge for complexity management in the design of complex city,” in *DS 75-6 : Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13), Design for Harmonies*, vol. 6 : Design Information and Knowledge, Seoul, Korea, pp. 189–198.

- [28] F. Pfaender, N. Esposito, and M. Jacomy, “Exploratory analysis of web data : Methods, tools and geographical distribution,” in *Proceedings of EPNACS 2011 within ECCS’11, Emergent Properties in Natural and Artificial Complex Systems*, Vienna, 2011.