Séance du 6 juin 2023



Conférence-débat d'Antoine Picon avec François Bertière

DÉFI ENVIRONNEMENTAL, INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, NOUVELLES VOIES DE LA RECHERCHE EN ARCHITECTURE

À la frontière entre art et technique, l'architecture a fortement été impactée par l'entrée dans l'ère du numérique. Depuis le début des années 80 qui a vu apparaître dans les écoles les premiers laboratoires d'informatique appliquée à l'architecture, tout s'est accéléré et la profession est en train de se transformer à très grande vitesse un peu partout dans le monde. D'abord en raison de l'informatisation massive de l'enseignement et de la production de l'architecture à partir du milieu des années 90, puis au milieu des années 2000, avec la montée en puissance des interrogations liées à la crise environnementale. On sait aujourd'hui que le secteur de la construction engendrerait près de 40% des émissions mondiales de dioxyde de carbone, qu'il est extrêmement coûteux, et « un changement de paradigme » est demandé aux architectes par plusieurs initiatives internationales. L'idée d'un moratoire mondial fait même son chemin dans les discussions académiques, soulevant la question du rôle de l'architecte dans un tel cadre.

Ne plus construire mais transformer ? Construire plus durablement, plus sobrement ? Viser le high-tech ou le low-tech ?... Les questions fusent en tous sens tandis que l'intelligence artificielle gagne du terrain et qu'il faudra bientôt compter des robots sur les chantiers de construction... Face à un bouleversement de fond qui suit de près celui de la société, et qui touche tous les domaines de la recherche en architecture, pas question de refermer les interrogations. Il importe plutôt de les déployer, et d'en ouvrir toutes les perspectives.

Antoine Picon. Professeur d'histoire de l'architecture et de la technologie. Polytechnicien, ingénieur général des ponts, il est architecte DPLG, docteur en histoire de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, directeur de recherches à l'École des ponts et professeur à la Harvard University Graduate School of Design. Auteur de très nombreux articles, études, et de très nombreux livres, notamment « Smart Cities » et « Culture numérique et architecture », il est président de la Fondation Le Corbusier et membre de l'Académie des technologies.

François Bertière. Polytechnicien et architecte DPLG. Ancien président de Bouygues Immobilier, de la Fondation de l'École nationale des ponts et chaussées (ENPC) et ancien administrateur de la Cité de l'architecture et du patrimoine. Aujourd'hui président de FIMINCO REIM, administrateur du CSTB, administrateur de l'ENPC et membre de l'Académie des technologies.

| 2 |
|---|
| 3 |
| 5 |
| 5 |
| 9 |
| |



Des origines du numérique en architecture à la diffusion massive des outils de conception par ordinateur

Exposé d'Antoine Picon

Les prémices

Les premières recherches concernant l'utilisation des ordinateurs en architecture datent du début des années 60, avec notamment un laboratoire au MIT (le Massachusetts Institute of Technology): l'Architecture Machine Group, qui explore la possibilité de se servir de la machine comme aide à la conception. Mais longtemps l'utilisation de l'ordinateur va rester liée à des investigations confidentielles. C'est au début des années 90 que tout s'accélère. Si jusque-là les écoles et les agences d'architecture faisaient surtout du traitement de texte, du tableur, de la comptabilité..., l'idée émerge alors qu'on pourrait se servir des ordinateurs plutôt en outils de dessin assisté, pour faire de la conception. Un épisode crucial, marqué notamment par l'arrivée du « paperless studio » (le studio sans papiers), comme cet atelier d'enseignement du projet à l'université Columbia (figure 1), l'un des premiers où les étudiants travaillent sur ordinateur.

Figure 1

La révolution formelle

Ce mouvement de fond va exploser au tournant des années 2000. Le travail portant d'abord essentiellement sur la modélisation des formes, avec l'importation de techniques issues des mondes de l'automobile et de l'aviation. L'agence de l'architecte américain Frank Gehry joue alors un rôle pionnier en ajoutant au logiciel CATIA de Dassault Systèmes une interface dédiée à l'architecture (figure 2 haut).

Autre mouvement de fond : la conception paramétrique qui permet de raisonner en termes de relations entre objets, et qui va renforcer les aspects logiques de la conception avec des logiciels spécifiques.

Jusqu'aux années 2005/210, la plupart des investigations concernent la conception des formes : comment adapter les logiciels de conception aux besoins spécifiques de l'architecture? Du point de vue de la conception architecturale, cela signifie un affranchissement des limites, et se traduit par une libération des formes, très frappante quand on regarde les grands projets prestigieux, comme ceux de l'agence britannique Zaha Hadid (figure 2 bas).



C'est la naissance de la « star architecture » : l'éclosion de bâtiments aux formes assez étonnantes un peu partout dans le monde.



L'essor de la fabrication numérique

Exposé d'Antoine Picon

À partir des années 2005/2010, avec la diffusion de machines de prototypage et de fabrication rapide, la fabrication numérique va monter en puissance et progressivement prendre le pas sur les questions uniquement formelles. Les écoles ainsi que les grosses agences s'équipent progressivement de toute une série de matériels. Un phénomène également lié à l'essor des FabLabs, un concept lancé par le physicien américain Neil Gershenfeld qui enseigne au MIT et qui va exercer une énorme influence en architecture (figure 3).

Figure 3



Ce qui intéresse alors beaucoup les architectes, c'est la possibilité d'échapper au dilemme entre customisation et fabrication en série : la possibilité d'une architecture préfabriquée qui échapperait à la standardisation et à l'appauvrissement formel dont elle est souvent synonyme.

Material computation

Autre idée forte qui se diffuse - très présente encore aujourd'hui - : travailler sur la matière ou au moyen des ordinateurs, c'est au fond la même chose. Là encore, Neil Gershenfeld joue un rôle important avec l'idée de matériau numérique, et surtout de « material computation », un courant assez important aujourd'hui par exemple à Stuttgart, avec l'architecte Achim Menges qui réalise des installations parfois assez spectaculaires. Comme le pavillon ci-dessous, en fibre de carbone, au Victoria et Albert Museum de Londres (figure 4).



L'arrivée des robots

Encore un emprunt à l'industrie automobile, l'utilisation des robots commence à voir le jour dans ces années-là et fait aujourd'hui partie intégrante du panorama, notamment à Zurich avec des architectes comme Fabio Gramazio et Matthias Kohler qui vont aussi explorer l'utilisation de drones pour la maçonnerie (figure 5).



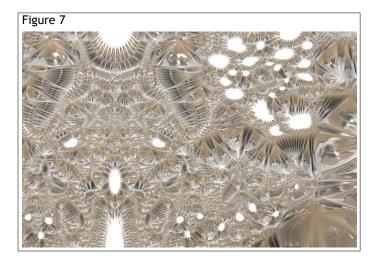
Vers le préfabriqué?

L'heure est encore dans une large mesure à l'expérimentation, et les projets visent plutôt des programmes de luxe, mais on commence à réfléchir par exemple à des maisons « imprimées » et pas mal d'ONG travaillent sur l'idée de préfabriquer des maisons pour les pays en développement. Comme ce quartier réalisé au Mexique (figure 6).



Retour de l'ornementation

L'ordinateur ouvre tellement de possibles formels qu'on assiste aujourd'hui à un retour en force de l'ornementation (figure 7). Ceci n'est pas une œuvre de l'architecte barcelonais Gaudi mais une expérimentation de fabrication numérique!



L'irruption de l'intelligence artificielle

Après de brèves apparitions, l'IA fait vraiment son entrée dans le monde de l'architecture au milieu des années 2010. Nous sommes encore loin d'une architecture réalisable, mais certains programmes peuvent déjà concevoir des façades et certains sont

même susceptibles d'organiser des intérieurs - même si cela reste un peu maladroit.

Ci-dessous (figure 8), une image générée par une intelligence artificielle d'une architecture à la façon Coop Himmelb(l)au, l'agence à laquelle on doit le musée Confluences à Lyon.



Les programmes génératifs d'images

C'est la grande révolution de l'année dernière, avec notamment DALL-E ou Midjourney qui permettent de générer absolument tout ce qu'on peut imaginer, et qui ont créé une véritable folie de production d'images (figure 9).



Pour l'heure, il s'agit moins de finaliser des projets que d'explorer des possibles, de rêver dans le droit fil des « hallucinations de machines » dont on a beaucoup parlé à propos de l'intelligence artificielle. Mais ce n'est qu'un début, avec toutes les questions que cela pose à la discipline : Jusqu'à quel point peut-on automatiser la pratique du projet ? Est-ce que les machines lisent les espaces et les objets comme nous ? Que penser des bâtiments intelligents ? ...



Crise environnementale et architecture : un changement de paradigme

Exposé d'Antoine Picon

Face au changement climatique, l'architecture a suivi le mouvement de la société. La première prise de conscience date du début des années 70 avec le choc pétrolier et le rapport Meadows sur les limites de la croissance. On se souvient en outre de toutes les réglementations relatives aux économies d'énergie dans le bâtiment. A suivi une décennie et demie d'optimisme du milieu des années 80 jusqu'aux années 2000, une sorte d'oubli bien heureux interrompu par un réveil difficile au début des années 2000.

Changement du cadre de référence

Traditionnellement l'architecture focalisait sur l'objet : faire le plus bel édifice possible. Cela, à la lumière des trois concepts formulés par l'architecte romain Vitruve : la beauté, la commodité et la solidité. Avec l'idée aussi qu'il fallait, idéalement, résister au temps. D'une certaine façon, la pyramide représentait une sorte d'idéal de l'architecture (figure 11).





De la biomimétique aux neurosciences

Exposé d'Antoine Picon

Beaucoup de gens aujourd'hui s'intéressent l'intersection entre inspiration biomimétique, numérique et architecture. C'est le cas notamment d'Achim Menges. Inspiré par une araignée qui vit dans l'eau et tisse sa toile pour solidifier les bulles d'air qui lui permettent de respirer, l'architecte a imaginé le pavillon ci-dessous (figure 10), mélange de structure gonflable et de fibre de carbone, qui a été réalisé à l'université de Stuttgart.



Ce cadre de référence est en train d'exploser ou de se dilater au-delà de ce qu'on connaissait un peu partout dans le monde, la réglementation demandant aux concepteurs de l'élargir considérablement, depuis l'extraction des matériaux jusqu'au recyclage.

Le cadre temporel aussi se dilate. Le bâtiment fait désormais figure d'instant long, une sorte d'arrêt sur image au sein d'un ensemble de flux qui ont débuté bien avant la construction et se poursuivront après elle.

Nouveaux problèmes, nouveaux questionnements

La question du désassemblage fait partie aujourd'hui des problèmes clés, loin d'être résolus. Par exemple, nombre d'architectures de bois utilisent beaucoup de colles, alors qu'on sait que pour être vraiment vertueux, il faudrait visser plutôt que coller....

De nouvelles interrogations aussi émergent : faut-il continuer, dans ce nouveau cadre, à s'arc-bouter autant sur la question des formes ? Faut-il penser à chauffer en hiver et refroidir en été en termes de surface et de volumes ? Ne faudrait-il pas plutôt se concentrer sur les corps humains qu'il s'agit de maintenir à température agréable ainsi que l'illustre, ci-après (figure 12), cette proposition du Senseable City Lab du Massachusetts Institute of Technology ?



Autre changement, nous sommes passés d'une attention extrême portée à la structure, qui remonte au XIXe siècle, aux questions d'enveloppe. Cela ne veut pas dire que la recherche en matière de structures disparaisse, mais elle change un peu d'objectif.

Enfin une question cruciale émerge, qui fait l'objet de débats assez véhéments : faut-il viser le high-tech ou plutôt le low-tech ? Face aux tenants d'une approche passive à base de murs stockant la chaleur, de ventilation naturelle..., les partisans d'une approche beaucoup plus technologique imaginent des immeubles

complexes, avec par exemple des tours avec turbine, et toute une série de moyens mécaniques et numériques.

Cesser de construire?

La discipline architecturale est confrontée, on le voit, à un changement de philosophie qui touche, en fait, tous les domaines : même l'histoire commence à s'intéresser à la relation entre l'architecture et la question du climat... Une révolution qui donne lieu aussi à des positions très radicales. L'idée d'un moratoire sur les constructions, par exemple, lancée par une enseignante à l'EPFL, fait son chemin dans les discussions académiques (figure 13). L'ambition est évidemment très discutable étant donné la croissance de la population dans certaines zones du monde, mais il est très révélateur d'un certain état d'esprit.



De nouveaux terrains de recherche

Premier défi, il est nécessaire de repenser les matériaux traditionnels. Les architectes sont partie prenante des recherches sur la décarbonation de la filière ciment-béton qui déclinent l'immense gamme de tous les matériaux « biosourcés » : la terre, le bois, la paille (figure 14, haut gauche)...

En parallèle, dans un genre plus numérique, se poursuit l'analyse du comportement thermodynamique des constructions, de la circulation de l'air, etc. Et dans un registre plus technologique, ce sont toutes les recherche sur les façades sophistiquées, comme la Shanghaï Tower et sa double peau torsadée ou les tours avec turbine (figure 14, haut droite)...

Pas mal de réflexions émergent également sur la mobilisation de l'intelligence artificielle pour piloter de manière plus économique les systèmes techniques. Ainsi que des recherches qui empruntent la voie du projet : les architectes commencent à remettre en question, par exemple, des bâtiments dont on ne peut pas utiliser le rez-de-chaussée lorsque les eaux sont hautes, et l'on voit ressurgir des questions comme celle des pilotis (figure 14, milieu).

Plus spectaculaire, la proposition de bâtiments avec de véritables jardins suspendus, comme le Bosco verticale de l'architecte Stefano Boeri à Milan qui a été livré en 2014 (figure 14 bas). Très séduisant, mais très complexe. Très luxueux aussi... On peut donc se demander dans quelle mesure tout cela est transposable.



Que sera demain?

Nombre de questions se posent, notamment vu les coûts d'entretien de ce genre d'édifices, et compte tenu d'autres urgences d'urbanisme. Mais toute cette recherche a le mérite d'ouvrir une réflexion intéressante sur l'élargissement de la notion de fonctionnement des

immeubles, de métabolisme, une question liée à toutes les réflexions actuelles sur la nécessité de dépasser le clivage nature/artifice, et à une autre question passionnante sur le rapport entre le bâtiment et la ville... Pour le moment, ces interrogations sont loin d'être stabilisées. Mais oui, la fabrication numérique a un avenir, à condition de mieux définir à quoi elle sert et quelles sont ses limites.

Quelques conséquences professionnelles

La révolution numérique s'est traduite par un mouvement d'adaptation extrêmement rapide, parfois contradictoire. La génération des architectes « dominants », pré numérique, coexiste aujourd'hui avec des gens plus jeunes, familiers du numérique. Et les investissements en matériel sont beaucoup plus importants qu'autrefois.

Autre tendance très nette partout dans le monde : la concentration des agences. Image symbolique, une agence de réputation mondiale dans les années 50 pouvait ressembler à celle, relativement réduite, de Le Corbusier de la rue de Sèvres (figure 15 haut). Aujourd'hui, elle ressemble plutôt à celle de Zaha Hadid (figure 15 bas : rien que le sommet de la hiérarchie de l'agence).

Figure 15

Aujourd'hui Zaha Hadid Architects emploie plus de 700 personnes, l'agence de Norman Foster plus de 1400. En Chine, il existe des agences encore plus gigantesques... C'est le numérique qui a rendu viables ces mégastructures architecturales, ainsi que des agences transcontinentales, basées à Londres, New York et Tokyo ou Shanghai...

Quelques inquiétudes

Un tel changement de paradigme ne va pas sans quelques questions de fond, loin d'être résolues.

Y-a-t-il encore un avenir pour la petite architecture innovante d'art et essai ? Ne va-t-on pas assister à une obsolescence rapide, parfois des architectes eux-mêmes qui risquent d'être dépassés, passé un certain âge, par des logiciels qui ont évolué et sont devenus encore plus complexes que ceux avec lesquels ils avaient été formés ? Qui est aujourd'hui l'auteur d'un bâtiment ? Faut-il inclure les gens qui conçoivent les logiciels, les gens qui contribuent à la fabrication... ?

Quelques réponses alternatives

Notamment en lien avec la crise environnementale, une floraison de pratiques alternatives sont toutefois en train de bouleverser le modèle uniquement corporate, avec des idées parfois intéressantes. Le cabinet belge BC Architects notamment utilise les matériaux locaux, parfois même urbains, et a développé une société sœur, BC Materials, qui transforme des terres de déblais en matériaux de construction. La ville existante devient finalement un champ d'objets à réutiliser. Ci-dessous figure 16 haut, des sables extraits du sous-sol bruxellois.

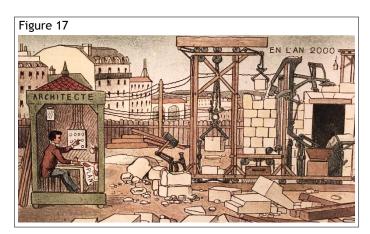
Les plus radicaux dans le genre s'appellent Rotor : une agence Belge dont tout le monde parle aujourd'hui, qui récupère et stocke à peu près tout sur les chantiers de démolition, puis vend ces éléments et/ou propose des stratégies de conception pour les utiliser. Une façon différente de concevoir le métier est en train d'émerger.

Autre voie d'innovation, le réemploi qui est aujourd'hui un leitmotiv chez pas mal d'architectes, notamment en Europe. Ci-dessous figure 16 bas, une station-service transformée en cinéma de quartier par le collectif anglais Assemble qui fait du réemploi parfois radical et dont on parle pas mal ces derniers temps.



Conclusion

L'architecture est aujourd'hui en profonde mutation, avec des rêves assez anciens comme nous le rappelle (figure 17) cette vignette des années 1900 sur l'architecte de l'an 2000 ... La recherche a besoin de temps mais doit aussi beaucoup à des expériences passées, et elle est inséparable de transformations professionnelles très concrètes. Qui doit on former désormais? Comment? Quels savoirs transmettre... C'est aujourd'hui un véritable défi d'enseigner dans une école d'architecture.





François Bertière: Dans l'industrie, on arrive à imaginer le temps de latence entre une recherche et l'apparition d'un produit industriel. Je suis frappé, après cet exposé, par la grande distance entre le temps de la recherche et la production quotidienne de l'architecture, en particulier l'architecture vernaculaire. A-t-on une idée du délai nécessaire entre les deux?

Antoine Picon: C'est très variable. Je me suis concentré sur les aspects un peu « waouh » de la recherche mais l'architecture ne produit pas toujours, avec des ordinateurs, des formes extraordinaires. Le BIM (Building Information Model) est en train de se généraliser, et certaines choses sont déjà acquises, mais d'autres prendront certainement plus de temps. Les robots, par exemple, sont en train de se développer. Le Japon est en pointe sur ce sujet, à cause de ses problèmes de main d'œuvre, et l'Allemagne aussi, notamment Stuttgart. Zurich aussi. On peut penser que probablement d'ici dix ou quinze ans, cela va percoler mais pas partout, et pas dans tous les domaines.

François Bertière: À l'Académie, nous travaillons sur France 2030, la réindustrialisation, les emplois... Et l'on s'aperçoit qu'un certain nombre de domaines manquent de gens compétents ou adaptés aux compétences des années 2030/2040. Que dire du côté des architectes et des métiers du bâtiment?

Antoine Picon: Je vais paraître exagérément optimiste, mais nous vivons une situation très paradoxale. Nous avons des étudiants remarquablement intelligents sur lesquels il va falloir apprendre à capitaliser un peu plus car la profession, en revanche, n'est pas aussi intelligente, et a tendance à abêtir les gens. Donc il faudrait réfléchir aux structures professionnelles. Le problème est plus profond pour les métiers du bâtiment parce qu'on sort d'une période d'une cinquantaine d'années où « grosso modo », on a essayé d'abêtir les ouvriers du bâtiment au nom de l'industrialisation, de la

rationalisation, etc. Et aujourd'hui on se rend compte qu'on a peut-être fait une grosse bêtise en matière de qualité des constructions, etc. Autre problème, si on imagine à terme des chantiers dans lesquels il y aura des robots et des hommes, il faudra former les gens différemment. Sans compter que la question environnementale implique aussi d'améliorer la qualité des bâtiments pour qu'ils soient plus durables... En matière de métiers du bâtiment, on peut dire que nous pouvons (devons) mieux faire.

François Bertière: Il y a une quinzaine d'années, on était partis à fond dans le high tech (on va mettre des capteurs partout, les bâtiments vont être intelligents, on va bâtir des « smart cities »...) Les expériences n'ont pas toutes été concluantes. Puis sont arrivés tous les sujets concernant la consommation énergétique des IT et de la gestion des données de data-centers. Et j'ai l'impression de voir revenir en force le low tech. Sommes-nous allés trop loin, dans un sens comme dans l'autre?

Antoine Picon: Je ne pense pas être d'une grande originalité en disant qu'aujourd'hui, un des gros enjeux du numérique c'est la question de la frugalité. Il va falloir un peu se raisonner en matière d'usages du numérique. Il va certes y avoir des programmes un peu moins gourmands en énergie que ChatGPT, mais l'intelligence artificielle va redoubler ce problème de croissance de la consommation. Ce n'est pas que la question high tech/ low tech mais une question d'usage. Il faut apprendre à aborder de façon un peu plus tempérée toutes ces technologies.

François Bertière: Les Français veulent de plus en plus vivre en pavillon individuel mais d'une autre coté, l'intérêt collectif demande une certaine densification. Que pourrait faire l'architecte pour que les gens habitent dans du collectif en ayant les atouts de l'individuel?

Antoine Picon: Il faudrait déjà commencer par rompre avec ce moralisme des élites qui consiste à condamner le pavillonnaire. De toute facon, c'est une réalité dont on a hérité et il va falloir faire avec. Alors oui, il y a par exemple le logement en bande, à l'anglaise, qui est une solution de compromis. Mais rien ne remplace en termes de sentiment de liberté, d'autonomie etc, la maison même peu esthétique - avec son jardinet. Je pense qu'il faudrait peut-être commencer par se rincer l'œil des évidences morales qu'on a tendance à projeter sur les situations. Et se demander plutôt comment améliorer les comment repenser choses. la distribution. commerce... Oui, il faut densifier mais il faut aussi tenir compte des réalités sociologiques.

François Bertière: On termine avec plus de questions qu'au commencement! Et surtout avec un merveilleux conseil qu'on peut appliquer à tous les sujets de notre académie : « se rincer l'œil » des évidences morales dans lesquelles nous nous complaisons parfois.

Mots clés : architecture du réemploi, architecture numérique, conception paramétrique, fablab, maison imprimée, matériaux bio sourcés, moratoire construction, star-architecture

Citation : Antoine Picon & François Bertière. (2023). Défis environnemental, intelligence artificielle, nouvelles voies de la recherche en architecture. Les soirées de l'Académie des technologies.@

Retrouvez les autres parutions de l'Académie des technologies sur notre site

Académie des technologies. Le Ponant, 19 rue Leblanc, 75015 Paris. 01 53 85 44 44. academie-technologies.fr

Production du comité des travaux. Directeur de la publication : Denis Ranque. Rédacteur en chef de la série : Hélène Louvel. Auteurs : Marie-Claude Treglia, N°ISSN : en attente.

Les propos retranscrits ici ne constituent pas une position de l'Académie des technologies et ils ne relèvent pas, à sa connaissance, de liens d'intérêts. Chaque intervenant a validé la transcription de sa contribution, les autres participants (questions posées) ne sont pas cités nominativement pour favoriser la liberté des échanges.