

LES CAHIERS  
DE LA ARCHITECTURALE  
RECHERCHE URBAINE ET  
PAYSAGÈRE

3 | 2018  
Numérisation des espaces

# Vers les analyses algorithmiques de l'espace et des territoires

CLAIRE BAILLY ET JEAN MAGERAND

## Résumés

Français English

*Big data*, *data mining* et *machine learning* connaissent un développement sans précédent. Les méthodes qu'ils réclament et/ou véhiculent envahissent les modes d'analyse de la plupart des domaines en charge du territoire et de l'urbain tels la sociologie ou la géographie. Ils provoquent de profondes remises en question épistémologiques.

Cet article prend la mesure des changements qui affectent et redéfinissent, dans ce contexte, la lecture de nos environnements. Nous abordons pour cela quelques points actuellement saillants en matière de traitement automatisé des données.

Partant du constat que les modes de lecture du monde coévoluent avec les modes d'action sur lui, l'enjeu est in fine de mieux cerner la manière dont le big data, le data mining et le machine learning sont susceptibles d'affecter nos démarches de projet.

Big data, data mining and machine learning are undergoing unprecedented development. The methods they claim and / or convey invade the modes of analysis of most domains in charge of the territory and of the city such as sociology or geography. They cause deep epistemological questioning.

This article aims to evaluate the changes that affect and redefine, in this context, the reading of our environments. To this end, we will highlight some of the salient points of automated data processing.

Starting from the observation that the ways we read the world co-evolve with the ways we act on it, the challenge is ultimately to better understand how big data, data mining and machine learning are likely to affect our design processes.

## Entrées d'index

**Mots-clés :** Fouille de données, Hyper-analyses, Apprentissage profond, Démarche de conception, Architecture

**Keywords :** Big data, data mining, deep learning, design process, architecture

## Texte intégral

- Comment et pourquoi le numérique peut-il révolutionner les pensées, les théories, les doctrines et les pratiques dans les domaines de l'architecture et plus largement tous les domaines de la conception ? Afin d'amorcer une réponse à cette interrogation, nous nous concentrerons sur la mutation des modes d'analyse liés au nouveau *paradigme numérique*. Nous en tirerons quelques pistes quant aux nouvelles démarches de projets qui pourraient leur être associées.
- Afin de faire avancer ce débat et en nous aidant de quelques symptômes historiques, nous nous poserons la question du rapport entre les mutations paradigmatiques et les mutations de la pensée architecturale. Nous en tirerons des conclusions quant à la nature du *paradigme numérique* ou *paradigme complexe*<sup>1</sup>, et quant à ses conséquences sur les nouveaux modes d'analyse qu'il génère.
- À l'intérieur de cette problématique, nous nous focalisons plus particulièrement sur les *data mining* (fouilles de données) et les algorithmes, en tant qu'émergences les plus récentes et les plus puissantes de l'ère numérique. *Data mining* et algorithmes agissent de concert et dévoilent des substances profondes du réel, qu'elles soient territoriales, spatiales ou de toute autre nature. Pour atteindre cette « lecture augmentée »<sup>2</sup>, les calculateurs-révélateurs « hyper-analysent » les signaux infimes que contiennent des informations banales. Ils les confrontent entre elles d'une multitude de manières différentes, notamment grâce aux propriétés des algorithmes. Ils en extraient de l'information complexe.
- L'architecture, l'art, l'urbanisme, l'art du jardin, mais aussi l'agriculture ou l'industrie ont en permanence à analyser des objets matériels et/ou immatériels, que ce soient des sites, des organisations constructives ou des collectifs humains. Ces domaines n'utilisent, pour l'instant, sauf exception, que des modes d'analyse de type cartésien, par découpage hiérarchisé. Ils n'ont encore que peu franchi le pas des lectures augmentées par le

numérique, alors que le *deep-learning* (lectures profondes) remet déjà totalement en cause les anciennes méthodes d'analyse.

- 5 Pour des raisons de lisibilité, nous n'aborderons pas en tant que telle la pensée naissante et déjà dominante fondée sur les approches écologiques des territoires et de la construction, basées sur la frugalité et/ou les recyclages courts et/ou la biodiversité urbaine. Ces approches en pleine ascension dans les pratiques professionnelles mettent en avant le soutenable, les recyclages courts, les économies d'énergie, etc. Beaucoup attendent qu'elles refondent à elles seules la pensée architecturale<sup>3</sup>. Au-delà du conflit récurrent entre technophobes et technophiles, le présent article vise donc aussi à briser la quiétude des discours consensuels sur la « durabilité », émanant des institutions architecturales et des habitudes, écoutés attentivement et véhiculés internationalement.

- 6 **Expérimentation d'un mode génératif par algorithmes, pour des tissus territoriaux hybridant agrosystème et urbanisme, dans une ville à très haute densité.**



C. Bailly, J. Magerand architectes, 2017.

## Préalable historique : les leçons de la Modernité

- 7 Énoncer qu'un mode d'analyse architectural est l'expression des cultures dominantes de son époque est un lieu commun. En revanche, démontrer à cette même époque les rapports de cause à effet entre les nouvelles connaissances, les nouvelles méthodes et l'analyse architecturale est une toute autre chose. Heureusement, l'histoire éclaire l'influence des phénomènes scientifico-techniques sur l'architecture qui leur est contemporaine.
- 8 À la Renaissance, les mathématiques produisent des outils méthodiques de rupture, une épistémologie contrainte de l'interdisciplinarité et un langage commun à tous les domaines<sup>4</sup>. L'architecture de la Renaissance, imprégnée d'un zeste d'historicisme, n'est que l'un des phénomènes émergents de cette époque. Méthodes mathématiques obligent, sa métamorphose théorique a été similaire à celle des autres domaines qui lui étaient contemporains.
- 9 Plus tard, le cartésianisme, qui structure encore toutes nos cultures, nos activités et nos productions, se fonde sur un nouveau mode d'analyse (de lecture) du réel, par une manière de découper hiérarchique, mathématique et rationnelle. Au XVII<sup>e</sup> siècle, en France, cette nouvelle logique de décryptage des réalités a métamorphosé les manières d'« écrire », de reconstituer, de réinventer ou de réorganiser l'agriculture, l'art des jardins, la ville, le territoire, les structures sociales, l'armée, les arts, la poésie, et plus largement, pour le pouvoir, la société tout entière.
- 10 Deux siècles plus tard, au XIX<sup>e</sup> siècle, le même métaparadigme cartésien produit une sorte de dérivé ultime constitué autour de l'Organisation scientifique du travail, elle-même émanant de la modernité industrielle ; le cartésianisme analytique a ainsi généré un cartésianisme de type *projétuel*.
- 11 Ces exemples illustrent la puissance et la diversité des conséquences d'un paradigme. Siegfried Giedion<sup>5</sup>, bien conscient de ces phénomènes, a fait le lien entre les nouvelles organisations cartésiano-industrielles et les domaines de l'architecture. À l'aide d'une analyse de l'histoire des techniques, de l'industrie et des sciences, il a mis en évidence la manière de passer d'une analyse scientifico-technico-industrielle du réel aux avant-gardes théoriques, intellectuelles, conceptuelles et créatives.
- 12 Sous l'impulsion de ce pilier théorique des CIAM (congrès internationaux d'architecture moderne) et de son paradigme architectural « espace-temps-mouvement », le Mouvement moderne a mis au point de nouveaux dispositifs d'analyse du réel, de nouvelles manières de le percevoir et de nouvelles manières « modernes » de constituer (d'écrire) des œuvres d'art (le Cubisme, le Futurisme), des projets architecturaux ou même des villes (le Modernisme architectural). Les ouvrages *Vers la Cité hypermédiate*<sup>6</sup> et *Vers l'Hyperpaysage*<sup>7</sup> ont commenté, en leur temps, la manière dont Siegfried Giedion a procédé pour mettre en relation, en résonance et en harmonie, le pouvoir formatant de l'Organisation scientifique du travail et la pensée du Mouvement moderne. La place primordiale de Giedion dans la pensée moderne en architecture nous invite fortement à suivre le même chemin pour mettre en relation paradigme numérique – à caractère scientifico-technique – et nouvelles pistes de mutation inventives. Il s'agit maintenant, par analogie, de comprendre comment des outils numériques d'analyse complexe peuvent réinterroger nos cultures architecturales.

## Quelques mutations et ruptures territoriales déjà produites par le numérique

- 13 La mutation numérique est l'équivalent contemporain de la révolution sociétale et sociale provoquée par l'organisation scientifique du travail. Cette dernière est accélérée, depuis très peu de temps, par les *deep learning*. Véritable raz-de-marée méthodique, le *data mining* précipite la mutation, il désorganise et réorganise tous les secteurs de l'activité, des sciences, des techniques, de la pensée, des théories, des doctrines. En observant des

domaines et disciplines « contaminés » depuis longtemps par la culture numérique, il est possible d'entrevoir la manière dont le numérique et les nouvelles techniques impactent les pensées liées aux domaines de la création.

## Des machines aux puissances de calcul supérieures à celle de l'Homme

- 14 Dans le domaine des logiciels expérimentaux, en 2016, le Coréen champion de go Lee Sedol a été battu par le logiciel *AlphaGo*. Ce dernier avait appris à construire son jeu à partir de l'analyse de parties jouées par des humains. Il restait donc soumis aux spécificités, limites et cultures liées à l'esprit humain.
- 15 En 2017, un nouveau logiciel, *AlphaGoZero*, a à son tour battu son *alter ego AlphaGo*<sup>8</sup>. Ce nouveau champion artificiel avait été alimenté, non pas par des parties précédemment jouées par des humains, mais par les seules règles du jeu et le positionnement des pions sur un plateau. Ce programme de nouvelle génération avait joué des millions de parties contre lui-même, se créant ainsi des informations originales, « technico-egocentrées ». Cette machine élabore ses stratégies en toute indépendance, rompant avec les démarches fondées sur l'expérience humaine. D'une procédure s'appuyant sur des *process* inventés et contrôlés par l'homme, nous passons donc à une forme de stratégie émergente que la machine a créée sans intention.
- 16 La multi-analyse de ces nouveaux algorithmes est un mode de reconnaissance fondé sur la mémorisation des coups gagnants et le rejet des coups perdants. Il esquisse une démarche d'élaboration primitive ; le programme s'apparente alors à un dispositif créatif. Ce contexte méthodique floute la limite entre l'intentionnalité des informaticiens créateurs de la machine, les stratégies de l'utilisateur et la démarche paracognitive de la machine. Les mémoires artificielles de l'ordinateur gardent en effet opaques les millions d'informations accumulées et confrontées, n'affichant plus que de l'efficacité finale dans l'action.

## La géographie des *deep learning*

- 17 La géographie est un mode savant d'analyse qui éclaire sur les nouvelles manières d'aborder le territoire. Très tôt, ce domaine s'est emparé des données et calculs pour questionner les fondements de la territorialité. Denise Pumain et ses équipes avaient déjà travaillé dans ce sens dès les années 1980<sup>9</sup>. Leurs analyses « cybernético-numérico-mathématiques » étaient prémonitoires des « *hyper-lectures-data mining* » et changeaient la nature-même des espaces géographiques. Elles anticipaient le règne des algorithmes dans les territoires. Ces chercheurs ont mis au point de nouvelles analyses des processus organisationnels de la ville, qui possèdent un fort potentiel d'adaptation à la démarche de projet.
- 18 Aujourd'hui, les systèmes d'information géographique (SIG) sont des accumulateurs et des interrogateurs de données géographiques. Auparavant, la machine restituait servilement les informations stockées. Maintenant, le *deep learning* fait émerger, à partir des cartes géographiques, une information plus complexe que celle introduite en leur sein par les informaticiens. Ce contenu s'affine sans cesse en s'améliorant au gré des utilisateurs, en même temps qu'il se réactualise. Le *paradigme numérique-complexe* envahit un à un les domaines et les disciplines qui traitent de territoire. Il injecte, dans leurs gènes méthodiques, la notion de territoire augmenté.

## L'écologie et le décodage des milieux naturels

- 19 Les milieux naturels peuvent être aujourd'hui « hyper-décryptés », jusque dans les moindres détails, par des capteurs combinés au *data mining*. Les écologues relèvent les typologies comportementales ou les stratégies territoriales d'espèces animales indécélables autrement. Ils éclairent des comportements non observés directement et/ou non observables. Il devient possible d'analyser, conscientiser, et donc manipuler, des phénomènes qui n'apparaîtraient pas en dehors d'observations structurées par le *data mining*<sup>10</sup>. Connaître, dans le détail, le degré de biodiversité d'un milieu, sa rapidité de dégradation, sa vitesse d'évolution ou sa faculté de résilience est à la portée des scientifiques.
- 20 Cette construction de connaissance à partir d'informations obtenues indirectement n'est pas sans rappeler également les mutations rencontrées en sociologie, où la collecte d'informations subjectives, concernant par exemple le « ressenti » des citoyens, prend un tour différent. Il est par exemple question pour Dominique Boullier d'« *opinion mining* » et de « *sentiment analysis* »<sup>11</sup>. La sociologie a en effet pris acte, elle aussi, du renouvellement méthodologique appelé par le *data mining*, et a constaté la nécessité de revisiter, par exemple, ses approches quantitatives<sup>12</sup>.

## L'apprentissage par essai-erreur dans les territoires naturels

- 21 L'apprentissage artificiel fonctionne à partir de la sélection automatique de solutions pertinentes. Pour obtenir ce résultat, l'ordinateur expérimente des millions de solutions et élimine systématiquement celles qui sont inefficaces. Il conserve sans cesse les plus performantes.
- 22 Ce type de fonctionnement présente un caractère biomimétique. Dans le monde vivant, la mutation biologique accidentelle constitue le moteur de l'expérimentation naturelle. La plupart des mutants porteurs d'erreurs génétiques sont inadaptés et disparaissent. Certaines rares mutations sont dites vertueuses. Ces mutants non seulement survivent, mais possèdent des atouts supplémentaires de vitalité, de vivacité, d'efficacité ou de résistance. Ils ont alors une chance de survie, une longévité potentielle et une descendance plus importantes que leurs congénères et concurrents pour la reproduction. Ainsi, les organismes vivants s'adaptent et s'améliorent de génération en génération. Au fil des mutations avantageuses, et des générations qui se succèdent, l'espèce affermit sa stabilité dans l'écosystème. Ces modes de sélection, pilotés par une multitude d'algorithmes, issus des innombrables opérations biologiques, dominent au sein de la nature.
- 23 Comme les logiciels du jeu de go, la nature expérimente donc sans cesse des millions de solutions. Elle est habitée par des organisations complexes en apprentissage permanent et en bonification constante. Elles entretiennent un « *process naturel néguentropique* ». Ces améliorations/complexifications incessantes des écosystèmes et de leurs

composants sont réalisées automatiquement par la nature. Mais si les millions d'essais/erreurs de la nature s'échelonnent sur des millions d'années, en revanche, pour des machines exécutant des millions de calculs par seconde, l'opération ne prend parfois que quelques minutes. Ainsi l'ordinateur ouvre la porte à une sorte de négentropie artificielle qui pourrait être injectée dans les processus de projet.

24 Les milieux vivants constituent donc un réservoir inépuisable de modèles de processus organisationnels qui peuvent fournir des pistes quant aux possibilités d'utilisation des *data mining*, tant au bénéfice des nouvelles lectures des territoires qu'au bénéfice de leurs réécritures. Au surplus, tout comme les territoires naturels, les territoires agricoles ou urbains produisent une nuée d'informations et sont formatés par des équations mathématiques identifiables. Les algorithmes ont donc prise sur eux.

25 Nous sommes évidemment très intéressés par les *deep learning* appliqués au territoire, qui laissent espérer des applications dans le domaine de la gestion vertueuse des espaces naturels, agricoles, architecturaux, paysagers ou urbains. D'ores et déjà, les outils numériques sont en capacité de reconnaître le visuel ou le sonore, autant de grain à moudre pour mieux comprendre la nature profonde des territoires de tous types. Les machines sont aussi capables, de manière très efficace, de capter une langue complexe et de la traduire dans une autre langue complexe.

## Le *deep learning* pour mettre en évidence les tracés et proportions dans la nature

26 Traditionnellement, depuis des siècles, les concepteurs de toutes catégories travaillent avec des approches théorico-mathématiques lorsqu'ils analysent et transforment l'espace. Grâce à elles, ils élaborent des volumes qui constituent les cadres de vie artefactuels. Les techniques de reconnaissance artificielle de formes, maintenant opérationnelles, mesurent les tracés et les dimensions proportionnelles avec des méthodes similaires.

27 Les proportions harmonieuses ou les proportions optimisantes, établies de manière judicieuse, sont omniprésentes tant dans les productions de la nature que dans les artefacts fonctionnels. Les organes et organismes « matérielo-naturels » suivent des morphogénèses proportionnées et optimisantes. Ils doivent être résistants et économes en énergie. Un animal puissant, léger, peut mieux fuir ses prédateurs et attraper ses proies.

28 La nature regorge donc de modèles inspirants pour les opérations de biomimétisme complexe. Ce dernier n'est plus seulement formel, il est aussi défini par des familles d'algorithmes qui permettent d'accéder à ses processus organisationnels les plus sophistiqués.

### L'agriculture algorithmique

29 Cette même optimisation organisationnelle est opérante, artificiellement, sous une autre forme, lors du tracé des parcelles agricoles. Chaque agriculteur-pionnier a jadis délimité des champs et des prairies selon des paramètres visant à faciliter au maximum les différentes tâches à y accomplir (labour, fauche, récolte). Ainsi, les proportions entre longueur et largeur, l'orientation, le positionnement par rapport au relief, la pente maximum, la surface totale de la parcelle par rapport à la surface de l'exploitation, sont autant de facteurs agissant sur la manière d'améliorer la fonctionnalité agricole et les dispositifs de tracés territoriaux. Mais en agissant ainsi, les paysans d'antan ont utilisé, sans le savoir, une multitude d'algorithmes de traçage qui restent encore inscrits dans le dessin du parcellaire. Ce sont ces algorithmes, camouflés dans l'espace visible, qui régissent l'aspect du paysage rural, c'est-à-dire du système structurel du territoire agricole. Le « geste auguste du faucheur » ou le sillon rectiligne du laboureur peuvent désormais être lus comme des modes génératifs et des objets de paramétrage optimisants et optimisés.

### La médecine projetuelle

30 L'exemple du *data mining* appliqué aux outils médicaux ouvre également des pistes passionnantes. Le corps humain est en réalité un microterritoire en trois dimensions. Les machines médicales analysent donc du réel territorial. Le *deep learning* et ses algorithmes peuvent ainsi partir à l'assaut du « territoire corporel » pour en extraire des données et mettre à jour des symptômes d'une pathologie. Le corps est traduit en données graphiques, surfaciques, volumétriques, sonores, ondulatoires, granulométriques, quantifiables. Les scanners, les IRM, les échographies produisent des images d'analyse en 2D et 3D. En « hyper-analysant » les formes, les surfaces et les proportions des images médicales, le *deep learning* produit des diagnostics d'une précision inimaginable. Il peut suggérer même une prophylaxie. Cette faculté d'être force de proposition de soins est tellement adaptée au cas d'espèce qu'elle peut être assimilée à une forme d'invention. Cette approche de la médecine est très instructive car elle montre qu'il est possible, par le *deep learning*, de créer des liens forts entre analyse « territorialo-corporelle » et proposition d'actions bénéfiques.

31 Ce même type d'outils à intelligence de synthèse peut révéler, à une toute autre échelle, la vitesse de diffusion territoriale d'une épidémie et l'évolution de sa localisation dans le temps. En agissant ainsi, ils transforment une information statique en une information dynamique. Ils renseignent sur la déformation/reformation d'un phénomène ou d'un processus dans le temps et dans l'espace.

## Deep learning et reconnaissance de formes

32 Les données objectives émergentes par *data mining* ne sont pas seulement des vérités abstraites émanant d'un territoire ou d'un organisme. Les résultats de ces modes d'analyse interpellent aussi les gens d'images comme les gens de texte. Les informations simples qui alimentent les bases de données proviennent de différentes sources : vidéo, textes, déclarations orales, sons, photos. Qui dit document graphique, dit planimétrie et éventuellement volumétrie. Un site à aménager est tout à la fois un/des objets, une/des images et un/des textes.

33 Or, les algorithmes sont maintenant capables d'analyser des objets, des images, des textes et d'en identifier le contenu, voire certaines significations. Cette reconnaissance a fait des progrès considérables depuis cinq ans. Les machines sont déjà capables de repérer un cheval ou un arbre au sein d'une image ou d'une vidéo, et de proposer une identification botanique de l'espèce végétale photographiée. Demain, elles liront probablement une pathologie (un

cheval boitant) ou une vérité (l'âge d'un arbre). La reconnaissance d'un visage au sein d'une foule est maintenant opérationnelle.

34 Ces procédés sont encore souvent raillés pour leurs erreurs parfois drôles, tandis que leur capacité d'identification n'est pas sans danger pour les libertés individuelles<sup>13</sup>. Mais dans peu de temps, compte tenu des récents progrès dans l'auto-apprentissage/prédiction, ils deviendront à n'en pas douter encore plus fiables. Il est ainsi indéniable qu'un glissement est en train de s'opérer dans la perception de notre environnement.

35 Tous ces systèmes de captation/restitution d'informations sont inféodés aux techniques de *deep learning*. Les procédés de manipulation de l'information permettent déjà de peaufiner les procédures de reconnaissance d'une entité (géographique, constructive, organique ou médicale), qu'elle soit en plan ou en volume. Par exemple, une image soumise à une lecture automatique est captée de différentes manières. Les contrastes entre les pixels attenants, les formes très particulières facilement identifiables, la limite des objets (par exemple l'ombre et la lumière), les imbrications spécifiques, peuvent produire des informations en grand nombre et servir de champ de manœuvre aux algorithmes.

36 Ces derniers sont généralement définis à partir de concepts totalement abstraits, mais ils peuvent aussi émaner de savoirs experts qui en supervisent les propriétés, leur conférant une efficacité très ciblée. Grâce à eux il est possible d'effectuer des « plurillectures » superposées qui dévoilent les secrets d'un objet, ou même d'un territoire, en en tirant des informations qui vont bien au-delà du visible<sup>14</sup>. Même si ces approches sont encore peu opérationnelles, elles rendent déjà des services très prometteurs. Les toutes nouvelles générations de *deep learning* vont faire faire un nouveau bond décisif à ces lectures intelligentes des phénomènes réels.

37 La proximité avec les documents traditionnels de l'architecture ou plus largement de la conception devient donc évidente. Tous les supports documentaires peuvent émaner d'un secteur, d'un quartier, d'un espace, d'un lieu et peuvent inclure un laps de temps. D'ailleurs, les données numériques sont aujourd'hui pour la plupart géolocalisées et référencées dans le temps.

38 Toute construction circonscrit un micro-territoire en trois dimensions, qui regorge d'informations liées à sa conception, sa construction ou sa gestion. Toutes les captures d'informations surfaciques, proportionnelles ou volumétriques peuvent potentiellement être intégrées dans les analyses spatiales, humaines, temporelles ou gestionnelles en se transformant *in fine* en éléments constitutifs de l'architecture.

## L'hybridation des connaissances humaines et des connaissances machiniques

39 La méthode de reconnaissance sensible, humaine, et la méthode de lecture par l'intelligence de synthèse, coexistent et entretiennent un malaise conceptuel dont il est urgent de se saisir. Une partie de ces connaissances provient d'un processus de gestion automatique des informations. Nous assistons donc à une hybridation, encore mal définie, entre des connaissances expertes purement humaines et des « hyper-connaissances » produites par du *data mining* d'origine « méthodico-machinique ». Les méthodes d'élaboration du projet ont encore le plus grand mal à tenir compte de cette gémellité méthodique unissant les neurones biologiques et artificiels.

40 Ce mélange des genres reste abscons pour nos esprits imprégnés de cartésianisme ; il ouvre la porte à toutes les spéculations. Il est probable, par exemple, qu'à l'avenir nos interventions, dans ou à proximité des milieux naturels en « équilibre dynamique », prendront d'autres formes.

### Les nécessaires lectures simplexifiantes du cerveau humain

41 Par ailleurs, en rendant lisibles les *big data*, le *deep learning* nous rapproche de la simplicité. Cette spécificité du vivant est, selon Alain Berthoz<sup>15</sup>, la capacité pour un cerveau de sélectionner et synthétiser, en temps réel, des données, de manière inconsciente et fulgurante. La simplicité permet à tout être vivant de vivre et d'interagir, dans un milieu hautement complexe, sans se trouver saturé et donc paralysé par la masse de données et d'informations à sa disposition. Notre cerveau fonctionne selon cette même procédure, simplifiante et d'une immense efficacité.

42 Ainsi, les outils de traitement des données appliqués à l'urbain promettent une lecture synthétique, pertinente, adaptée aux décisions à prendre et toujours actualisée, des phénomènes les plus complexes qui structurent les villes. À terme, nous pourrions analyser les processus territoriaux et urbains sans avoir besoin, comme nous le faisons systématiquement depuis Descartes, ni de les réduire ni de les disjoindre en des séries d'entités fonctionnelles, sociales, spatiales, techniques.

### L'adaptation au territoire physique

43 Pour la reconnaissance de réalités prédéfinies, au sein d'un espace géographique ou urbain, les différents capteurs peuvent combiner leurs analyses en temps réel afin d'identifier plus sûrement une entité vivante ou inerte. Capteurs *in situ*, capteurs posés sur objet volant ou capteurs sur satellites peuvent mettre en synergie leurs lectures. Ils constituent des *big data*, qui se laissent pénétrer par les *deep learning* et qualifient la nature précise de tous les objets ou phénomènes situés sur un territoire.

## Le paradigme numérique et les nouvelles territorialités

44 L'observation des domaines qui ont muté, et l'analyse de leurs modes de mutation, nous amènent à constater qu'actuellement, comme à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, émerge un véritable nouveau métaparadigme. Ce dernier est étayé, entre autres, par le numérique, les sciences de la complexité, les sciences de l'information et de la communication, le *data mining*, le « nouveau biologique », la pensée écosystémique.

45 Les modes d'évolution de tous ces domaines ont la cybernétique comme ancêtre commun. Cette culture « scientifico-mathématico-technique » et les ordinateurs, dont elle a permis l'invention, ont envahi progressivement

tous les domaines de la production, du savoir et des pratiques. La cybernétique étant la mère des sciences de l'information et de la communication, elles-mêmes génitrices de l'électronique et de l'informatique, il n'y a rien d'étonnant à retrouver une grande consanguinité épistémologique entre les différents domaines ayant déjà, par ailleurs, fortement muté sous la pression du numérique. Cette consanguinité « méthodico-culturelle » inédite affirme de plus fort la prégnance de ce nouveau contexte méthodique à forte puissance formatante. Les *deep learning* amplifient encore, de manière exponentielle, la puissance du paradigme « numérico-complexe ». Ces techniques s'inscrivent profondément dans les fondamentaux mutationnels de l'époque contemporaine.

## Les *big data* au cœur du paradigme complexe

46 De tout cela, il faut conclure que contrairement aux apparences, en étant au cœur du nouveau paradigme, les *big data* ne peuvent pas être considérés comme un simple isolat technique, fonctionnel et réducteur. Elles sont le résultat d'un long processus de maturation méthodique interdisciplinaire, cristallisé de manière passionnante par les cybernéticiens dans les années 1950.

47 Nous trouvons donc en amont du *data mining* bien plus qu'une hérédité et une genèse technique. C'est tout un panel richissime de sciences, de cultures, de technologies, d'inventions, de méthodes, de théories, de doctrines, qui a transformé aussi bien les sciences du vivant que l'informatique ou que la sociologie... mais pas encore l'architecture.

48 Si ces méthodes numériques provoquent des ruptures fondamentales dans les modes d'analyse, c'est en raison de leur puissance et de leur vitesse de calcul totalement inédite dans le monde naturel et dans les sciences traditionnelles, ces sciences d'hier qu'on peut qualifier de cartésianistes et de non-complexes. *De facto*, les nouveaux outils produisent des mutations au sein de tous les domaines. Ils détériorent des cultures, mais surtout ils en génèrent de nouvelles.

## La spécificité des *big data* : l'opportunité de méthodes nouvelles

49 Rappelons que les *big data* sont fondées sur la constitution de données, basiques, banales, voire sans valeur apparente, mais en très grand nombre. Elles se présentent à l'entendement comme des indices peu lisibles voire illisibles, qui semblent disjoints ou répétés de nombreuses fois. La simple lecture par un cerveau humain est impossible, compte tenu de la quantité massive de données, et si elle l'était, elle ne permettrait pas de rendre compte des phénomènes complexes, imbriqués les uns dans les autres, qu'elles représentent.

50 Ces données insignifiantes peuvent cependant être soumises à des algorithmes de *data mining*. Il est possible de faire émerger des informations de deuxième rang en grand nombre, puis en affinant ces dernières, de faire naître des informations de troisième rang, puis de quatrième rang, etc. À chaque algorithme activé, à chaque couche de calcul nouveau, apparaît une nouvelle strate de connaissances plus riche en sens<sup>16</sup>, de plus en plus précise quant à la nature des choses mais aussi quant aux mécanismes qui y conduisent et aux processus qui les régissent.

51 Dans ce déluge de données, la récurrence de certains types de relations entre certaines données ou certains types de données, selon le principe de corrélation, permet d'établir des informations très précises et des prédictions déjà relativement fiables. Pour y parvenir, il est nécessaire d'analyser les informations historiques d'un système et un listing des *patterns*<sup>17</sup> qui en émergent. Cette opération permet, en confrontant les résultats, de prévoir avec de fortes probabilités la nature de l'organisation d'un système dans un futur plus ou moins proche. Il devient alors possible d'en tirer des conclusions sur l'évolution de son organisation. Nous voyons là tout l'intérêt que peut représenter l'analyse d'un lieu par ses données lorsque ces dernières peuvent s'auto-enrichir grâce à des algorithmes judicieusement choisis.

52 Les *patterns* peuvent être considérés comme une solution utile pour extraire de l'information en échappant aux difficultés liées aux bruits informationnels, inhérents au *big data*, et dus à la qualité inégale, et même parfois médiocre, des données disponibles. Les méthodes consistant à faire émerger ces *patterns* sont indépendantes du type d'information traitée. Elles sont potentiellement opérantes dans tous les domaines et peuvent donc faire l'objet de transferts d'un domaine à l'autre. Les domaines qui procèdent à de l'expérimentation territoriale sont, nous l'avons compris, très réceptifs à ces approches techniques et méthodiques.

## Une nouvelle donne méthodique

53 Parmi les méthodes impactées par le numérique, celles qui nous concernent le plus, en tant que concepteurs sont évidemment liées aux territorialités architecturales. Les méthodes liées aux techniques et aux sciences sont, comme l'a souvent souligné Giedion à une autre époque, transférables d'un domaine à l'autre ; le territoire est directement concerné. Les méthodes de management des algorithmes proviennent des mathématiques, des sciences « dures » et des techniques informatiques. Elles sont *de facto* transdisciplinaires. Les avancées méthodiques et processuelles, dans un domaine, sont bonnes à connaître et à interpréter puis adapter dans tous les domaines.

54 L'*open data* se généralise et s'améliore, et les capteurs intelligents, capables de produire d'innombrables données en des temps très courts, se multiplient. Dans un milieu donné, l'extraction artificielle d'informations sommaires, par extrapolation intelligente, permet d'obtenir une connaissance très précise du lieu, jusque dans ses moindres détails. Par le même procédé, il est possible d'obtenir des renseignements judicieux sur la structure et les processus d'évolution d'un ensemble de phénomènes localisés.

55 Évaluer les constituants organisationnels d'un milieu en équilibre dynamique, mettre en évidence les conditions de son évolution, ou connaître les paramètres et les algorithmes qui sont à l'œuvre deviennent des objectifs de plus en plus accessibles. Tous les territoires regorgent de phénomènes actuellement inexploités, qui peuvent être captés et accumulés sous forme de données. Les équations du développement soutenable sont évidemment au cœur de ces enjeux de capture et de calcul. Elles ont à leur disposition un nouvel et extraordinaire éventail de méthodes d'investigation. La prise en charge de nombreux processus en évolution au sein d'un dispositif unificateur, grâce au *data mining*, questionne la notion même de territorialité et de soutenabilité.

## Une rupture : le raisonnement augmenté

56 Si ces nouvelles manipulations de l'information, chaque jour plus sophistiquées, nous entraînent vers des approches innovantes et inédites, elles nous contraignent aussi à une prise de distance douloureuse avec les raisonnements humains culturellement préformatés. Là où le cartésianisme était opérant exclusivement dans le cadre de calculs « anthropo-biologiques », le paradigme complexe agit tout autant sur les perceptions naturelles que sur le calcul artificiel utile à la perception automatisée.

57 En parcourant indifféremment toutes les échelles, du microscopique à l'immense, le *deep learning* possède la faculté d'être opérant dans différents domaines, quelle que soit leur échelle-cible, telles la médecine ou la géographie. Il ouvre des continuités entre échelles et entre domaines qui jusqu'alors semblaient disjoints du fait de leurs extrêmes spécialisations. Alors que le numérique et ses déclinaisons savent investiguer un organisme minuscule, le corps d'un animal, la structure d'une plante ou un SIG portant sur tout un pays, ces outils sont tout aussi capables d'effectuer l'« analyse augmentée » de la structuration et de l'évolution d'un village, d'une forêt, d'une région ou d'un bâtiment.

## Vers une *architecture augmentée*

58 Les analyses algorithmiques et savantes, spécifiques de l'ère de la complexité et qui s'instituent en « multi-hyper-lectures », rappellent très précisément la démarche de Giedion ou celle des artistes modernes de la première heure. Lorsqu'il s'agit, pour les Modernes, de trouver de nouvelles voies pour réactualiser la pensée architecturale, ce sont les méthodes d'analyse scientifiques et techniques, en pointe à l'époque, qui ont servi de levier conceptuel. Il apparaît, entre autres, que le rôle des « hyper-lectures » dans la mutation des méthodes d'investigation d'aujourd'hui est très similaire au rôle qu'a occupé la « lecture cubiste », d'inspiration scientifique en son temps au sein des nouvelles manières d'analyser le réel.

59 Lorsqu'il s'agit d'appliquer des principes analytiques issus d'autres disciplines aux domaines de l'architecture, il ne faut jamais oublier qu'un bâtiment se situe à l'interface entre l'homme et son milieu. La spécificité du territoire d'accueil de la construction, qu'il soit urbain ou rural, oriente les connexions de l'objet architectural avec ses milieux ; il le « gabarise », le formate et le formalise dans ses grandes lignes. Le site peut même influencer en amont les conditions de sa morphogénèse constructive jusque dans les détails opérationnels les plus techniques. Parallèlement, une ou des organisations humaines bien identifiées (familiale, militaire, religieuse) contre-formatent l'architecture de l'intérieur comme de l'extérieur pour la contraindre à assurer ses fonctions. En conséquence de ces forces « formatantes » en présence, il faut garder à l'esprit que les relations entre une architecture et son milieu sont régies par des algorithmes de type naturel et artificiel, au sens où nous les avons définis précédemment.

60 L'utilisateur et le milieu sont en effet deux gros producteurs de données susceptibles d'être mémorisées et ensuite affinées numériquement. Le bâtiment, à l'image d'un organisme vivant dans son milieu naturel, produit lui aussi en permanence des informations. Toutes ces données collectées puis cumulées peuvent, dès la programmation, s'hybrider et fusionner en une seule liste. Cette dernière peut elle-même être parcourue par des algorithmes judicieusement choisis. La substance de ces informations ainsi affinées par le calcul fait émerger différentes connaissances pointues sur l'entité homme/architecture/milieu. Ces informations augmentées sont susceptibles d'amplifier la pertinence de la construction, avant même la phase de conception.

61 Il est ainsi clair que la phase d'analyse sitologique, par les procédés numériques, est d'une nature totalement différente de celle des analyses traditionnelles. Implicitement, les organisations portées par les programmes fonctionnels sont transformées automatiquement par l'hybridation entre les fonctionnalités, les données du site et celles portées par les méthodes liées aux doctrines architecturales ; pour être plus explicite, il faudrait d'ailleurs parler de méthodes liées aux *a priori* d'utilisation de l'architecture à construire.

62 De plus, dans les démarches d'analyses algorithmiques, le choix même des algorithmes de traitement des données oriente en amont l'analyse, selon une procédure qui s'apparente déjà à la démarche de projet, alors même que cette démarche proprement dite n'est pas encore explicitement engagée. Ce choix méthodique est du ressort du subjectif. Cette démarche est donc intéressante à observer dans le cadre de nos problématiques de concepteurs, puisqu'elle est issue d'une symbiose entre du purement mathématique et des choix arbitraires d'algorithmes qui eux s'opposent à tout idéal d'objectivité<sup>18</sup>.

63 Comme le relèvent de nombreux auteurs<sup>19</sup>, le traitement des données est hautement conditionné par la manière dont elles sont produites, sélectionnées, collectées et structurées, et par la manière dont les algorithmes qui les analysent sont programmés. L'obtention des données et l'extraction d'informations sont donc des opérations orientées, partiales, et même situées politiquement. Dans nos domaines, nous dirions qu'elles relèvent aussi d'une démarche de projet. On pourrait parler de démarche de déduction orientée.

64 Ce qui apparaît encore ici, autour de l'utilisation des algorithmes, c'est l'existence d'une étonnante forme de continuité entre ce qui relève du diagnostic objectif d'un site et ce qui relève des intentions liées au projet.

### *La simplicité qui émane de la complexité contextuelle*

65 La simplicité, nous l'avons vu, est cette faculté qu'a l'esprit biologique – ou esprit naturel –, d'analyser, en temps réel, par des calculs simultanés et par effet d'émergence, dans la fulgurance, une multitude d'informations complexes et de les hiérarchiser. Dans la nature, cette faculté est vitale. Elle permet d'agir très vite pour se préserver des attaques soudaines ou accéder prioritairement aux ressources alimentaires.

66 La quête de la « simplicité savante » est au cœur des démarches architecturales ; la simplicité est probablement l'explication neurobiologique de la satisfaction vitale qu'ont les êtres vivants à désaturer la surinformation produite par leur environnement.

67 Il se trouve que nous sommes maintenant, en utilisant les outils numériques, en capacité de faire émerger des objets savants et complexes, de les extraire du chaos des informations et des contraintes de tous ordres, pour les rendre lisibles. Le nouveau paradigme réactualise donc la question de la lisibilité des objets territoriaux complexes dans le cadre d'une lecture augmentée ; il remet en cause la notion même de simplicité et de lisibilité.

### *De nouvelles conditions de production des connaissances territoriales*

68 Les approches calculatoires systématiques et les algorithmes, emblèmes de la mutation des idées, ont déjà remis en

cause la notion de production de connaissances et la démarche scientifique de type analytique. Le *deep learning* fait émerger certaines connaissances justes et précises en utilisant des données parfois imprécises et en éliminant des millions de connaissances illogiques ou absurdes.

69 Depuis l'éditorial provocateur « The End of Theory : The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete » de Chris Anderson<sup>20</sup>, certains proclament même la fin des sciences. Ils prédisent, à terme, la fin des théories. Ils annoncent qu'un jour les machines pourront se substituer totalement aux savants et aux experts et produire au bénéfice de tout un chacun la connaissance dont il aura besoin. Nous laisserons cette affirmation à l'appréciation et à la vérification des futurologues et prospectivistes, mais nous admettons qu'effectivement les processus de lecture, d'analyse et de production de connaissances de tous types viennent bel et bien de subir une mutation majeure.

70 Force est de constater que les algorithmes agissent de concert au sein du *deep learning*. Ils peuvent produire maintenant, dans certaines conditions, des connaissances complexes sans passer par les méthodes scientifiques traditionnelles. Les notions d'observation scientifique, de reproductibilité, de traçabilité des démarches s'en trouvent totalement remises en cause. Nous avons vu aussi que l'analyse des espaces, du temps, du mouvement et de l'évolution des *process* territoriaux, dans d'autres domaines, subit la même mutation provoquée par les *data mining*. Il est donc fort probable que, comme au début du XX<sup>e</sup> siècle, les processus de projet suivent les mêmes procédés de mutation. Il reste à observer et à expérimenter cette voie dans le domaine de l'architecture.

71 Nous avons compris que les algorithmes auscultent les informations d'un système jusque dans ses dynamiques d'évolution. Ils observent une multitude de phénomènes simultanément. Ils sont capables de calculs prédictifs très élaborés, en travaillant par mode inductif, déductif ou par analogie à des exemples mémorisés. Ils mettent en évidence et confrontent les différents stades d'un processus complexe, dans le temps et dans l'espace. Ils sont donc en capacité d'aider à comprendre les dynamiques d'évolution des organisations sophistiquées de tous ordres. Le paysage, la ville, l'agriculture ou l'architecture sont justement des objets complexes en permanente évolution. Jusqu'à présent, ils ont été élaborés principalement comme des objets finis, faute d'outils suffisamment puissants pour mettre en évidence, et surtout manipuler, les équations qui structurent l'ensemble de leurs cycles de vie.

## La machine comme perturbateur/générateur conceptuel

### *D'un nouveau dispositif d'analyse territoriale à de nouvelles dispositions projetuelles*

72 Les architectes et les artistes modernes, en leur temps, ont révolutionné leurs domaines en affirmant la répétition, l'automatisme, la fonctionnalité, la standardisation comme vecteurs potentiels d'une création esthétique nouvelle. Ils ont essuyé les huées de leurs contemporains bien-pensants. Une relecture de Siegfried Giedion rappelle la manière dont ils ont pu passer, dans la plus totale continuité processuelle, de la dimension technique et méthodique, évoquée par *La Mécanisation au pouvoir*, à l'*Architecture moderne* dont la genèse théorico-méthodique est abordée dans l'ouvrage *Espace, temps, architecture*<sup>21</sup>. Les frontières semblaient en effet ne pas exister pour le secrétaire général des CIAM, pas plus que pour Le Corbusier, entre d'une part les aspects purement techniques et d'autre part les méthodes de théorisation et les processus de projet liés aux domaines de l'art et de l'architecture. Pour mener à bien leur entreprise de révolution des idées, ils ont balisé les champs d'action d'une nouvelle modernité, que le Mouvement moderne les a aidés à formuler.

73 Aujourd'hui, les algorithmes, le paramétrage, les *big data*, le *deep learning*, nous semblent tout aussi hideux et anti humains que la standardisation industrielle. Ce sont pourtant toutes les cultures techniques et scientifiques qu'il convient de réinterroger aujourd'hui. Dans cette logique, se pose donc la question de la nature de la Modernité mutante, en lien avec les *deep learning*, et qui correspondrait à cette nouvelle donne portée par les nouvelles connaissances.

74 Pour l'instant, les démarches créativo-inventives traditionnelles n'ont que peu ou pas intégré la notion de processus décisionnel et de manipulation projetuelle par accumulation de données, *deep learning* ou algorithmes. Force est de constater que les programmes d'intelligence artificielle, tel *AlphaGoZero*, agissent sans *a priori*, hors des raisonnements humains culturellement préformatés. Pourtant, la capacité de la machine à proposer des solutions inédites et cohérentes, par analyses algorithmiques, constitue une véritable révolution. L'univers des possibles à explorer s'enrichit et multiplie les solutions à envisager. Jean-Pierre Couwenbergh<sup>22</sup> va plus loin. Selon lui, la machine devient un moteur de propositions ; elle prend ici une nouvelle dimension.

75 L'histoire récente nous a montré tout le potentiel d'un art mêlant création humaine et « art machinique ». Dans les années 1950-1960, Nicolas Schöffer, par ses textes et ses œuvres cybernétiques, a démontré très tôt la possible voie d'une création « à deux étages », comprenant un niveau de création humaine et un niveau de création machinique. Jean Tinguely, inspiré des mêmes sources cybernétiques, a également investigué cette piste en fabriquant des machines à dessiner où l'aléatoire, l'automatique et l'intervention humaine interféraient pour produire des dessins automatiques<sup>23</sup>. Leurs machines inventantes manipulaient, sans le savoir, des algorithmes mécaniques indomptables et des *proto-deep writing* dont le cheminement précis était impossible à expliquer.

76 Le paradigme *big data* perpétue cette tradition de la création à deux étages comprenant ces mêmes niveaux de création, l'un poétique et humain, l'autre numérique et machinique. Mais entre-temps, les algorithmes sont devenus explicites et maîtrisables dans les procédures inventives. Les machines automatiques ont été remplacées par des machines autorégulées, voire auto-organisées et parfaitement capables de dialoguer avec leurs créateurs, leurs environnements et même leurs utilisateurs.

77 Tout porte donc à croire qu'il est possible de concilier une nouvelle fois la rationalité technique, portée par le numérique, et la dimension sensible attachée aux concepteurs. Il reste maintenant à faire prospérer cette nouvelle dynamique conceptuelle. Il reste aussi à la mettre en action, au sein de processus créatifs complexes, fondés sur l'hybridation entre les savoir-faire humains et le *deep learning*. Si tel est le cas, la notion même d'architecture est à redéfinir.

### *Une évolution des démarches projetuelles : le deep writing ?*

78 Nous n'affirmerons pas, sur la base des arguments de cet article, qu'inéluctablement les *big data* et le *data mining*

vont reformater entièrement les démarches de projet. Encore faudrait-il en avoir collectivement la volonté<sup>24</sup>. Pour autant, comme nous l'avons vu, l'exemple de l'évolution des domaines comme la géographie, la médecine ou l'écologie, sous l'impulsion du paradigme numérique, montre les premiers symptômes tangibles d'une révolution en la matière.

79 À la lumière des conditions de naissance du Mouvement moderne, il est évident que, sous la pression des *big data* et surtout du *data mining*, les modes d'« écriture » à venir, quels qu'ils soient, ne peuvent plus suivre les mêmes procédures de réassemblage et de réorganisation du réel. Cette mutation à caractère paradigmatique concerne tous les modes de *deep writing*, qu'ils soient appliqués aux domaines théoriques, matériels ou immatériels. Il devient donc urgent de se poser la question de la manière dont, au sein du paradigme complexe, il serait éventuellement possible, pour les architectes, de conduire le glissement théorique vers des conceptions augmentées.

### Le projet comme manipulation des informations

80 La réalité augmentée est maintenant un phénomène avéré. Le projet augmenté en constituerait alors une extension logique. Ainsi, comme nous l'avons souligné, dans la reconnaissance automatique des visages, les machines intelligentes procèdent implicitement à de la manipulation programmée d'informations dimensionnelles et proportionnelles. Elles en déduisent des connaissances objectives.

81 En architecture traditionnelle, la démarche de projet prend aussi en charge, dans des conditions similaires, une série de manipulations des proportions, des formes, des volumes, des espaces, des échelles et du temps. D'une certaine manière, la démarche de projet met en scène et traite des informations. Elle les trie, les choisit, les hiérarchise et les organise – sans le formuler comme tel actuellement – en bases de données « lourdes » – en *big data* incomplètement mémorisées. Toute augmentation dans le stockage et la manipulation des quantités d'informations – en l'occurrence la connaissance du mode d'évolution d'un territoire – ne peut qu'impacter fortement les processus de création et les démarches de projet. Là, le BIM (*Building Information Modeling*) est déjà disponible pour formuler bientôt des fonctions nouvelles, moins techniques et plus conceptuelles.

### Vers un meilleur partenariat avec la nature

82 Nous avons volontairement mis de côté, en début d'article, les considérations d'ordre environnemental et les contingences de développement durable, telles qu'elles sont traitées aujourd'hui dans les discours dominants de l'aménagement et de la construction. Nous voulions cependant suggérer que le paradigme numérique demande d'aborder ces problématiques de manière nouvelle. Il sera par exemple possible par le *data mining* d'extraire des algorithmes qui régissent un écosystème donné (naturel ou artificiel) et d'en tirer des portraits robots tout en cernant peu à peu leur typologie et leur morphologie complexes. Des algorithmes vertueux pourront être identifiés, domestiqués et servir à introduire des objets artificiels (matériels ou immatériels : bâtiments, processus de planification...) dans les milieux naturels, sans les perturber. Des équilibres dynamiques nouveaux pourraient ainsi être introduits dans les milieux urbains.

83 Rien n'empêche de penser qu'il est possible, par affinages successifs, de mettre au point des sortes d'algorithmes hybrides qui se fonderaient à la fois sur des considérations anthropiques et sur des spécificités inspirées des organisations biologiques durablement biodiversifiées au sein de milieux naturels.

84 La démarche de projet, en milieu complexe, pourrait tenir compte des équilibres dynamiques déjà en place ; elle se transformerait alors en démarche complexe. Il y a probablement encore un très long chemin méthodique et culturel à parcourir, entre d'une part la « bien-pensance durable », pétrie de bonnes intentions, inscrite dans les consensus d'aujourd'hui, et d'autre part la maîtrise, vertueuse et en temps réel, des flux non naturels de la planète. Nous serions alors sur le chemin d'une procédure artificielle de néguentropie territoriale.

### Vers une nouvelle modernité ?

85 Justement, au regard des enjeux de préservation de nos environnements et à tous les niveaux, la maîtrise des nouvelles modalités de la démarche de projet est essentielle dans les décennies à venir. Mais il reste à contextualiser ces nouvelles connaissances et savoir-faire, en termes de théories et de méthodes, afin d'en maîtriser la substance profonde. Le principal enjeu de notre époque est de comprendre s'il existe ou non une nouvelle modernité qui engloberait et unifierait toutes les nouvelles cultures émergeant du numérique. Cette modernité pourrait alors inclure le nouveau paradigme tout entier dans une dimension philosophique et humaniste. Actuellement, il n'est pas facile de repérer les caractéristiques indiscutables de cette hypothétique modernité numérique complexe, surtout parce qu'elle est déjà unanimement redoutée, avant même d'exister.

86 La production de connaissances par l'analyse scientifique, l'accumulation artificielle de l'expérience mémorisée par la machine, l'analyse neurobiologique et les modalités de la décision humaine étaient jusqu'à présent des domaines bien distincts et bien identifiables. Elles semblent maintenant s'hybrider à leurs marges. Les méthodes numériques, par les *deep learning* qu'elles propagent, contribuent à rendre floues les limites entre ce qui est du ressort de l'analyse aveugle et ce qui résulte de l'intentionnalité.

87 Nous avons compris que le *deep learning* nous amène progressivement à déstructurer et à reformuler les démarches scientifiques et créatives. Tout semble indiquer qu'il va provoquer un raz-de-marée culturel. Il est probable que les domaines de l'objectif et du subjectif sont déjà imbriqués dans un dispositif de continuité, rendant plus difficile encore la lecture d'une nouvelle modernité.

88 Nous serions alors un peu dans un modèle méthodique rappelant ceux qui servaient à cerner le réel au Moyen Âge ; à cette époque, l'avéré, l'intentionnel, le rêvé, le calculé, le cru, l'espéré avaient tous leur part de la vérité. Nous serions aussi un peu dans le modèle de modernité évoqué par Bruno Latour. Ce dernier définit une modernité jamais atteinte et qui, si elle avait existé, aurait placé sur un pied d'égalité ce qui est de l'ordre de nos vérités scientifiques et ce qui est de l'ordre de nos croyances contemporaines<sup>25</sup>. Peut-être faudra-t-il d'ailleurs réexaminer, avec une nouvelle attention, cette modernité fantôme, qu'il a implicitement fait émerger et qui lui a permis de déclarer « nous n'avons jamais été modernes ». Le socio-anthropologue fustige, entre autres, les scientifiques qui se réclament, à tort selon lui, d'une modernité analytique « éco-systémico-complexe ». Il constate qu'ils utilisent ces méthodes (modernes et

sophistiquées) pour observer les sociétés ancestrales et/ou « exotiques », et que celles-ci reposent tacitement sur l'hypothèse d'une continuité totale entre espérance, connaissances, techniques, religions, cultures, etc. En revanche, Bruno Latour déplore que les scientifiques aient abandonné ces mêmes méthodes complexes liant sciences et croyances pour analyser nos sociétés contemporaines dites modernes. Certes, il faut constater que la modernité évoquée par Bruno Latour ne porte que sur les dispositifs d'analyse à caractère scientifique et qu'il n'évoque pas vraiment la modernité projetuelle ou créative telle que manipulée par Duchamp en art ou Le Corbusier en architecture, alors même qu'elle est le « Graal » des concepteurs. Il n'en demeure pas moins que l'analyse critique de notre modernité dominante, telle qu'approchée par Latour, définit probablement, en creux, une partie des caractéristiques de la nouvelle modernité numérique qui se fait jour avec le paradigme complexe. Cette approche ne saurait donc laisser indifférents les architectes.

89 Aujourd'hui, au sein de cette nébuleuse en formation, force est de constater que le subjectif, les présupposés et les *a priori* culturels, tout comme les données objectives, peuvent être parcourus indifféremment par le même *deep learning*. Ces fragments du monde réel peuvent ainsi entrer en continuité et en synergie. Nous l'avons vu, sous les pressions des algorithmes adéquats, dans un milieu abstrait où fourmillent l'à peu près vrai, l'inexact voire le faux, peuvent apparaître – par suppression des bruits et erreurs – du vrai, de l'exact, du précis. Peut-être sommes-nous là à l'une des portes d'entrée de cette nouvelle modernité ?

90 Peut-être nous sommes-nous, nous aussi, dans le domaine de l'architecture, tout simplement arrêtés à une modernité incomplète qui sépare imprudemment, en suivant la tradition cartésienne, ce qui est du ressort de l'analyse complexe et ce qui est de l'ordre de l'écriture complexe ? Peut-être que les théories de l'imprédictibilité, chères aux spécialistes des systèmes complexes, auront toute leur place dans une modernité réinventée.

---

## Bibliographie

- C. Anderson, « The End of theory : The data deluge lakes the scientific method obsolete », *Wired Magazine*, 23 juin 2008, [en ligne] [http://archive.wired.com/science/discoveries/magazine/16-07/pb\\_theory](http://archive.wired.com/science/discoveries/magazine/16-07/pb_theory)
- C. Bailly, « À ville complexe, projet urbain augmenté ? », in L. Viala (dir.), *L'Urbanisme en partage*, Éditions de l'Espérou, 2014, pp. 119-126
- C. Bailly, « L'architecte et l'analyse "augmentée" : quelle démarche de projet ? », *Le Courrier de l'Architecte*, 25 avril 2012.
- Y. Bengio, « La révolution de l'apprentissage profond », *Pour la sciences*, hors-série, fév.-mars 2018, p. 43.
- A. Berthoz, *La simplicité*, Paris, Éditions Odile Jacob, 2009.
- D. Boullier, A. Lohard, *Opinion mining et sentiment analysis. Méthodes et outils*, Paris, Open Editions Press, 2012.
- D. Cardon, *À quoi rêvent les algorithmes. Nos vies à l'heure des Big Data*, Paris, Seuil, 2015.
- P. Caye, T. Gontier, « Mathématiques et savoir à la Renaissance », *Revue d'histoire des sciences*, t. 59, (2), 2006, pp. 181-186, [DOI] 10.3917/rhs.592.0181
- E. Couchot, N. Hillaire, *L'art numérique : comment la technologie vient au monde de l'art*, Paris, Flammarion, 2003.
- J.-P. Couwenbergh, « L'approche computationnelle : un changement de paradigme en conception architecturale. Perspectives d'enseignements et de recherches », [en ligne] [https://cdn.uclouvain.be/public/Exports\\_%20oredot/sst-loci/images/\\_t\\_03\\_JP\\_Couwenbergh.pdf](https://cdn.uclouvain.be/public/Exports_%20oredot/sst-loci/images/_t_03_JP_Couwenbergh.pdf), page consultée le 1<sup>er</sup> mars 2018.
- S. Giedion, *Espace, temps, architecture [Space, Time and Architecture]*, Harvard, Cambridge Univ. Press] (trad. Françoise-Marie Rosset), 1941, Denoël (Médiations) (rééd. 1978, 2004)
- S. Giedion, *La Mécanisation au pouvoir [Mechanization takes command]* (trad. Paule Guivarch), Paris, Denoël (Médiations), 1948 (Oxford Univ. Press) (rééd. 1980, 2004), 3 vol.
- D. Guo, J. Mennis, « Spatial data mining and geographic knowledge discovery. An introduction », *Computers, Environment and Urban Systems*, #33, 2009, pp. 403-408
- B. Latour, *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*, Paris, La Découverte, 1991 [1997 : Paperback edition].
- J. Magerand, E. Mortamais, *Vers l'hyper paysage*, Paris, L'Harmattan, 2009.
- J. Magerand, E. Mortamais, *Vers la Cité hypermédiée, du modernisme fossile à la cité hypermédiée*, Paris, L'Harmattan, 2003.
- É. Ollion, J. Boelaert, « Au-delà des big data », *Sociologie*, n° 3, vol. 6, 2016, [en ligne] <http://journals.openedition.org/sociologie/2613>, page consultée le 1<sup>er</sup> mars 2018.
- D. Pumain, Th. St Julien, L. Sanders, *Villes et auto-organisation*, Paris, Economica, 1989.
- M. Zacklad, « Organisation et architecture des connaissances dans un contexte de transmédia documentaire : les enjeux de la pervasivité », *Études de communication*, n°39, 2012, pp. 41-63.

---

## Notes

1 Au sens de « sciences de la complexité ».

2 C. Bailly, « À ville complexe, projet urbain augmenté ? », in L. Viala (dir.), *L'Urbanisme en partage*, Éditions de l'Espérou, 2014, pp. 119-126 ; C. Bailly, « L'architecte et l'analyse "augmentée" : quelle démarche de projet ? », *Le Courrier de l'Architecte*, 25 avril 2012.

3 Bien que conscients des enjeux majeurs du développement soutenable, nous développons cependant aujourd'hui un point de vue critique sur ces approches. Nous travaillons sur ces sujets par d'autres ouvrages et travaux, notamment au Laboratoire expérimental à la Cité des sciences et de l'industrie.

4 P. Caye, T. Gontier, « Mathématiques et savoir à la Renaissance », *Revue d'histoire des sciences*, t. 59, (2), 2006, pp. 181-186, [DOI] 10.3917/rhs.592.0181

5 S. Giedion, *La Mécanisation au pouvoir [Mechanization takes command]* (trad. Paule Guivarch), Paris, Denoël (Médiations), 1948 (Oxford Univ. Press) (rééd. 1980, 2004), 3 vol.

6 J. Magerand, E. Mortamais, *Vers la Cité hypermédiée, du modernisme fossile à la cité hypermédiée*, Paris, L'Harmattan, 2003.

7 J. Magerand, E. Mortamais, *Vers l'hyper paysage*, Paris, L'Harmattan, 2009.

8 G. Rozieres, « En 3 jours, l'intelligence artificielle de Google a appris le jeu de go et écrasé la machine qui a détrôné l'Homme », *Huffington Post*, 18 octobre 2017, [en ligne] [https://www.huffingtonpost.fr/2017/10/18/en-3-jours-lintelligence-artificielle-de-google-a-appris-le-jeu-de-go-et-ecrase-la-machine-qui-a-detrone-lhomme\\_a\\_23247579/](https://www.huffingtonpost.fr/2017/10/18/en-3-jours-lintelligence-artificielle-de-google-a-appris-le-jeu-de-go-et-ecrase-la-machine-qui-a-detrone-lhomme_a_23247579/), page consultée le 10/04/2018.

9 D. Pumain, Th. St Julien, L. Sanders, *Villes et auto-organisation*, Paris, Economica, 1989.

10 Remarquons, au passage, que la création/démarche de projet manipule aussi des phénomènes, et qu'à ce titre, elle est directement concernée par ce mode de traitement d'un processus qui prend en compte des faits objectifs mais non vérifiables.

- 11 D. Boullier, A. Lohard, *Opinion mining et sentiment analysis. Méthodes et outils*, Paris, Open Editions Press, 2012.
- 12 É. Ollion, J. Boelaert, « Au-delà des big data », *Sociologie*, n° 3, vol. 6, 2016, [en ligne] <http://journals.openedition.org/sociologie/2613>, page consultée le 1<sup>er</sup> mars 2018.
- 13 Il suffit de se remémorer les moqueries sur l'informatique des années 80/90, dont les détracteurs soulignaient que compte tenu des bugs à répétition il était plus rapide et plus fiable de faire les opérations mentalement et/ou à la main.
- 14 Cette procédure de lectures cumulées n'est d'ailleurs pas sans rappeler celle proposée par le *Nu descendant un escalier* de Marcel Duchamp, tableau qui est l'un des emblèmes de la révolution de l'Art moderne.
- 15 A. Berthoz, *La simplicité*, Paris, Éditions Odile Jacob, 2009.
- 16 La lecture de l'article de Yoshua Bengio « La révolution de l'apprentissage profond » dans *Pour la sciences*, hors série de février-mars 2018, p. 43, permet de mieux comprendre comment les algorithmes descendent dans la profondeur des informations pour en tirer des *deep learning*.
- 17 *Patterns* : c'est-à-dire des logiques d'assemblage ou d'organisation récurrentes qui lient, de manière évidente ou non, certains des éléments constitutifs d'un tout. Cette entité/unité peut être territoriale, agronomique, anthropologique, géographique, écologique, économique ou biologique
- 18 Il est alors possible de retrouver des repères que les professions de l'architecture possèdent depuis des siècles.
- 19 D. Cardon, *À quoi rêvent les algorithmes. Nos vies à l'heure des Big Data*, Paris, Seuil, 2015 ; M. Zacklad, « Organisation et architecture des connaissances dans un contexte de transmédia documentaire : les enjeux de la pervasivité », *Études de communication*, n° 39, 2012, pp. 41-63.
- 20 C. Anderson, « The End of theory : The data deluge lakes the scientific method obsolete », *Wired Magazine*, 23 juin 2008, [en ligne] [http://archive.wired.com/science/discoveries/magazine/16-07/pb\\_theory](http://archive.wired.com/science/discoveries/magazine/16-07/pb_theory)
- 21 S. Giedion, *Espace, temps, architecture, op. cit.*
- 22 J.-P. Couwenbergh, « L'approche computationnelle : un changement de paradigme en conception architecturale. Perspectives d'enseignements et de recherches », [en ligne] [https://cdn.uclouvain.be/public/Exports\\_%20reddit/sst-loci/images/t\\_03\\_JP\\_Couwenbergh.pdf](https://cdn.uclouvain.be/public/Exports_%20reddit/sst-loci/images/t_03_JP_Couwenbergh.pdf), page consultée le 1<sup>er</sup> mars 2018.
- 23 Certaines des œuvres « à deux étages » de Schöffer et Tinguely ont été exposées en 2018 au Grand Palais dans l'exposition *Art et robots*.
- 24 Nous réfléchissons à ces problématiques au sein de l'Atelier international expérimental pour la Cité bio-numérique. Voir [en ligne] [www.biodigitalcity.org](http://www.biodigitalcity.org)
- 25 B. Latour, *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*, Paris, La Découverte, 1991 [1997, Paperback edition].

## Table des illustrations

	<b>Titre</b> Expérimentation d'un mode génératif par algorithmes, pour des tissus territoriaux hybridant agrosystème et urbansystème, dans une ville à très haute densité.
<b>Crédits</b>	C. Bailly, J. Magerand architectes, 2017.
<b>URL</b>	<a href="http://journals.openedition.org/craup/docannexe/image/1082/img-1.jpg">http://journals.openedition.org/craup/docannexe/image/1082/img-1.jpg</a>
<b>Fichier</b>	image/jpeg, 1,5M

## Pour citer cet article

### Référence électronique

Claire Bailly et Jean Magerand, « Vers les analyses algorithmiques de l'espace et des territoires », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère* [En ligne], 3 | 2018, mis en ligne le 26 décembre 2018, consulté le 14 janvier 2019. URL : <http://journals.openedition.org/craup/1082> ; DOI : 10.4000/craup.1082

## Auteurs

### Claire Bailly

Claire Bailly est paysagiste DPLG, architecte, maître de conférences des écoles d'architecture, membre du laboratoire EVCAU (ENSA Paris-Val de Seine), membre associée du LIFAM (ENSA Montpellier), doctorante en Urbanisme et Art de bâtir à l'Université de Mons (Belgique). Ses recherches portent sur les relations entre numérique et démarches de conception en architecture, paysage et urbanisme. Elle codirige le Laboratoire expérimental de la Cité des sciences et de l'industrie. [claire@bailly.as](mailto:claire@bailly.as)

### Jean Magerand

Jean Magerand est paysagiste DPLG, architecte, docteur en Sciences de l'information et de la communication, membre du laboratoire EVCAU (ENSA Paris-Val de Seine), directeur de thèses à l'Université de Mons (Belgique). Ses recherches portent sur les relations entre numérique et démarches de conception en architecture, paysage et urbanisme. Il codirige le Laboratoire expérimental de la Cité des sciences et de l'industrie. [magmor@club-internet.fr](mailto:magmor@club-internet.fr)

## Droits d'auteur



Les *Cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère* sont mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 France.

Ce site utilise des cookies et collecte des informations personnelles vous concernant.

Pour plus de précisions, nous vous invitons à consulter notre politique de confidentialité (mise à jour le 25 juin 2018).

En poursuivant votre navigation, vous acceptez l'utilisation des cookies. Fermer