

De la cybernétique à l'architecture numérique : retour sur un demi-siècle de théories, pratiques et projets expérimentaux

Marion Roussel
Université Paris Descartes

ABSTRACT

Background Little is said about the influence of cybernetics on the architectural practices and theories of the past fifty years. Yet, from the discourses of the experimental architecture of the 1960s and 1970s, to those of the most advanced advocates of digital design, the terms and key themes of cybernetics keep coming back.

Analysis Focusing on the first attempts to apply cybernetics to architecture, then to the themes of the network, cyborg and cyberspace, and finally to the biological turn of the architecture of the 2000s, this article shows the prevalence of notions of the interactivity, adaptability, reflexivity, sensitivity and intelligence of architecture and the city in architects' discourses.

Conclusion and Implications Architects have never stopped working on these cybernetics notions. Moreover, the latter are culminating today in the theme of the smart city.

Keywords Cybernetics; Experimental architecture; Digital architecture; Theory on technologies; Computer sciences

RÉSUMÉ

Contexte L'on parle peu de l'influence de la cybernétique sur les pratiques et théories architecturales de ces cinquante dernières années. Pourtant, depuis les discours de l'architecture expérimentale des années 1960-1970 jusqu'à ceux de la conception numérique la plus avant-gardiste, les termes et thèmes phares de la cybernétique sont bien présents.

Analyse À travers l'étude des premières tentatives d'application de la cybernétique à l'architecture, des thèmes du réseau, du cyborg et du cyberspace et enfin du tournant biologique de l'architecture des années 2000, cet article montre la prégnance des notions d'interactivité, d'adaptabilité, de réflexivité, de sensibilité et d'intelligence de l'architecture et de la ville dans les discours des architectes.

Conclusion et implications Ces notions, issues de la cybernétique, ont ainsi beaucoup nourri les architectes. Plus encore, elles atteignent aujourd'hui un point d'orgue à travers le thème de la smart city.

Mots clés Cybernétique; Architecture expérimentale; Architecture numérique; Théorie de la technologie; Sciences informatiques

Marion Roussel est Docteure en architecture de l'École nationale supérieure d'architecture Paris-La Villette/Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis. Elle est actuellement Chercheuse associée au Laboratoire Techniques et enjeux du corps (TEC) de l'Université Paris Descartes. Courriel : roussel.marion@hotmail.fr .

Née dans les années 1940 aux États-Unis, la cybernétique dessine une approche éminemment transdisciplinaire, publicisée à partir de 1948 par la parution de l'ouvrage *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine* de Norbert Wiener (Dupuy, 1985). La première cybernétique s'est essouffée somme toute rapidement. Cependant, force est de constater que nous continuons à utiliser les mots clés du second mouvement (« système », « auto-organisation », « émergence », « morphogenèse » ou encore « complexité »), amorcé dès le début des années 1950, tout en méconnaissant bien souvent leur source. Une grande part des architectes ne font pas mentir cette déclaration. Il nous faut souligner que tandis qu'il est communément admis que la cybernétique a influencé tant le développement de l'informatique, de la robotique et de la vie artificielle que les sciences cognitives, qu'elle a également marqué la biologie, la sociologie, l'écologie, la philosophie, la psychanalyse ou l'économie, la manière dont elle a influé sur l'architecture est relativement peu étudiée.

Pourtant, examinant l'actualité des recherches dans le champ architectural, en particulier dans sa branche dite numérique, et remontant le fil des problématiques aujourd'hui soulevées pour en saisir les « points d'émergence », l'on constate une influence bien réelle de la cybernétique. Plus encore, cette influence dépasse le seul emploi de l'outil informatique et les possibilités ouvertes par ce biais à la conception architecturale. En effet, dans les discours des praticiens et théoriciens de l'architecture expérimentale des années 1960-1970, comme dans ceux de l'architecture numérique de ces trente dernières années, reviennent inlassablement les termes et thèmes phares de la cybernétique. Des premiers projets de « ville-ordinateur » d'Archigram et des Métabolistes japonais aux *smart cities* (« villes intelligentes ») d'aujourd'hui, des casques et scaphandres de Haus-Rucker-Co ou Coop Himmelb(l)au à l'architecture du cyberspace projetée dans les années 1990 par les pionniers de l'architecture numérique, des premières architectures interactives et adaptatives de Cedric Price ou Peter Cook à l'idée de bâtiments réellement vivants, envisagés par les tenants les plus avant-gardistes de la conception numérique, l'apport de la cybernétique à l'architecture est nette.

En suivant ces fils, dégagant les récupérations, les permanences et transformations des modèles, métaphores et concepts cybernétiques, l'objectif est de souligner l'impact de la cybernétique sur le champ architectural, de repérer ses apports aux pensées et pratiques des architectes et de montrer qu'aujourd'hui encore, son influence est vivace. Pour ce faire, nous nous intéresserons en particulier aux premières tentatives d'application de la cybernétique à l'architecture, puis dans un second temps aux thèmes du réseau, du cyborg et du cyberspace et enfin au tournant biologique de l'architecture des années 2000. Nous verrons ainsi que les questions de l'interactivité, de l'adaptabilité, de la réflexivité, de la sensibilité et de l'intelligence de l'architecture et de la ville ont alimenté les architectes. Plus encore, comme nous finirons par le souligner, ces questions atteignent aujourd'hui leur point d'orgue à travers le thème de la *smart city*, ville cybernétique par excellence.

Une approche cybernétique de l'architecture

Les universités et écoles d'architecture comme incubateurs

L'histoire de l'architecture numérique est fondamentalement liée à la démocratisation

de l'informatique personnelle ainsi qu'au développement des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO). L'on peut cependant en situer l'origine plus avant, c'est-à-dire dans l'essor, à partir des années 1960, d'une société de l'information elle-même issue de la cybernétique. C'est d'abord aux États-Unis et en Angleterre, au sein des universités et des écoles d'architecture, que fleurissent un certain nombre de groupes et de programmes prenant pour objet de recherche l'entrelacement de l'architecture, de l'urbanisme et de la nouvelle culture informatique. L'enjeu est clairement identifié : il s'agit d'appliquer les principes de la cybernétique à l'architecture. De fait, ces groupes et programmes s'instaurent comme des lieux privilégiés où se croiseront les acteurs du développement de l'architecture dite « numérique ».

Aux États-Unis, les recherches se concentrent sur l'idée de *pattern*, évoquée par Norbert Wiener dans *The New Landscape in Art and Science* (1956), ouvrage dirigé par György Kepes, ancien collaborateur de László Moholy-Nagy. C'est sur cette notion que Christopher Alexander fonde sa réflexion, exposée dès 1964 dans sa thèse doctorale *Notes on the Synthesis of Form*. L'hypothèse est que « les processus informationnels donnent naissance à ... des motifs ou des patrons, qui peuvent être observés à la fois dans la nature et dans les organisations humaines [et qui] constituent la traduction visuelle et spatiale de phénomènes cybernétiques clefs comme les boucles de rétroaction » (Picon, 2010, p. 33). Le travail d'Alexander est fortement influencé par les recherches sur l'identification de motifs spatiaux et fonctionnels alors menées par l'architecte Leslie Martin¹. Celui-ci fonde en 1967 le Centre for Land Use and Built Form Studies (LUBFS), à l'Université de Cambridge, Angleterre, dans le département d'architecture dont il détient la chaire. Le but du LUBFS est sans équivoque : faire de la conception architecturale une pratique assistée par ordinateur (Picon, 20107).

Notons d'ailleurs que William J. Mitchell, auteur des ouvrages *Computer-Aided Architectural Design* (1977) et *The Logic of Architecture: Design, Computation and Cognition* (1990), puis fondateur de l'Association for Computer-Aided Design in Architecture (ACADIA), réseau international de recherche en conception architecturale numérique, urbanisme et sciences de la construction, a étudié au sein du LUBFS. La fondation de ce centre est suivie de près par celle de l'Architecture Machine Group (1969) au Massachusetts Institute of Technology (MIT). À l'initiative de Nicholas Negroponte, également à l'origine, quelques années plus tard, du Media Lab (1985), l'Architecture Machine Group consacre ses recherches à la mise au point de nouvelles méthodologies et outils de conception et de modélisation, engageant alors une réflexion forte sur l'interface homme-machine (Negroponte, 1969; 1970). Negroponte s'adjoint sur ces sujets l'appui du cybernéticien Gordon Pask, figure majeure de la rencontre entre architecture et cybernétique. L'article de ce dernier, « The Architectural Relevance of Cybernetics » (1969), est particulièrement révélateur de l'émulation qui agite alors le champ de l'architecture. En outre, il propose avec une acuité certaine un certain nombre de prédictions quant aux devenir de la discipline et de la pratique architecturale.

De la pertinence de la cybernétique en architecture

La pensée développée par Gordon Pask, notamment sur l'élaboration d'une relation dynamique et évolutive entre l'humain et le non-humain, a eu un retentissement

assez important pour que l'on s'attache de plus près au cybernéticien. En particulier, il est notable qu'il ait été impliqué dans les travaux de l'Architecture Association School of Architecture de Londres et de l'Architecture Machine Group du MIT. Selon Haque, ces collaborations ont permis de poser les fondations d'environnements véritablement interactifs, dynamiques et sensibles (Haque, 2007). La *MusiColour Machine*, système constitué de projecteurs diffusant des lumières colorées en réponse aux fréquences et rythmes des sonorités émises par un musicien (avec Robin McKinnon-Wood, 1953) et le *Colloquy of Mobiles*, suspension de dispositifs mécaniques pourvus de diffuseurs et de capteurs de lumière se répondant par des rotations ou des pauses (*feedback*), présenté à l'exposition *Cybernetic Serendipity* (Londres, 1968), sont de parfaits exemples des premières mises en œuvre de tels environnements. Plus encore, et nous y reviendrons, Pask a travaillé avec Cedric Price et Joan Littlewood sur le projet du *Fun Palace* (1961-1974).

Dans « The Architectural Relevance of Cybernetics », paru en 1969, le cybernéticien dévoile une synthèse de sa réflexion. Il y expose le postulat suivant : plus qu'envers la médecine ou même l'ingénierie, la cybernétique est pertinente envers l'architecture. Elles entretiennent même une relation intime puisque toutes deux partagent une même philosophie, celle de la recherche opérationnelle, et ceci en vertu du fait que l'architecte serait, avant toute autre chose, un concepteur de systèmes. Pask argue qu'au fil du temps, compte tenu des évolutions sociétales, techniques et technologiques (mécanisation de la construction et de la production, etc.) et de l'accroissement des demandes en termes d'infrastructures de transport ou de loisirs, les architectes ont dû se pencher sur les propriétés de développement, de communication et de contrôle des systèmes organisationnels, ce pour quoi il n'y a pas de théorie architecturale fondatrice et unificatrice. Il avance alors ceci : « Cybernetics is a discipline which fills the bill insofar as the abstract concepts of cybernetics can be interpreted in architectural terms (and, where appropriate, identified with real architectural systems), to form a *theory* (architectural cybernetics, the cybernetic theory of architecture) » (Pask, 1969, p. 494).

Selon Pask, la cybernétique forme ainsi un métalangage adapté à la discipline architecturale. Plus encore, à la différence des théories architecturales existantes, uniquement prescriptives et descriptives, la théorie cybernétique est aussi explicative et prédictive. Ceci la rend particulièrement appropriée dans la mesure où elle permet de considérer et de modéliser la ville comme un système auto-organisé. En dégagant les propriétés et les règles présidant aux processus de développement, de croissance et d'évolution urbaine, elle rend possible la prévision et la maîtrise en amont de son extension temporelle et spatiale. En outre, déclare Pask, la théorie cybernétique tient des capacités explicatives dans la possibilité d'imiter, grâce à des programmes informatiques d'intelligence artificielle, certains aspects de la conception architecturale. Si ces programmes peuvent être écrits, c'est bien que la théorie cybernétique permet de les représenter et de les analyser. Aides potentielles à la conception, ils permettraient même d'intégrer au processus de conception le système constructif, la « machinerie de production », et leurs contraintes (Pask, 1969, p. 496). Comment ne pas voir là une préfiguration des programmes de modélisation des

données du bâtiment (BIM)²? L'informatique est ici comprise, de manière très actuelle, comme un assistant personnalisé pour l'architecte.

Enfin, le cybernéticien développe une dernière idée d'importance selon laquelle la conception architecturale en elle-même est une cybernétique de second ordre, une cybernétique de la cybernétique. L'argument est présenté comme suit :

Let us turn the design paradigm in upon itself; let us apply it to the interaction between the designer and the system he designs, rather than the interaction between the system and the people who inhabit it. The glove fits, almost perfectly in the case when the designer uses a computer as his assistant. In other words, the relation « controller/controlled entity » is preserved when these omnibus words are replaced either by « designer/system being designed » or by « systemic environments/inhabitants » or by « urban plan/city ». But notice the trick, the designer is controlling the construction of control systems and consequently design is control of control, i.e., the designer does much the same job as his system, *but* he operates at a higher level in the organizational hierarchy. (Pask, 1969, p. 496)

Selon Gordon Pask, la démonstration de la pertinence de la théorie cybernétique de l'architecture est ainsi achevée, la boucle est bouclée.

L'adaptabilité et l'interactivité comme mots clés

Dans les années 1960, tandis que la pratique architecturale *mainstream* est encore aux prises avec le modernisme, la pensée architecturale d'avant-garde est particulièrement soucieuse d'une approche globale de la culture, de l'énergie et des ressources. Elle est également préoccupée par les questions de la préfabrication, de l'informatique, de la robotique, mais aussi de l'impermanence, de l'indétermination et de la flexibilité (Frazer, 2001, p. 642). Dans ce contexte, l'intérêt des architectes expérimentaux pour les travaux de Gordon Pask et pour la cybernétique s'explique aisément. La rencontre de l'architecture et la cybernétique atteint dans cette décennie son point culminant. Les notions de feedback, de comportement, de système et d'auto-organisation deviennent centrales. En effet, si les années 1960 sont celles de l'art interactif, elles sont également celles de l'architecture adaptative. L'architecte Cedric Price, avec le projet du *Fun Palace* (1961–1974), ainsi que le groupe britannique Archigram, s'en sont faits les icônes.

Bien que le *Fun Palace* soit extrêmement connu par les architectes et théoriciens de l'architecture, en toucher quelques mots n'est sans doute pas superflu. En 1961, Joan Littlewood, metteuse en scène—et grand nom du théâtre moderne, populaire et militant britannique—fait appel à Cedric Price pour réaliser une toute nouvelle sorte de centre culturel. Celui-ci se veut un modèle expérimental d'environnement social participatif célébrant les arts comme la science aussi bien qu'un espace reconfigurable pouvant accueillir une multitude d'activités diverses, ou encore un environnement interactif et réactif ne répondant pas seulement aux attentes des utilisateurs, mais suscitant leur intérêt et le développement de nouvelles initiatives, usages et idées. Littlewood et Price, un ancien étudiant de Pask à Cambridge, invitent le cybernéticien à

participer au projet, lequel réunit alors à ses côtés un comité cybernétique entier. Ce comité suggère de traiter le *Fun Palace* comme un système géré par ordinateur qui, par exemple, transmettrait aux acteurs les réactions des spectateurs. Ceci reste néanmoins quelque peu anecdotique considérant le « gros » de leurs propositions. Celles-ci concernent l'organisation interne même du *Fun Palace*. Si l'enveloppe du bâtiment n'est rien de plus qu'une grosse boîte rectangulaire, son intérieur est constitué d'un ensemble modulaire de parties. La configuration de cet ensemble, via l'ordinateur, réagirait aux *patterns* d'utilisation émergents, et ses reconfigurations en encourageraient de nouveaux, motivant ainsi de nouveaux comportements de la part des usagers.

À l'instar du *Fun Palace*, les projets *Walking City* (Ron Herron, 1964) et *Plug-In City* (Peter Cook, 1964) du groupe Archigram, ont su capter l'esprit de leur époque. Capitale mondiale itinérante, la « ville sur pattes » *Walking City* est composée de bâtiments-véhicules zoomorphes qui s'interconnectent et se déplacent au gré des besoins des habitants. L'environnement dans lequel ils se sont installés ne convient plus? Déménageons la ville! C'est en ce sens que le projet *Walking City* présente un caractère adaptatif. *Plug-In City*, quant à elle, s'avère sur cette question plus proche du *Fun Palace*. À l'image de cellules, les unités mobiles d'habitation de *Plug-In City*, déplacées par d'immenses grues, se greffent et s'agglomèrent autour d'une infrastructure centrale de services, formant un véritable organisme urbain. Tout comme le fera le projet *Living City* quatre années plus tard, *Plug-In City* fonctionne comme un véritable système auto-organisé, se reconfigurant continuellement en fonction des besoins et désirs des habitants, suivant les flux d'informations et d'événements.

La *New Babylon* de Constant (1954-1974) fait également la part belle aux questions de flux, d'interactivité et d'adaptabilité. Environnement artificiel, architecture technologique en réseau, *New Babylon* consiste en de vastes plaques étalées sur le territoire, construites en continu et articulées à l'image d'agréats, de blocs et de secteurs. La ville se déploie infiniment sous les pas de l'*homo ludens* désaliéné, flux humain mais aussi flux d'information perpétuel : « The fluctuating world of the sectors calls on facilities (a transmitting and receiving network) that are both decentralized and public. Given the participation of a large number of people in the transmission and reception of images and sounds, perfected telecommunications become an important factor in ludic social behavior » (Wigley, 1998, p. 162). Sous la surface, un système d'automatisme permet la gestion et l'administration des secteurs et des blocs que les habitants sont invités à modifier ou produire à envie. Ainsi, à la cybernétique comme technique de contrôle répond, au-dessus du sol, une cybernétique comme technique de la libération, de la création et des loisirs (Wark, 2010) : « L'automatisme nous a confronté sans détours à la question du lieu dans lequel dépenser l'énergie humaine si ce n'est plus dans le travail » (Wigley, 1998, p. 233). Avec *New Babylon*, c'est le pouvoir transformatif de la cybernétique, de ses avatars technologiques et leurs résultats, tant en termes de reconfigurations urbaines qu'humaines, qu'illustre Constant (Wark, 2010).

Le réseau, le cyborg et la cybernétique de second ordre

Des villes-ordinateurs

De Constant à Archigram se dessine un mouvement qui s'avèrera majeur dans

l'histoire de l'architecture de la seconde moitié du XX^e siècle : le passage du *hardware* (c'est-à-dire, en langage informatique, le matériel physique tel que l'ordinateur, soit l'infrastructure stable, sédentaire et pérenne) au *software* (le logiciel informatique, correspondant à l'ordre du mou, du périssable, de l'immatériel, du flux, de la donnée ou de l'information). *New Babylon* peut d'ailleurs être considérée comme une anticipation des villes électroniques en réseau. Il appartiendra cependant à Archigram de dessiner la première ville-ordinateur. Dans *Computer City* (Dennis Crompton, 1964), la « ville »—ou plutôt le système urbain—se ramène à l'enchevêtrement de trois lignes informatiques, munies à leurs intersections de capteurs enregistrant minute par minute les besoins de croissance de la ville et les désirs de ses occupants, pour y réagir en temps réel. La performance du dispositif réside dans son degré d'interactivité : ajout ou remplacement d'une unité, abaissement de la température, fréquence du transport, etc. Le terminal d'ordinateur débite les messages reçus du réseau sensible, détectant en permanence les demandes de changements :

« [A]jouter trois unités 22 aux niveaux 7283 et 6284 », « réduire la température de la sous-zone 3259 », « élargir le niveau B/8H », « remplacer par le type C3 », « âge de la population dans la sous-zone 247E764VRS », « fréquence du transport +19,8 » ... La ville-*computer* ne fait plus apparaître que des tubes et des points d'intersection dans un espace désorienté, avec un recouvrement complet de l'architecture et des réseaux. D. Crompton, concevant son projet comme « l'ombre de *Plug-In City* », indique que la structure reste derrière, comme si les réseaux étaient indifférents aux architectures traversées, dans une ville câblée invisible. (Rouillard, 2004, pp. 209-210)

La *Computer City* est figurée par une grille où circulent non seulement des flux de marchandise et de personnes mais aussi, et surtout, des flux d'information. De ce point de vue, elle marque l'entrée par la grande porte de l'architecture dans l'ère cybernétique. Les flux et les réseaux l'emportent sur les formes architectoniques de la ville et des bâtiments. L'architecture se fait sans architecture, elle se dissout dans l'information. Selon Antoine Picon, cette priorité donnée aux circulations « n'est pas sans rappeler l'approche cybernétique de la complexité en termes de connexions entre des éléments relativement simples » (2010, p. 38). Le territoire n'est plus qu'un archipel de points reliés par des lignes permettant le transit des données. Les Métabolistes, groupe d'architectes et d'urbanistes japonais (Kisho Kurokawa, Fumihiko Maki, Kiyonori Kikutake, Arata Isozaki, Kenzo Tange, etc.) dont les travaux portent sur la croissance des mégapoles japonaises, se sont engagés dans cette même voie. La gigantesque *Network City* (Koichi Tonuma, 1969), ou encore la *Computer Aided City* d'Arata Isozaki (1970-1972), en témoignent. Ce dernier projet prend appui sur les mêmes principes que la *Computer City*, c'est à dire qu'un superordinateur détermine l'ensemble des fonctions de la ville. Néanmoins, dans ce projet, le dessin affirme encore la présence formelle d'une architecture monumentale similaire à celle des mégastructures : « Les premiers mégastructuralistes n'ont pas perçu que l'ordinateur permettait un mode d'accès direct à l'infrastructure, ni que le seul recours à l'ordinateur pouvait relever le défi de la complexité et de l'interactivité du programme qu'ils inventaient » (Rouillard, 2004, p. 116).

La récupération de la technologie informatique dans le mouvement métaboliste a cependant ceci d'intéressant qu'elle croise biologie et informatique, enfantant une architecture « vivante » à l'image des organismes biologiques. Chez les Métabolistes, l'influence de la cybernétique de second ordre, arrivée à maturité à la fin des années 1960 et enrichie par l'apport de biologistes tels que Humberto Maturana et Francisco Varela, est frappante. La notion d'auto-organisation (ou autopoïèse) prend désormais le pas sur celle de rétroaction, et dans la pensée des Métabolistes, évolution naturelle et développement technologique s'avèrent complémentaires. Dès lors, la technologie ne s'oppose pas à l'évolution de l'humanité mais peut devenir son « support naturel ». Toute chose, qu'il s'agisse d'organismes biologiques ou d'objets façonnés par la main de l'homme (composants électroniques et électriques, organes mécaniques ou même systèmes de communication), évoluent de la même manière que tout organisme vivant. Alors que dans la *Computer City* de Dennis Crompton, l'homme se voyait retourné comme un gant, devenant une interface, un média comme les autres, pour les Métabolistes, l'espèce humaine doit reconnaître qu'elle fait partie intégrante du processus de l'évolution de la nature, englobant aussi bien les artefacts que la faune et la flore. C'est ainsi que la question de la métamorphose technologique des corps se voit placée au centre de la pensée métaboliste.

Du cyborg au cyberspace

D'après les Métabolistes, la fabrication d'un corps technologiquement hybridé s'inscrirait directement dans le devenir de l'homme. Cette question de l'hybridation, de l'augmentation technologique—dont la figure du cyborg s'est fait l'emblème—est aujourd'hui au cœur de nombreux débats. C'est sans surprise que s'observe le lien entre ce thème et la cybernétique, le terme même de cyborg étant d'ailleurs une contraction de l'expression *cybernetic organism*. Théorisé par Manfred E. Clynes et Nathan S. Kline dans le contexte de la conquête spatiale des années 1960, le cyborg se rapporte à l'idée d'un humain « amélioré » qui pourrait survivre dans des environnements extraterrestres : une créature faite de parties organiques et artificielles, résultant d'une relation intime entre l'humain et la machine, et dont on a (re)construit l'organisation en fonction des logiques du vivant (Clynes et Kline, 1960). Cette figure va inspirer les architectes, et notamment ceux du courant de l'« architecture radicale », dès le milieu des années 1960. Les groupes d'architectes et artistes radicaux viennois Haus-Rucker-Co, Coop Himmelb(l)au ou les anglais d'Archigram mettent alors au point diverses combinaisons, scaphandres ou casques qui rappellent indéniablement les costumes des cosmonautes.

Leurs casques, dispositifs audiovisuels cybernétiques, proposent un voyage intérieur et l'exploration de virtualités, de nouveaux modes de lectures du réel, en contrepoint à la conquête spatiale alors en plein boum. Le *Kleiner Raum* et le *TV-Helmet* de Walter Pichler notamment, élaborés en 1967, s'instaurent comme les premiers prototypes de « casques environnementaux ». Le *TV-Helmet*, défini comme un salon portable, est un casque muni d'un écran intérieur qui isole complètement son utilisateur du monde extérieur tout en le plongeant dans l'image. Haus-Rucker-Co développe quant à lui des casques multisensoriels qui à la fois isolent et connectent à la ville. Ainsi le *Mind Expander I* (« Extenseur d'esprit I », 1967),

dispositif audiovisuel stimulant et libérant la conscience, propulse le corps tout entier dans de nouveaux modes de lectures du réel, entre bulle *New Age* pour états psychiques modifiés et casque cybernétique pour une communication globale. Ces dispositifs se font les échos des premiers casques de visualisation interactifs de réalité virtuelle qui naîtront de la collaboration, entre 1965 et 1970, de Bob Sproull et d'Ivan Sutherland. Ce dernier était déjà connu pour avoir développé, à l'occasion d'une thèse de doctorat sous la direction de Claude Shannon, la première interface graphique *Sketchpad* (1963).

Dès le début des années 1990, mus par le développement de l'informatique personnelle, des TIC et de l'internet, les architectes pionniers du « tournant numérique » investiront le champ de la réalité virtuelle. À travers la figure de Sutherland, la filiation est d'ailleurs presque évidente. L'on peut ainsi avancer que l'histoire de la réalité virtuelle et celle des outils de modélisation et de conception de l'architecture numérique remontent à un même tronc commun. *Sketchpad*, premier logiciel de CAO, première interface interactive de conception graphique, démontrait que l'on pouvait utiliser les ordinateurs comme outils d'esquisse et de dessin. Il sera suivi d'une multitude d'autres logiciels, destinés en premier lieu à l'ingénierie et détournés par les architectes. Quoi qu'il en soit, aux thèmes de la conquête spatiale et du cyborg s'entremêle celui des voyages dans l'espace virtuel informatique. Le cyberspace s'annonce comme un nouveau territoire à explorer, accessible par l'entremise de l'ordinateur. Compris véritablement comme une nouvelle sphère d'existence, un espace ou un milieu phénoménologique, perceptuel et phénoménal, le cyberspace fera l'objet d'une importante littérature théorique dans les années 1990, tant dans les champs de la philosophie et de la sociologie que de la prospective architecturale (Benedikt, 1992; Negroponte, 1995; Mitchell, 1996; Coyne, 1995).

Cyberspace, interactivité et génétique

Dès le début de la décennie 1990, Marcos Novak devient le chef de file de ceux qu'on appellera alors les « cyberarchitectes » (Michael Benedikt, William J. Mitchell, Stephen Perrella, Lars Spuybroek, Karl Chu, John H. Frazer, etc.). Pour tous, le cyberspace s'impose comme un espace d'expérimentation à investir par l'architecture. Il s'impose également, et peut-être même davantage, comme un laboratoire métaphysique par lequel interroger la notion de réalité et la compréhension du monde qu'elle détermine. Gillian Hunt, dont les recherches se sont concentrées sur la théorie cybernétique de l'architecture de Gordon Pask, ramène d'ailleurs l'émergence de ce questionnement à la cybernétique : « Originating in notions of feedback and circular causality, cybernetics has since matured in a "science of describing" culminating in the insight that reality is a social construct, and in contrast to being "true" or objective, "reality" is already "virtual" » (Hunt, 1998, p. 53), écrit-elle. D'après Karl Chu, « [r]eality is a concept that is limited by the nature of our conceptual models » (1995, p. 67), et pour John H. Frazer, « [t]he realisation gradually dawns that we have been living in a virtual world all along » (1995, p. 76-77). Enfin, selon Marcos Novak, « [c]yberspace, as a world of our creation, makes us contemplate the possibility that the reality we exist in is already a sort of "cyberspace" » (1992, p. 243).

Marcos Novak est l'un des pionniers de la conception générative et l'un des premiers architectes à s'être impliqué dans la conception et la mise en œuvre d'environnements de réalité virtuelle. Dans le texte qui a fait sa renommée, il définit le cyberspace ainsi :

A completely spatialized visualization of all information in global information processing systems, along pathways provided by present and future communications networks, enabling full copresence and interaction of multiple users, allowing input and output from and to the full human sensorium, permitting simulations of real and virtual realities, remote data collection and control through telepresence, and total integration and intercommunication with a full range of intelligent products and environments in real space. (Novak, 1992, p. 225)

Son « architecture liquide »—architecture générative, algorithmique et paramétrique prenant place dans l'espace de l'information et des réseaux—n'a que faire de la géométrie euclidienne, des logiques perspectivistes ou des lois de la gravitation. C'est une architecture du rhizome, des relations, des associations et des connexions dynamiques :

It would be an architecture designed as much in time as in space, changing interactively as a function of duration, use, and external influence; it would be described in a compact, coded notation, allowing efficient transmission; it would allow different renditions under disparate fundamental geometries; and it would be designed using the most advanced concepts, tools, and processes. Emphatically non-linear and non-local, its preferred modes of narration would inherently involve distributedness, multiplicity, emergence, and open-endedness. (Novak, 1995, p. 45)

Interactive, évoluant et se modifiant en fonction des objets l'entourant ou des actions des sujets immergés dans le cyberspace (Novak, 1992, p. 252), l'« architecture liquide » a pour caractéristiques intrinsèques l'émergence et l'auto-organisation. Plus encore, c'est à partir d'algorithmes génétiques³ qu'elle est générée : les objets architecturaux se déployant dans le cyberspace mis en place par l'architecte sont formés à partir de séquences de code informatique représentant des séquences génétiques. L'on constate ici, une fois de plus, l'influence de la cybernétique sur l'architecture, laquelle se concentre dans le cas présent sur les outils et méthodes de conception architecturales et passe par la génétique. Car comme l'explique clairement Edgar Morin, c'est la cybernétisation du matériel génétique, c'est-à-dire sa transcription en termes d'informations dont l'ensemble pouvait être assimilé à un « programme », qui a pu permettre son expression en tant que « code » pouvant être écrit, modélisé et décrypté informatiquement (Morin, 2005, p. 34-35). De manière d'ailleurs notable, c'est durant les années 1960, années de maturation de la seconde cybernétique, que l'entreprise de décryptage du code génétique a été démarrée et achevée. Dire de la seconde cybernétique qu'elle est fille de la biologie moléculaire—laquelle fait appel aux notions d'information, de communication, de code, de message et de programme pour illustrer les principes physico-chimiques de l'organisation cellulaire (Lafontaine, 2004, p. 125)—a ainsi du sens.

Derniers avatars de la cybernétique : vers des architectures vivantes?⁴

Gordon Pask, John H. Frazer et l'architecture évolutionnaire

À la suite de la cybernétique, la convergence des évolutions technologiques et scientifiques dans les domaines de la biologie, de la robotique et de l'informatique a donné au bio-mimétisme architectural une nouvelle vigueur. L'idée d'une architecture comme un tout vivant auto-organisé et autorégulé fait son chemin à partir de la fin des années 1960. Elle s'épanouit dans les années 1990, nourrie par les progrès des sciences de la computation, les sciences de l'intelligence artificielle, la systémique, la théorie de l'auto-organisation, les avancées de la biologie évolutionnaire, la théorie des automates et la formalisation des algorithmes évolutionnaires. Il ne s'agit plus d'imiter les formes et structures du vivant, mais de reproduire informatiquement leurs processus de formation, c'est-à-dire leurs émergences et leurs morphogenèses. L'utilisation et la programmation de codes informatiques en architecture (conception algorithmique et *scripting*) permettent en effet des correspondances fertiles avec le champ de la génétique, l'ADN étant considéré comme un ensemble d'informations informatiquement synthétisables. Les algorithmes génétiques sont utilisés analogiquement, empruntant au champ de la biologie les idées de réplication, d'hérédité et de récursivité. Comme le dit Antoine Picon, « [l]es défenseurs de l'approche algorithmique sont généralement persuadés que le calcul peut fournir une image fidèle de nombreux processus naturels. ... À la façon des automates cellulaires, de nombreux processus naturels semblent reposer sur des règles relativement simples, modélisables au moyen de l'ordinateur » (2010, pp. 98–99).

L'approche évolutionnaire, lieu d'un profond entremêlement des problématiques naturel/artificiel et actuel/virtuel, pose effectivement l'idée que les mathématiques et le calcul informatique sont capables de rendre compte des processus d'émergence d'une forme, de son comportement ou de son évolution, faisant alors de l'ordinateur une machine de réplication des processus et des lois de la nature. « Architecture is considered as a form of artificial life, subject, like the natural world, to principles of morphogenesis, genetic coding, replication and selection », dira l'architecte américain John H. Frazer (1995, p. 9). Dès 1968, avec l'utilisation d'automates cellulaires, puis à partir de 1990, avec l'usage de ces algorithmes génétiques, Frazer pose les bases de réflexion d'une architecture évolutionnaire. Il est particulièrement intéressant de noter que l'architecte a été grandement influencé par les travaux et la personne de Gordon Pask, qu'il a côtoyé lors de ses études à l'Architectural Association School of Architecture dans les années 1960. Pask et Frazer sont également liés via Cedric Price. Après avoir collaboré avec le cybernéticien pour le projet du *Fun Palace*, Price fit en effet appel à Frazer, en qualité de spécialiste des systèmes évolutionnaires et de la vie artificielle, pour concevoir le *Generator* (1976–1980). Premier bâtiment dit « intelligent », le *Generator* devait évoluer tant en fonction des conditions du milieu que des besoins de ses utilisateurs (interactivité), mais aussi être capable d'émettre des suggestions quant à sa propre évolution, intégrant l'idée d'une proto-conscience de l'architecture.

Dans les années 1980, Frazer s'est intéressé à la façon dont les systèmes adaptatifs de Pask pouvaient être appliqués aux processus de conception architecturale dans le

but de faire évoluer les formes et « comportements » d'un bâtiment (Haque, 2004, p. 55). Entre 1989 et 1996, en outre, Pask et Frazer encadrèrent ensemble, à l'AA School of Architecture, ce que ce dernier appelle le « projet morphogénèse », c'est-à-dire un cursus post-diplôme exploitant l'« intelligence informatique » en architecture. « The intention was to explore beyond an algorithmic approach to generative and self-organising architecture and to investigate systems which learned on the basis of feedback », explique l'architecte (Frazer, 2001, p. 644). En vérité, il faut considérer que l'approche évolutionnaire est le fruit non des seuls travaux de Frazer, mais de sa collaboration avec le cybernéticien. Toutefois, c'est bien Frazer qui l'a développé, Pask mourant en 1996. Quoi qu'il en soit, là où il s'agissait pour l'architecte de s'appuyer sur le calcul informatique pour générer une architecture évolutionnaire à la manière d'un organisme vivant, par *analogie* avec les principes de l'évolution darwinienne⁵, il s'agira bien, pour Marcos Novak ou Alberto T. Estévez, de dépasser l'analogie pour *produire* la vie : non pas la vie telle que nous la connaissons mais *telle qu'elle pourrait être*, soit des formes de vie artificielle de l'architecture.

La vie artificielle de l'architecture

Le champ de la vie artificielle annexe à celui de l'intelligence artificielle—autre héritier, avec les sciences cognitives, de la cybernétique—ceux de la génétique, des biotechnologies et des nanotechnologies, laissant présager une convergence évolutive des machines et du vivant. D'ailleurs, le séminaire « Synthesis and Simulation of Living Systems » tenu à Los Alamos (Californie) en septembre 1987 (Langton, 1989), premier évènement scientifique entièrement et explicitement dédié au thème de la vie artificielle, réunit autour de Christopher G. Langton le biologiste et père des L-systèmes⁶ Aristid Lindenmayer, le généticien Richard Dawkins, le chercheur en intelligence artificielle et transhumaniste notoire Hans Moravec et le pionnier des nanotechnologies Eric Drexler. Pour en revenir à notre propos, John H. Frazer refusait de considérer le modèle architectural sur un mode autre qu'analogique, resituant le problème de la vie artificielle vis-à-vis de sa question centrale, c'est-à-dire la définition de la vie :

Our model of architecture exhibits the characteristics of metabolism, epigenesis, self-reproduction and mutability, which are generally agreed to be requirements of life. However we are considering the implications of viewing our model of architecture as if it were a form of Artificial Life, whereas most enthusiasts in the field are searching for artificial forms of behavior which they claim as alive. ... A simple computer virus passes most of the traditional tests for being alive, and in many alarming respects it exhibits life-like behaviour, yet only strong « A.L. » enthusiasts (as the jargon would describe them) would claim that a computer virus is alive in the same sense as you or I are alive. (Frazer, 1995, pp. 55-57)

Or, pour Christopher G. Langton comme pour Thomas Ray, créateur au début des 1990 de *Tierra Synthetic Life* (simulation explorant les processus écologiques et les dynamiques évolutionnaires et reproduisant au sein de l'espace informatique les règles d'émergence, de développement et de mort des organismes vivants), ce n'est

pas de la vie telle qu'elle est dont il est question, mais, nous l'avons dit, de *la vie telle qu'elle pourrait être*. Le vivant se définit, selon eux, comme une organisation informationnelle, un système ouvert capable d'autoreproduction et d'évolution. Comprendre la vie comme une chimie carbonique, c'est-à-dire telle que nous la connaissons, est pour eux bien trop limité, bien trop restrictif. Il n'y a pas une forme de vie unique. Celle-ci est un phénomène pluriel pouvant recouvrir des formes multiples, envisageables au-delà de notre environnement terrien, de ses cycles jour/nuit, du rythme de ses saisons ou de son temps de rotation autour du soleil (Shanken, 1998). C'est cette conception ouverte du vivant que Marcos Novak, Karl Chu ou Haresh Lalvani adoptent. Il ne s'agit pas de reproduire la vie telle que nous la connaissons, mais de produire des formes de vie alternatives, c'est-à-dire d'interroger ce que peuvent être ces dernières au point de rencontre entre biologie, technologie, informatique et nanotechnologies.

Frazer évoquait ainsi l'enjeu de l'architecture évolutionnaire : « The aim ... is to achieve in the built environment the symbiotic behaviour and metabolic balance that are characteristic of the natural environment » (1995, p. 9). C'est cet objectif qui anime Novak lorsqu'il entame, cinq ans après la parution de *An Evolutionary Architecture* (1995), des recherches qui aboutiront, dès 2002, au projet *AlloBio*. Biomachinique, évolutif, adaptatif, réflexif, réactif, interactif et même doué d'une certaine forme de conscience, *AlloBio* est pensé comme le premier spécimen d'une nouvelle espèce de vie étrangement singulière, hybride, à la croisée de l'architecture et des biotechnologies, ouvrant la voie à des bâtiments qui ne seraient plus construits mais qui *grandiraient* : « We will not stop at simulating the evolution and mechanisms of life, we aim to manufacture new species of life itself », déclare l'architecte (Novak, 2008, p. 143). Fait de tissus organiques et couvert de capteurs en fibre optique fins comme des cheveux et sensibles aux moindres influences internes comme externes, connecté par internet à des environnements virtuels multi-utilisateurs, *AlloBio* anticipe en fait la convergence du biologique et de l'architecture ainsi que du psychologique et du cybernétique. Mais surtout, réagissant en fonction des modifications de l'environnement et de nos besoins et doté d'une personnalité et d'une intentionnalité en propre, *AlloBio* est l'exemple même d'un bâtiment que l'on ne commanderait plus mais avec lequel on dialoguerait. De fait, l'architecture apprendrait de ses habitants et inversement, ce qui n'est pas sans rappeler la théorie de la conversation élaborée par Gordon Pask (Haque, 2007, p. 55; Pask, 1975), ou encore le *Generator* de Cedric Price et John H. Frazer, qui intégrait également une sorte de proto-conscience architecturale.

Enfin, dès le début de ce XXI^e siècle naissant, *AlloBio* est marqué par la réunion d'une réflexion sur l'architecture et la ville cybernétique centrée sur une spatialité décrite en termes de flux et de réseaux d'information, correspondant à une pensée en termes de *software* (la *New Babylon* de Constant, la *Computer City* de Crompton ou l'architecture liquide de Novak), et d'une réflexion formelle, matérielle et structurelle en termes de *hardware*. En effet, intégrant une peau connectée, réactive et interactive par laquelle architecture et environnement sont intrinsèquement liés, *AlloBio* se fait l'écho des hypersurfaces de Stephen Perrella ou encore, quoique peut-être dans une moindre mesure, de la fameuse *Aegis Hyposurface* de dECOi (1999-2001), laquelle est

capable de se déformer instantanément en réponse à des stimuli électroniques issus de son environnement direct (sons, mouvements, lumières etc.). Par ces exemples, ce que l'on voit clairement apparaître est le fait que l'évolution de l'architecture cybernétique peut être vue comme une intégration progressive de mécanismes cybernétiques dans les matériaux eux-mêmes, jusqu'à les rendre intrinsèquement intelligents, sensibles, adaptatifs, voire évolutifs. Ainsi, entre le *hardware* et le *software*, les frontières deviennent poreuses jusqu'à rendre une telle opposition, si ce n'est illégitime, au moins surannée. La *smart city*, dont nous écrivons quelques mots plus bas, est l'exemple même d'une intelligence généralisée, devenue ambiante, imprégnant les moindres objets de la vie courante.

De la vie artificielle à la biologie de synthèse appliquée à l'architecture

« L'architecte du futur construira en imitant la nature, parce que c'est la plus rationnelle, la plus durable et la plus économique des méthodes », disait déjà au début du XX^e siècle Antoni Gaudí, dont Pask admirait le *Parque Guell* (Pask, 1969, p. 495). Également fasciné par le travail de l'architecte catalan, Salvador Dalí aurait un jour déclaré à Le Corbusier que l'architecture du futur sera douce et poilue. Était-ce là une parole prophétique? En tout cas, il ne fait pas de doute que la cybernétique a influencé les pensées et pratiques des architectes numériques les plus avant-gardistes, et ce jusqu'à leurs expérimentations les plus récentes. Si la seconde cybernétique est fille de la biologie moléculaire, elle a influé tant sur le développement de la génétique que sur l'émergence et la formalisation actuelle d'une biologie de synthèse. À l'occasion d'*AlloBio*, Marcos Novak avait démarré une réflexion sur la fabrication de matériaux organiques, manipulant de l'ARN au niveau nano-moléculaire pour concevoir des éléments architecturaux et des matériaux quasi-vivants. Ce projet est cependant prospectif, anticipant le fait que, dans un futur proche, des techniques de fabrication avancées permettront la matérialisation d'une telle architecture à l'échelle 1:1 (Novak 2002, p. 71). À l'heure actuelle, de telles techniques n'existent pas, tout du moins pas encore. Néanmoins, les expérimentations aujourd'hui menées avec la biologie de synthèse et le génie génétique laissent envisager la possibilité qu'un tel bâtiment puisse être réalisé, et peut-être même plus rapidement que nous le pensons.

En effet, là où le génie génétique permet de modifier des gènes ou des parties du programme de l'ADN, la biologie de synthèse donne pour possibilité la réingénierie de systèmes complexes inspirés du vivant ou basés sur celui-ci, tout en les dotant de fonctions naturellement absentes. Dans son versant *top-down*, des ensembles de gènes sont reprogrammés en utilisant un langage analogue au langage informatique. Plus concrètement, la reprogrammation des organismes est effectuée en transférant des modules de programmation biologique, traduits en langage informatique, en instructions biologiques. Ces *DNA Cassettes* (ou *BioBricks*) sont-elles mêmes traduites en matériaux chimiques au moyen d'une machine à synthétiser les gènes, puis transplantées au cœur d'un organisme afin d'en modifier ou d'en remplacer le génome. Ces reprogrammations du vivant, l'assemblage de différents organismes et le génie génétique, permettent d'envisager la création de nouveaux matériaux biologiques capables d'auto-organisation et qui contiendraient, dans leurs codes génétiques, les plans de construction d'un bâtiment donné, réalisant l'ambition de

John H. Frazer (1995). L'architecte et théoricien Neil Spiller suggère ainsi, à raison nous semble-t-il, que la biologie de synthèse aura des implications aussi importantes dans le champ de l'architecture à venir que le cyberspace et la nanotechnologie dans les années 1990 (Spiller, 2009).

Dans un article publié dans la revue *Nature*, Spiller et Rachel Armstrong se penchent sur quelques-unes des expérimentations ayant eu lieu ces dernières années et les résultats obtenus (Spiller et Armstrong, 2011). Est notamment citée l'agence d'architecture Terreform One, basée à New York, laquelle a développé *In Vitro Meat Habitat*, proposition pour des peaux architecturales organiques fabriquées par impression 3D de cellules de porc. Sans viser à l'exhaustivité, nous pouvons ajouter à la petite liste établie par les deux auteurs le laboratoire barcelonais Genetic Architectures Research Group, dont font partie Alberto T. Estévez, Dennis Dollens et Karl Chu. Entre 2003 et 2014, à l'occasion du *Genetic Barcelona Project*, le groupe a développé une proposition analogue à celle du lapin Alba d'Eduardo Kac mais à destination de l'éclairage public et domestique. Ainsi, des gènes fabricant une protéine fluorescente provenant de méduses (*Green Fluorescent Protein* ou GFP) ont été implantés dans des cellules de citronniers, les rendant bioluminescents. D'autre part, des expériences ont été menées entre 2007 et 2010 pour développer, en tant que matériau de construction, des tissus vivants et des masses cellulaires, laissant envisager des murs vivants qui se construiraient de manière autonome, ou plutôt, qui *grandiraient* tout seuls. Le Mediated Matter Research Group, dirigé par Neri Oxman au MIT, est également à mentionner. Celui-ci conduit des recherches au point de rencontre entre conception computationnelle, fabrication numérique, science des matériaux et biologie synthétique, se concentrant sur une conception inspirée par la nature mais aussi une « nature inspirée par la conception » (*Design-Inspired Nature*).

La smart city : le futur de l'architecture

Parmi les architectes travaillant aujourd'hui avec la biologie de synthèse, le génie génétique et autres technologies du vivant, beaucoup se disent motivés par l'impératif écologique actuel. Ainsi soulignent-ils la biodégradabilité des matériaux, structures et bâtiments pouvant être produits par ces méthodes, à leur production peu consommatrice d'énergie ou encore à leurs capacités de traitement des pollutions. Néanmoins, et aussi intéressants soient-ils, ces projets, ces expérimentations et les potentialités offertes soulèvent indiscutablement des questions d'ordre éthique. Face à leur caractère polémique, Neil Spiller et Rachel Armstrong préfèrent mettre l'accent sur ce qu'ils considèrent comme une biologie de synthèse plus simple et plus sûre : « An alternative approach to genetic modification is to produce self-assembling materials that are not living but that mimic the dynamic traits of organisms and are optimized to function within their specific environment » (Spiller et Armstrong, 2001, p. 917). C'est en fait au versant *top-down* de la biologie de synthèse, laquelle fait un usage intensif non pas de la génétique mais de la physique, de la chimie et de la science des matériaux, auquel il est fait référence. Spiller et Armstrong, mais aussi Phillip Beesley et Steen Rasmussen, explorent les potentiels offerts à l'architecture et à la construction par la manipulation de protocellules, c'est-à-dire des systèmes chimiques qui émergent spontanément quand de l'huile et un alcalin rentrent en

contact. La série *Hylozoic* de Beesley (depuis 2007) et le projet *Future Venice* d'Armstrong, par exemple, sont basés sur leur utilisation.

Ces protocellules, ne contenant pas de matériel génétique mais présentant néanmoins des caractéristiques du vivant, sont capables d'auto-organisation et éventuellement d'autoreproduction. Elles peuvent se mouvoir, former toutes seules des microstructures complexes et sont sensibles à divers éléments comme la lumière ou des signaux chimiques. Ainsi, des bâtiments qui se construisent tout seuls seraient possibles sans recours au génie génétique. Toutefois, si les protocellules ne sont pas considérées comme véritablement vivantes, cela ne veut pas dire que des questions d'éthique, de santé et de sécurité publique ne se posent pas. Puisque les interactions des protocellules avec les organismes existants ainsi que leur potentielle toxicité n'ont pas encore fait l'objet d'études, elles ne peuvent être déclarées sans risque. Nous sommes donc encore loin de voir par nos fenêtres des bâtiments pousser comme des arbres. Il semble bien plus probable que le futur de l'architecture réside dans le développement de *smart cities*. En effet, renvoyant à la possibilité de concilier développement durable et qualité de vie, « les expérimentations concernant la ville intelligente ne sont pas le monopole d'un pays ou d'une culture, loin s'en faut. Elles se déroulent un peu partout, en Corée comme aux États-Unis, en France et en Espagne comme au Royaume-Uni et dans les pays scandinaves », indique Antoine Picon (2013, p. 7).

Ce en quoi la *smart city* est particulièrement frappante, c'est qu'elle repose entièrement sur l'intégration de mécanismes cybernétiques intelligents dans les objets les plus banals de nos vies quotidiennes, ceci jusqu'à rendre nos environnements eux-mêmes intelligents, sensibles, réactifs et réflexifs. L'on remarque ici avec étonnement combien la cybernétique influence encore l'imaginaire, le développement et la construction de nos paysages futurs, alors que le terme même semble bien oublié. La *smart city* s'appuie sur le développement d'une « intelligence ambiante » elle-même résultat de la mise en place d'une informatique ubiquitaire, basée en particulier sur l'internet des objets et sur la dissémination de capteurs et d'actionneurs dans tous les paysages de nos activités courantes (Ratti et Claudel, 2016). Ainsi, à Songdo (Corée du Sud), ville intelligente fleuron, des caméras filmant les rues permettent d'ajuster l'éclairage public en fonction de la présence de passants, des lecteurs de plaques d'immatriculation contrôlent les accès aux parkings et les habitants peuvent réguler leurs consommations d'eau et d'électricité grâce à des tableaux de bord interactifs. Si chacun de ces exemples pris à part peut sembler un peu « gadget », c'est sur les propriétés de l'ensemble formé qu'il convient de porter son attention. En effet, l'intelligence de la *smart city* ne réside pas dans l'intellect des acteurs qui s'attache à planifier, organiser, analyser et théoriser la ville, mais dans la ville elle-même, par ses mécanismes de compréhension, de raisonnement et d'apprentissage, dit Antoine Picon (2013, p. 10).

Il n'est pas seulement ici question de domotique, mais d'une certaine forme d'intelligence complexe, composite, distribuée et diffuse, détectant et enregistrant les données issues des activités urbaines pour piloter et réguler la ville en conséquence. Il est alors difficile de ne pas voir le lien entre la *smart city* et la cybernétique, que l'on définit habituellement, rappelons-le, comme la science des mécanismes de

communication, de régulation et de contrôle des systèmes vivants et non-vivants. En outre, le cauchemar d'une surveillance généralisée n'est pas loin (Townsend, 2013). Néanmoins, il serait moins question d'une intelligence artificielle unique, à la façon de HAL 9000 du film 2001, *l'odyssée de l'espace* de Stanley Kubrick, ou de centres de contrôle et de commandement militaires, que d'une intelligence en essaim ou en réseau (Picon, 2013). L'intelligence de la *smart city*, prenant pour support l'ensemble des dispositifs de captation et de traitement de l'information (caméras de surveillance, puces RFID, terminaux mobiles tels que *smartphones* et tablettes, informatique ubiquitaire, objets connectés, etc.), émanerait directement des utilisateurs de ces dispositifs, de l'ensemble complexe d'interactions ayant lieu à la fois entre les habitants (interactions interindividuelles, approche collaborative de l'urbain) et entre ces derniers et les infrastructures urbaines. Plus intéressant encore, la *smart city* condense et met à jour la majorité des thèmes cybernétiques qui ont alimenté les réflexions et travaux des architectes depuis les années 1960.

Conclusion : la *smart city* ou la ville cybernétique par excellence

À travers la *smart city* refont surface, intimement entrelacés, nombre de thèmes ayant émergés durant les années 1960 jusqu'aux années 1990. Il en est ainsi, par exemple, du thème du cyborg qui avait tant travaillé l'architecture radicale des années 1960-1970, désormais conçu non plus comme un humain muni de membres bioniques mais comme un homme couplé avec ses interfaces technologiques. Le thème du cyberspace des pionniers de la conception numérique réapparaît également transfiguré, sous les traits plus contemporains d'une réalité augmentée issue de l'hybridation de l'espace physique et des contenus numériques. Celui de la confrontation du pouvoir libérateur et du pouvoir de contrôle de la cybernétique, cher à Constant, est en outre toujours bien présent. Car si la *smart city* n'échappe pas à une certaine propension pour une cybernétique de contrôle omnipotent, omniscient et restrictif, cette même cybernétique pourrait se faire le support d'initiatives individuelles et de collaborations fortes entre les citoyens, leur permettant de modifier et produire la ville selon leurs désirs et leurs besoins. En outre, les habitants apprendraient de la ville et inversement, la ville développant ainsi les mécanismes de compréhension, de raisonnement et d'apprentissage auxquels nous nous sommes rapportés plus haut.

C'est bien la théorie de la conversation, élaborée par Gordon Pask, qui ressurgit ici, du fait que les infrastructures urbaines, l'informatique ubiquitaire, les dispositifs numériques et les hommes élaboreraient des relations mutuellement constructives, donnant lieu à de véritables écologies hybrides où algorithmes de régulation et de contrôle seraient modérés par les organisations humaines. Enfin, l'émergence attendue de ces écologies hybrides réactive à nouveaux frais la pensée des « cyberarchitectes » des années 1990, lesquels avaient, dès le milieu de cette décennie, prédit la fusion des espaces physiques et de l'espace de l'information sous la forme d'une réalité mixte. À travers les dispositifs de géolocalisation et de réalité augmentée, n'est-ce pas effectivement ce à quoi nous assistons? Si cela ne peut être avancé avec une stricte certitude, une chose cependant apparaît avec évidence au terme de cet exposé, c'est-à-dire que si la discipline architecturale s'est développée aux marges de

la cybernétique, les architectes ont puisé dans cette dernière, et y puisent encore, consciemment ou non, les ressources nécessaires à l'élaboration du futur de la ville. Il y a ainsi fort à parier que les notions phares de la cybernétique ont encore de beaux jours devant elles.

Notes

1. Il est par ailleurs tout à fait notable que Leslie Martin fut le directeur de thèse de Peter Eisenmann, dont on connaît l'importance dans l'émergence du « tournant numérique » en architecture.
2. Le *Building Information Modeling* (BIM), traduit en français par l'expression « modélisation des données du bâtiment » ou encore « maquette numérique du bâtiment », repose sur la création et l'utilisation d'un modèle 3D contenant toutes les informations relatives au bâtiment : géométrie de la construction, relations spatiales, informations géographiques, quantités et propriétés des éléments et sous-éléments de construction, etc. Ce modèle 3D permet d'effectuer des analyses et des simulations, relatives par exemple au calcul de la structure ou à la dépense énergétique des matériaux, mais aussi de contrôler le respect du budget alloué à la construction, le respect des normes, etc.
3. Les algorithmes informatiques ont été formalisés par John H. Holland. Inspirés de la théorie de l'évolution de Charles Darwin, ils reproduisent les processus de sélection, mutation et adaptation à l'œuvre dans le développement du vivant aux niveaux génotypique et phénotypique (Holland, 1975).
4. Bien entendu, l'idée d'une vie artificielle de l'architecture et les efforts faits en ce sens au moyen du génie génétique ou de la biologie de synthèse ne sont pas les seuls témoignages de la persistance de l'influence de la cybernétique et de ses concepts, métaphores et modèles sur l'architecture des années 2000 et 2010. Pour une vue plus exhaustive, nous renvoyons à Yiannoudes (2016).
5. Ceci malgré le fait que Frazer envisageait l'incorporation du « building process literally into the model, or perhaps the model into the very materials for building, so that the resultant structures are self-constructing » comme objectif à long terme de l'approche évolutionnaire. Ce processus devait selon lui être rendu possible par les développements de l'ingénierie moléculaire, de la nanotechnologie ou encore de la production par manipulation génétique d'organismes vivants dont les formes permettraient l'habitation humaine (Frazer, 1995, p. 102).
6. Les L-systèmes sont des grammaires formelles génératives permettant de modéliser les processus de croissance et de prolifération de plantes ou de bactéries.

Références

- Benedikt, Michael (dir.). (1992 [1991]). *Cyberspace: First steps*. Cambridge: MIT Press.
- Chu, Karl. (1995). Modal space. *Architectural Design* 65(11/12), 66–69.
- Clynes, Manfred E., & Kline, Nathan S. (1960). Cyborg and space. *Astronautics*, 9, 26–27, 74–76.
- Coyne, Richard. (1995). *Designing information technology in the postmodern age*. Cambridge: MIT Press.
- Dupuy, Jean-Pierre. (1985). L'essor de la première cybernétique (1943–1953). *Cahiers du CREA*, 7, 7–139.
- Frazer, John H. (1995). The architectural relevance of cyberspace. *Architectural Design* 65(11/12), 76–77.
- Frazer, John H. (2001). The cybernetics of architecture: A tribute to the contribution of Gordon Pask. *Kybernetes. The International Journal of System & Cybernetics* 30(5/6), 641–651.
- Haque, Usman. (2007). The architectural relevance of Gordon Pask. *Architectural Design* 77(4), 54–61.
- Holland, John H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- Hunt, Gillian. (1998). Architecture in the “cybernetic age.” *Architectural Design* 48(11/12), 52–55.
- Lafontaine, Céline. (2004). *L'empire cybernétique. Des machines à penser à la pensée machine*. Paris : Seuil.
- Langton, Christopher G. (1989). *Artificial life: The proceedings of an international workshop on the synthesis and simulation of living systems*. Redwood City: Addison-Wesley.
- Mitchell, William J. (1977). *Computer-aided architectural design*. New York: Petrocelli/Charter.

- Mitchell, William J. (1990). *The Logic of architecture: Design, computation and cognition*. Cambridge: MIT Press.
- Mitchell, William J. (1996). *City of bits*. Cambridge: MIT Press.
- Morin, Edgar. (2005 [1990]). *Introduction à la pensée complexe*. Paris : Seuil.
- Negroponte, Nicholas. (1969). Towards a humanism through machines. *Architectural Design*, 7/6, 511–512.
- Negroponte, Nicholas. (1970). *The Architecture Machine: Toward a more human environment*. Cambridge: MIT Press.
- Negroponte, Nicholas. (1995). *Being digital*. New York, NY: Alfred A. Knopf.
- Novak, Marcos. (1992 [1991]). Liquid architectures in cyberspace. Dans M. Benedikt (dir.), *Cyberspace: First steps* (225–254). Cambridge : MIT Press.
- Novak, Marcos. (1995). Transmitting architecture: TransTerraFirma/TidsvagnNoll v2.0. *Architectural Design* 65(11/12), 42–47.
- Novak, Marcos. (2002). Speciation, transvergence, allogenesis: Notes on the production of the alien. *Architectural Design* 72(3), 64–71.
- Novak, Marcos. (2008). Alien beauty: Immanent design. AlloAtomic transarchitectures for automutant (allo)selves. Dans B. Sterling (dir.), *Manufacturing: Share Festival 2008* (143). Turin: Share Festival.
- Pask, Gordon. (1969). The architectural relevance of cybernetics. *Architectural Design*, 9, 494–496.
- Pask, Gordon. (1975). *Conversation, cognition and learning*. New York, NY: Elsevier.
- Picon, Antoine (2010). *Culture numérique et architecture, une introduction*. Bale : Birkhauser.
- Picon, Antoine (2013). *Smart cities : théorie et critique d'un idéal auto-réalisateur*. Paris : B2 Éditions.
- Ratti, Claudio, & Claudel, Matthew. (2016). *The city of tomorrow: Sensors, networks, hackers, and the future of urban life*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Rouillard, Dominique. (2004). *Superarchitecture : Le futur de l'architecture 1950-1970*. Paris : Éditions de la Villette.
- Shanken, Edward A. (1998). Life as we know it and/or life as it could be: Epistemology and the ontology/ontogeny of artificial life. *Leonardo*, 31(5), 383–388.
- Spiller, Neil. (2009). Plectic architecture: towards a theory of the post-digital in architecture. *Technoetic Arts: A Journal of Speculative Research*, 7(2), 95–104.
- Spiller, Neil, & Armstrong, Rachel. (2011). Synthetic biology: *Living quarters*. *Nature*, 467, 916–918.
- Townsend, Anthony M. (2013). *Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. New York, NY: W.W. Norton & Company.
- Wark, McKenzie. (2010). New Babylon ou le monde des communs. L'actualité intemporelle du projet d'architecture utopique de Constant. *Multitudes*, 41, 114–125.
- Wiener, Norbert (1956). Pure patterns in a natural world. Dans G. Kepes (dir.), *The new landscape of art and science* (274–376). Chicago : Paul Theobald and Co.
- Wiener, Norbert. (1961 [1948]). *Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine*. Cambridge : MIT Press.
- Wigley, Mark. (1998). *Constant's New Babylon: The hyper-architecture of desire*. Rotterdam: Witte-de-With/010 Publishers.
- Yiannoudes, Socrates. (2016). *Architecture and adaptation: From cybernetics to tangible computing*. New York, NY: Routledge.