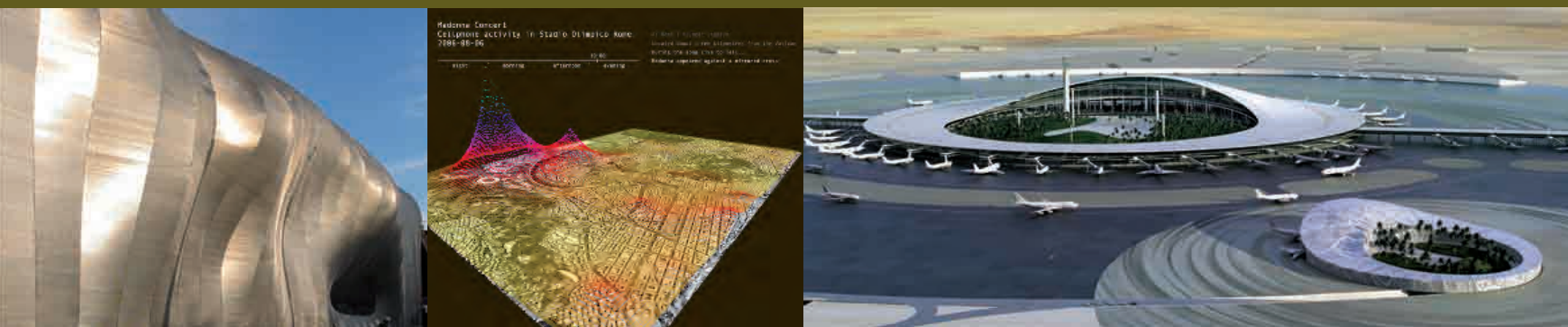


Architecture numérique : culture et stratégies opératoires



DOSSIER

Dossier réalisé par Antoine Picon et Alireza Razavi

Une société d'information

Outil et esthétique

Simulation et matérialité

Structure, performance et complexité

Ornement et signification

La ville numérique

« L'alliance du contrôle et de l'imprévisibilité »
Entretien avec l'architecte américain Preston Scott Cohen

La tour Phare de Morphosis à la Défense
Les points de vue du maître d'ouvrage et du chef de projet

La Fondation Louis-Vuitton pour la création de Frank Gehry
Entretien avec l'équipe de la maîtrise d'œuvre

Au même titre que le Mouvement moderne, lorsque celui-ci dépassait le dogme pour s'imposer comme culture, l'impact des technologies numériques sur l'architecture ne se limite plus aujourd'hui à la généralisation de l'ordinateur dans les agences d'architecture. Il s'agit d'une mutation de beaucoup plus grande ampleur qui peut s'assimiler à un véritable choc culturel. Celui-ci remet en cause aussi bien la façon de pratiquer l'architecture que sa définition disciplinaire et la façon dont elle s'insère dans la ville, une ville elle aussi en cours de transformation sous l'effet des technologies de l'information et de la communication.

L'architecte Alireza Razavi et l'architecte historien Antoine Picon, auteur d'un récent ouvrage remarquable sur ces questions*, nous font mieux comprendre cette série d'ébranlements. Pour savoir comment s'effectue le passage de la théorie à la pratique, ils sont également allés interroger l'architecte Preston Scott Cohen et les équipes de maîtrise d'œuvre de Frank Gehry et Morphosis.

^ De gauche à droite : maison Folie de Lars Spuybroek à Lille. © EC.
Activité et intensité des téléphones cellulaires pendant le concert de Madonna au stade olympique de Rome en 2008, à trois kilomètres du Vatican.
© SENSEable City Laboratory.

Projet de l'OMA pour le nouvel aéroport international de Djeddah, Arabie Saoudite. © DR.

* *Culture numérique et architecture : une introduction*, Bâle, Birkhäuser, 2010.
Antoine Picon est architecte, ingénieur, historien et chercheur à l'École nationale des ponts et chaussées. Il enseigne également à la Graduate School of Design d'Harvard.



Une société d'information

La mise en route, depuis septembre 2010, de la USCYBERCOM (United States Cyber Command) a illustré le formidable impact de la sphère virtuelle sur le monde matériel. Cette incarnation des technologies propre à la société d'information rappelle l'ampleur de la transformation sociétale intervenue ces vingt dernières années. Défini comme le cinquième domaine par l'État-major américain (après la terre, la mer, l'air et l'espace), l'espace cybernétique est devenu un enjeu central pour les armées et les États mais, au-delà de son importance stratégique, la société dite d'information est un bouleversement affectant la totalité des rapports sociaux, des comportements, des sensibilités culturelles et techniques. L'ensemble de ces techniques initiées depuis la fin du XIX^e siècle a culminé à l'ère nucléaire avec la nécessité d'une décentralisation complète des moyens de communication, préoccupation militaire dans un premier temps, puis civile avec l'avènement d'Internet.

Ce qui distingue
aujourd'hui
la technique est
sa tendance
à s'inscrire dans
le prolongement de
l'homme même.

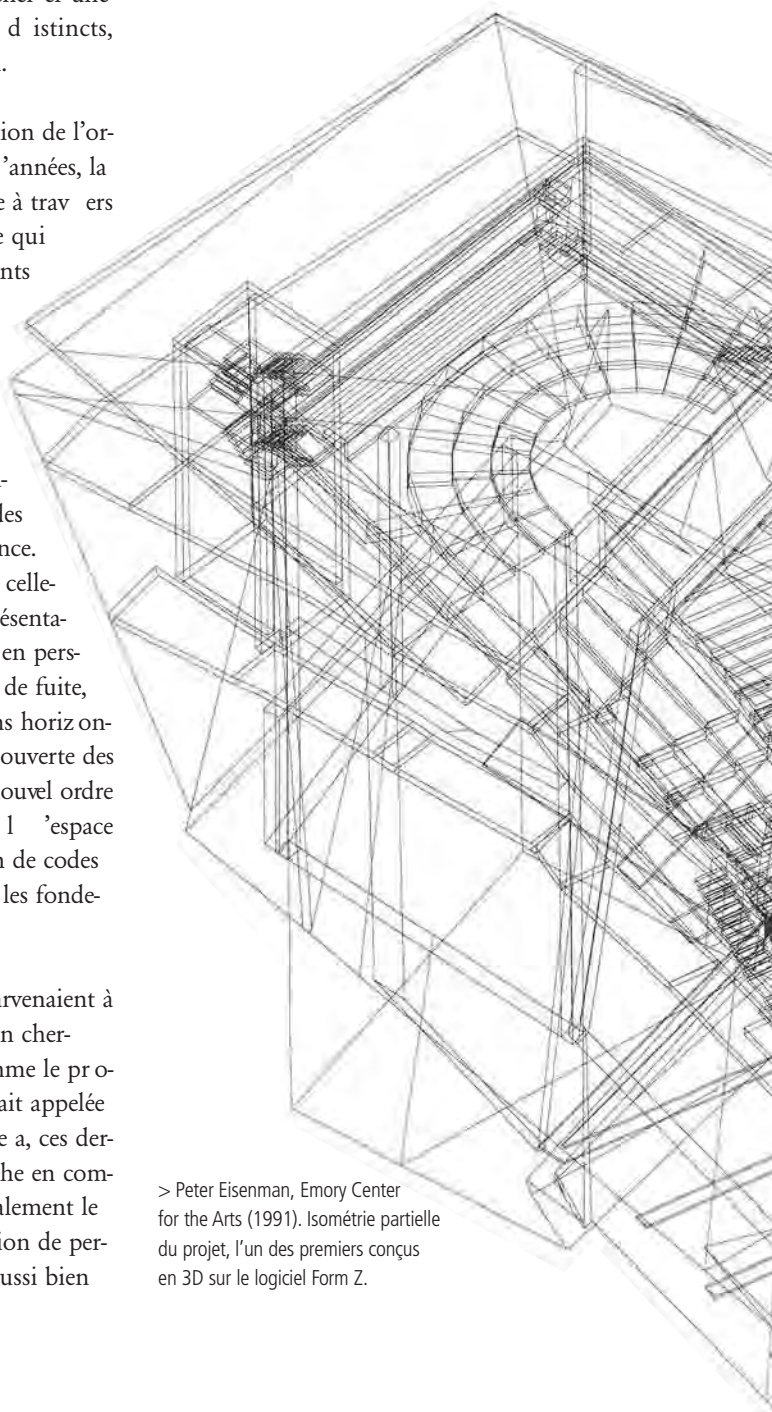
Le rapport de l'homme à l'outil n'est pas récent (il existe par et grâce à celui-ci) mais ce qui distingue aujourd'hui la technique est sa tendance à s'inscrire dans le prolongement de l'homme même. Si l'objet était autrefois considéré comme contrôlable et maîtrisé (la machine que l'on allume, la communication que l'on demande), le propre de la technique contemporaine (et de sa culture) est de voir l'émergence de flux et de continuité. La

société d'information n'est plus un simple déplacement de données à vitesse plus ou moins variable, mais un espace distinct, aux complexités inhérentes et évolutives, au volume continu et hétérogène. La réflexion architecturale au début du XX^e siècle a reconnu dans l'avènement de la machine le vecteur de son émancipation. En offrant une esthétique machiniste débarrassée d'avatars nostalgiques, les propositions radicales des constructivistes ou des futuristes ouvraient la possibilité d'une pratique soucieuse de l'évolution de la société. D'essence objective, la Machine devenait le véhicule commun aux sensibilités avant-gardistes. À l'instar de la révolution industrielle, les technologies d'information allaient générer une culture et des comportements distincts, propres à une nouvelle génération.

En architecture, au-delà de l'adoption de l'ordinateur depuis une vingtaine d'années, la société d'information se manifeste à travers une culture numérique originale qui prend la relève des mouvements moderne et postmoderne. Les conséquences de ce transfert de technologies exogènes à l'architecture (machine de calculs, logiciels destinés aux industries automobile, aéronavale ou cinématographique) rappellent par bien des aspects l'avènement de la Renaissance. L'un des aspects fondamentaux de celle-ci résidait dans la nouvelle représentation de l'espace à travers le dessin en perspective (le choix du ou des points de fuite, la nécessaire composition des plans horizontaux et verticaux couplée à la découverte des ordres classiques), établissant un nouvel ordre afin de comprendre et organiser l'espace architectural et urbain en fonction de codes qui allaient par la suite constituer les fondements de l'académisme.

Les architectes du siècle dernier parvenaient à s'éloigner de ce modèle classique en cherchant à comprendre la forme comme le produit d'une fonction que celle-ci était appelée à exercer. La révolution numérique a, ces dernières années, étendu cette recherche en comprenant la forme comme étant également le dérivé d'une performance. La notion de performance peut être comprise aussi bien

comme répondant aux impératifs physiques du bâtiment (gravité, climat, énergie...) que comme la dimension sensorielle et cognitive des espaces générés. En cela, la culture numérique en architecture reste en apparent conflit dans ses ambitions fondatrices. S'agissant d'un outil de précision qui tendrait à rejeter toute forme de subjectivité, elle demeure par ailleurs rattachée à une démarche formelle qui peine bien souvent à s'affranchir de la fascination exercée par ses capacités toujours grandissantes. Elle prend ainsi difficile une position critique car elle oppose performance sensitive et performance technique, pas toujours préoccupées l'une par l'autre. ■



> Peter Eisenman, Emory Center for the Arts (1991). Isométrie partielle du projet, l'un des premiers conçus en 3D sur le logiciel Form Z.

Outil et esthétique

La notion d'architecture numérique est vaste et l'usage de l'ordinateur ne sous-entend bien sûr pas une appartenance à la culture numérique du projet architectural dans le cadre identifié par cet article. Aussi notre réflexion porte-t-elle plus précisément sur les démarches qui cherchent à tracer les contours d'une sphère où l'expérimentation du langage architectural, par le biais d'une certaine culture et de l'usage d'outils, tend à définir la position critique de l'architecture dans la société contemporaine.

On ne saurait prétendre à une notion d'objectivité formelle de l'architecture numérique : l'usage de logiciels de modélisation ne prédispose pas à un style, une forme particulière. Pourtant, depuis que la Machine est évoquée dans la création (Fritz Lang, Fernand Léger, Rodchenko, Le Corbusier...), une esthétique distincte s'en dégage. La performance quantitative immédiate de la Machine de l'ère industrielle devenait le songe motivant une

Machine à habiter, efficace, pratique, moderne. Si les associations plastiques poulaient de source pour le modernisme (aidées par l'avènement du béton armé), les références à la technologie contemporaine doivent relever le défi d'aborder son paradoxe même : son omniprésence et son immatérialité.

L'un des foyers originaux de la culture pré-numérique en architecture se situe dans le travail de Peter Eisenman : en s'appuyant sur une somme théorique élaborée, il abordait le projet architectural à travers un pro-

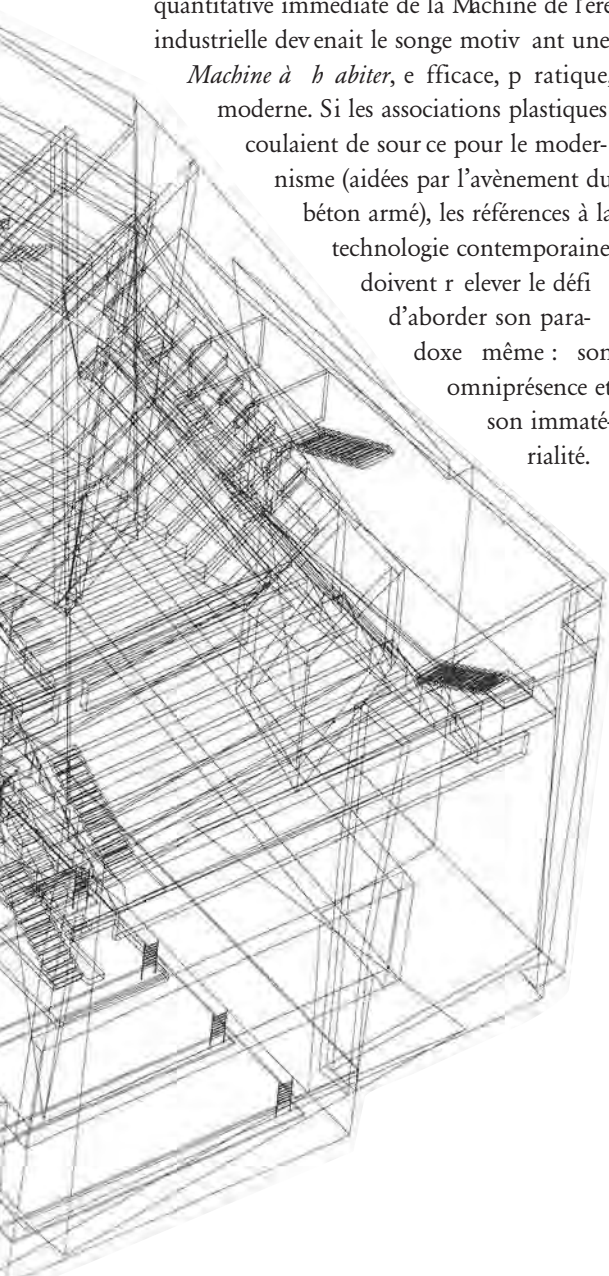
L'évolution de l'esthétique numérique suit également et invariablement les capacités intrinsèques des logiciels.

cessus que l'on pourrait qualifier de séquentiel. Ses démarches automatisaient une série de décisions (transposition de trames, décalages selon les trois axes, homothéties...) donnant naissance à des enveloppes aux géométries séquentielles « déconstruites », restées manuelles jusqu'à l'introduction du logiciel Form Z, qui allait inaugurer la transition entre pratique traditionnelle et numérique. Le projet du Centre artistique de l'université d'Emory à Atlanta (1991) a peut-être matérialisé pour la première fois ce rapprochement. Cette méthode de processus (*process based*) caractérise encore à bien des égards tout un pan de la culture numérique en architecture, à savoir la recherche d'une objectivité techno-conceptuelle reposant sur l'usage de diagrammes, d'algorithmes ou de scripts. Chez Eisenman, les critères programmant ces commandes restaient absolument poétiques puisqu'il ne s'agissait pas d'utiliser l'ordinateur pour une modélisation contrôlée mais de voir la forme architecturale naître par le biais d'un ensemble d'automatismes. Il faudra attendre la fin des années 1990 pour voir l'émergence de

paramètres organisationnels plus pertinents, comme les flux piétons, automobiles, programmatiques.

Mais l'évolution de l'esthétique numérique suit également et invariablement les capacités intrinsèques des logiciels de modélisation. Des premières surfaces transparentes à l'usage du script aujourd'hui : chaque méthode de modélisation combinée à la sensibilité du moment a pu donner naissance à une typologie formelle bien distincte. L'exemple du terminal portuaire de Yokohama (FOA, 1995) contraste avec le stade olympique de Pékin (Herzog & de Meuron, 2003) : l'un cherchait à cristalliser la nature diffuse et topographique de l'espace numérique, l'autre à inaugurer (dix ans plus tard) une nouvelle culture tectonique. Si le premier voyait dans sa réalisation une dilution de son ambition initiale, le second parvenait – en se préoccupant très tôt de sa matérialité – à offrir un bâtiment dont la perception de l'échelle était renversée par un brouillage des codes traditionnels, tout en offrant un objet familier.

En cooptant les outils de la société d'information, il devenait possible pour les architectes d'aller chercher au-delà du champ d'exercice classique des éléments auxquels identifier une démarche avant-gardiste, au même titre que le Mouvement moderne avait trouvé dans l'ère machiniste naissante du début du XX^e siècle une iconographie à laquelle s'associer. Mais ce rapprochement repose sur une ambiguïté : si la technologie, dans un premier temps, permet à l'homme de s'affranchir des contraintes de son environnement naturel (association progressive), l'architecture numérique revêtirait alors à son tour une aura d'amélioration sociale. Or l'association au monde de la machine (aile d'avion hier, logiciel d'animation aujourd'hui) est restée, au début, une association formelle et non fonctionnelle ou performative. Ainsi, ce n'est que depuis le début des années 2000 qu'il est possible d'observer des logiques opératives cherchant, à la fois dans la géométrie et les procédés de rationalisation, les bases d'une nouvelle architecture : par exemple, la médiathèque de Sendai, réalisée par Toyo Ito, proposait en 2001 une alternative à l'organisation espace/structure classique. ■



Simulation et matérialité



« Nouvelle cité », maquette conceptuelle pour un monde virtuel, projet de Greg Lynn, Peter Frankfurt et Alex Mc Dowell pour l'exposition « Autres odyssées de l'espace » présentée l'année dernière au CCA.



Projet de bâtiment pour un parc à thème imaginé par Sarah Heame sous la direction de Greg Lynn et Walt Disney Imagineering, 2010. UCLA suprastudio.

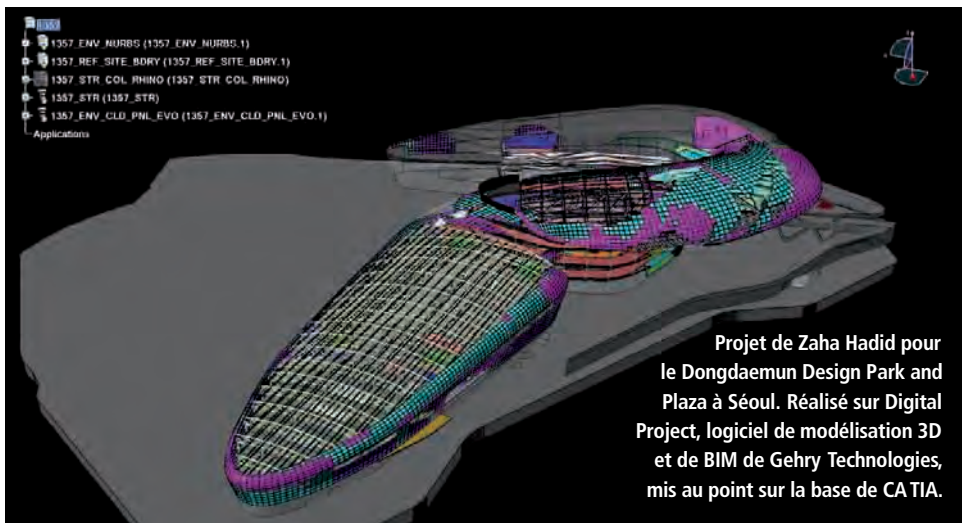
Dans un premier temps, et confondant sans doute l'outil avec l'objectif, la conviction est apparue que la modélisation virtuelle était une métaphore de matérialité suffisamment crédible pour abandonner toute réflexion de faisabilité afin de rester concentré sur la production d'images. Les premiers « blobs », en offrant une vision spatiale exclusivement éthérée, installaient une culture architecturale limitée, à savoir l'exclusion de toute préoccupation matérielle et constructive afin de ne pas fragiliser la radicalité (souvent autoprôclamée) de la proposition numérique. La séduction de l'image digitale devenait difficile à transcrire dans le monde réel : elle perdait instantanément toute qualité de légèreté dès lors qu'elle cherchait une solution constructive.

Le long processus de transformation du projet de concours pour le terminal portuaire de Yokohama en solution constructive illustre bien le phénomène de cette première génération de projets, au même titre que le projet de l'église coréenne de Brooklyn par Greg Lynn (ancien collaborateur de Peter Eisenman), Michael M. Sorkin et Douglas Garofalo. Mais tout comme les allégories spatiales de prisons imaginaires de Piranesi, l'imagerie numérique en architecture ouvrait ces premières années un champ de possibilités et établissait un domaine de définition du nouveau médium, rendant la déclaration de Marshall McLuhan plus que jamais pertinente : « *The medium is the message.* »

Aujourd'hui, les démarches s'inscrivent dans la plupart des cas dans une culture constructive plus rigoureuse. Ainsi, et comme nous le verrons plus loin, la recherche d'une expression structurelle est devenue depuis plusieurs années un leitmotiv central. La convergence des outils de conception et de calculs, la numérisation d'une partie de la chaîne de fabrication ont autorisé peu à peu des possibilités constructives nouvelles et rentables, inaugurant ces dernières années une transition entre une architecture de surface et une expression tectonique du projet numérique. Par ailleurs, l'avènement du prototypage rapide et la baisse de son coût ont indéniablement poussé la production numérique vers une certaine matérialité. D'apparence anodine, la fabrication automatisée de maquettes

physiques a exercé une influence significative sur le processus créatif numérique, l'orientant à intégrer davantage les contraintes physiques.

La pratique numérique révolutionne notre culture matérielle en cela qu'elle bouleverse jusqu'à notre intuition constructive. La diffusion et la sophistication des logiciels de calculs par éléments finis, combinées au développement du script, permettent d'étudier un nombre impressionnant de solutions dans un délai très réduit. L'avènement des logiciels BIM (Building Information Model), qui autorisent un partage de données en temps réel sur un même modèle informatique, des logiciels de modélisation et de calculs intégrés comme CATIA ou Digital Project, permettent non seulement un échange d'un type nouveau



Projet de Zaha Hadid pour le Dongdaemun Design Park and Plaza à Séoul. Réalisé sur Digital Project, logiciel de modélisation 3D et de BIM de Gehry Technologies, mis au point sur la base de CATIA.

La recherche d'une expression structurelle est devenue un leitmotiv central.

entre architectes et ingénieurs, mais ils rendent également possibles la gestion et la rationalisation de géométries extrêmement complexes.

Ce souci de matérialité s'inscrit aujourd'hui au cœur des préoccupations écologiques. Et là aussi une certaine ambiguïté existe entre l'usage des machines comme outils de précision, capables d'offrir des solutions de traitement d'air, d'économies de matériaux, et le fait qu'elles proposent des métaphores (ornementales ou structurelles) de nature, illustrées par la multitude des projets au caractère néo-végétal. S'agissant davantage d'une volonté stylistique associative que d'une démarche à proprement parler écologique, le recours à la thématique aléatoire et végétale couvre un large éventail : du simple artifice décoratif de façade à la recherche d'une science structurelle évolutive.

Mais pour certains, l'intégration des outils de conception numérique a posé les bases d'un intérêt renouvelé pour l'expression de la structure. L'expression de la structure (c'est-à-dire la volonté de voir la structure participer à l'intention architecturale et à sa définition) revêt aujourd'hui une opportunité architecturale nouvelle. Symbole de ce renouvellement, la personne de l'ingénieur s'est trouvée sous un nouvel éclairage (médiatique), comme l'a illustré la notoriété récente de Cecil Balmond. L'ère numérique en architecture semble, en surface au moins, proposer une relation nouvelle entre architecte et ingénieur par l'intermédiaire d'outils communs. ■

Structure, performance et complexité

Reprenant l'essence du rapport homme/outil, la notion de performance n'est pas aujourd'hui séparable de la culture numérique en architecture. De même que la représentation, celle-ci est apparue dans un premier temps comme un succédané de démarche scientifique lorsqu'il s'est agi de trouver une place pour l'ordinateur au-delà d'un simple outil de modélisation. En cherchant une phénoménologie propre au projet numérique dématérialisé, l'aspect performatif proposait une alternative de sens, tout comme les projets d'Archigram ont cherché à mettre en avant ce que l'architecture pouvait accomplir, et donc signifier.

L'usage de l'ordinateur repose invariablement sur l'idée d'une amélioration des performances matérielles et sensibles de l'architecture. Pour les projets conçus entièrement en 3D (la tour Phare de Morphosis), le processus de rationalisation classique entre phase initiale et phase de construction ne passe plus exclusivement par le regard du chef de projet sur un ensemble de documents 2D, mais par un processus semblable à la conception automobile. Toutes les contraintes (structurelles, thermiques, acoustiques, d'orientation, de flux utilitateurs, de réseaux, d'éclairage...) sont traitées, analysées et extraites d'un même modèle informatique ; on ne dessine plus en 2D, on extrait les plans et coupes du modèle 3D. Le BET structure ne renvoie plus un dossier de dimensionnement et croquis de détails, il met directement à jour le modèle BIM. Un croquis tridimensionnel d'une grande complexité peut être rapidement validé et autorise des explorations formelles plus poussées.

L'émergence d'une forme nouvelle de performance structurelle typifie le projet numérique. Autrefois d'ordre linéaire et répétitif, la culture structurelle récente non seulement reflète la capacité de comprendre les mouvements de charges d'un bâtiment de manière plus précise et de proposer ainsi des alternatives aux trames classiques « poteaux-poutres », mais elle illustre aussi l'orientation sensible vers des

systèmes d'organisation nouveaux, aléatoires et complexes en apparence. C'est en partant du postulat d'une absence totale de contraintes techniques, culturelles et historiques que le projet numérique a également inauguré une crise de l'échelle tectonique, une dilution entre objet et architecture, entre usage et forme.

Débarassé des références classiques, un expressionnisme structurel s'est imposé, parfois dans l'espoir de voir naître de nouvelles typologies et parfois pour tendre vers la virtuosité, métaphore de complexité. Mais cette complexité structurelle est aussi à l'image véritable d'un environnement de sophistication technologique où les notions de hiérarchies classiques n'ont plus cours. Ce bouleversement dans la notion d'ordre tectonique inaugure une inversion du paradigme forme-structure, pour voir la première commander à la seconde, tout en faisant corps ensemble. Ce retour de la structure en façade (le modernisme lui avait demandé de reculer derrière la peau) instaure aussi une démarche inhérente à la culture numérique : un ornementalisme structurel.

Notre intuition structurelle, fruit d'une évolution linéaire et lente, est remise en cause par la convergence des moyens mis à la disposition de l'industrie du bâtiment. L'iconographie structurelle des années 1980 menée par les architectes du high-tech renvoyait uniformément à une décomposition claire et quasi didactique du comportement physique (l'usage de câbles pour les parties en traction, de tubes acier profilés pour les parties en compression). Aujourd'hui, l'indéniable goût pour l'aléatoire (par ailleurs fruit marginal du balancier des styles) reflète le transfert d'intérêt depuis la biologie ou la neurologie. Il s'est exprimé dans une multitude de projets aux démarques plus ou moins rigoureuses du point de vue structurel, mais lorsque la volonté s'est manifestée de faire activement participer la structure à l'identité du projet, les résultats ont été remarquables, donnant le jour à une poésie spatiale unique. ■



Ornement et signification

OMA (R. Koolhaas + F. Donis), projet pour l'aéroport international de Djeddah, Arabie Saoudite, 2005. La référence explicite à l'architecture arabe traditionnelle montre que l'ornement contemporain relève encore d'une dimension symbolique.

L'essor des technologies numériques a été fréquemment associé à un « retour de l'ornement ». L'ordinateur permet en effet de définir et de jouer avec des associations de motifs, de textures et de couleurs qui possèdent un caractère fortement ornemental. Ces jeux distinguent aujourd'hui des pratiques architecturales aussi différentes que celles de Herzog & de Meuron, Farshid Moussavi ou encore Lars Spuybroek.

La notion de retour tend toutefois à éclipser l'existence de différences fondamentales entre la tradition ornementale héritée de la Renaissance et ce qu'on appelle ornement aujourd'hui. L'ornement traditionnel était d'abord localisé en certains points de la façade dont il venait souligner les articulations principales. L'ornement constituait très littéralement une sorte d'addition susceptible d'être retranchée, si nécessaire, du corps de l'édifice. Il obéissait du même coup à cette logique du « supplément » admirablement analysée par le philosophe Jacques Derrida dans certains écrits comme *La Dissémination*. C'est dans la mesure où il semblait posséder une certaine gratuité que l'ornement se révélait en effet essentiel, à la façon d'une parure venant révéler, mieux encore que les linéaments de la construction, la portée profonde de l'édifice. L'ornement se confondait du même coup avec une sorte d'apparaître de l'architecture, comme si par son intermédiaire la construction acquérait un visage. Il renvoyait de surcroît à un ensemble de significations allant de l'analogie entre le vocabulaire des ordres et les parties du corps humain aux divers registres d'une symbolique empruntant

aussi bien à l'Antiquité gréco-romaine qu'à des motifs plus modernes, européens et extra-européens, de l'iconographie chrétienne aux « chinoïseries » des Lumières et du XIX^e siècle. Dans de nombreux projets contemporains, l'ornement – ou ce qui en tient lieu – semble s'être affranchi définitivement de cet ensemble de déterminations. Au lieu d'être localisé, il tend tout d'abord à couvrir des pans entiers, voire la totalité, de la façade. Les spirales du magasin *John Lewis* de Leicester, conçu par Farshid Moussavi et Alejandro Zaera Polo, se déploient ainsi sur l'ensemble du bâtiment. Dans certains cas, c'est la paroi elle-même, par son animation générale, sa texture et sa couleur, qui peut s'assimiler à une sorte d'ornement géant. C'est par exemple le cas de la façade de la maison Folie de Lars Spuybroek à Lille. La dialectique du supplément, qui devient essentiel dans la mesure où il est possible d'imaginer que l'on puisse s'en passer, se trouve du même coup mise à mal. L'ornement n'est plus gratuit mais nécessaire, à la façon d'un principe ordonnateur parfois plus puissant que la structure elle-même. Dans certains cas extrêmes, on peut aller

jusqu'à se demander si la structure ne tend pas à devenir ornementale. La question se pose ainsi à propos de la structure conçue par l'ingénieur Cecil Balmond pour le stade olympique de Pékin de Herzog & de Meuron.

La rupture peut-être la plus troublante concerne le refus de nombreux concepteurs d'attribuer à l'ornement une quelconque signification, refus théorisé par Farshid Moussavi et Michael Kubo dans leur livre paru en 2006, *The Function of Ornament*, la fonction de l'ornement. Pour les tenants de cette position, il s'agit de ne pas retomber dans les errements du Postmodernisme, dans la recherche d'une signification qui serait extérieure au projet d'architecture considéré en lui-même. Au lieu d'emprunter des fragments d'ordonnance à l'histoire, ou encore à la culture populaire, ces architectes veulent produire des émotions strictement architecturales. Il entre à coup sûr une part d'utopie dans un tel projet et il est frappant de constater que l'évacuation des références extérieures n'est jamais totale. Le projet de terminal de l'Office for Metropolitan Architecture pour



Maison Folie (2004). Ancienne filature du quartier de Wazemmes à Lille, réhabilitée par Lars Spuybroek-Nox Architects.

La ville numérique

le nouvel aéroport de Djeddah en Arabie Saoudite de 2007 évoque irrésistiblement l'architecture arabe traditionnelle. Tout se passe comme si le symbolique revenait dans de nombreux projets emblématiques de l'architecture numérique contemporaine, à la façon d'une sorte de refoulé freudien.

À l'ère numérique, l'ornement n'en est pas moins porteur de nouvelles attentes comme le désir de conférer à l'architecture une dimension tactile, ainsi qu'un caractère ryth-

L'ornement n'est
plus gratuit
mais nécessaire,
tel un principe
ordonnateur par-
fois plus puissant
que la structure
elle-même.

mique, quelque peu hypnotique, qui n'est pas sans évoquer l'art cinétique et optique des années 1950-1960. Chez les plus théoriciens des architectes numériques, cette quête renvoie au projet de brouiller la distinction entre le sujet qui regarde et l'objet qui est observé, comme si sujet et objet architectural étaient appelés à se rencontrer au sein d'un continuum spatial et sensoriel. La philosophie de Gilles Deleuze se voit fréquemment invoquée à ce propos. Par-delà cette référence philosophique, l'architecture tente probablement de répondre aux nouvelles attentes d'une société où flux d'informations et flots de sensations viennent remettre en cause toute une série de seuils et de limites. ■

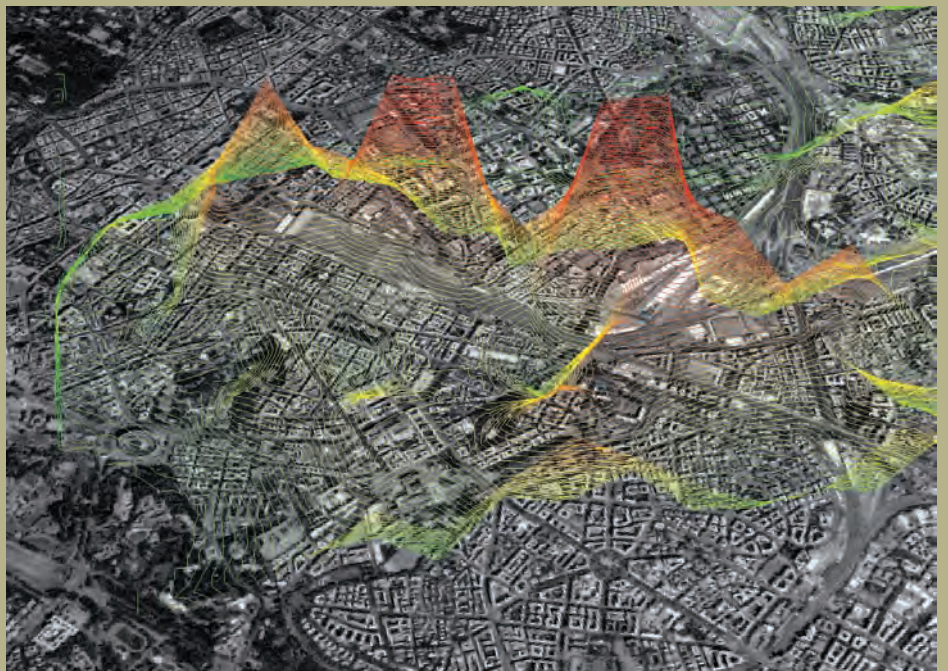
L'évolution récente de l'architecture doit être à présent replacée dans le cadre plus général des transformations de la ville sous l'effet du développement des technologies numériques. Pour autant, la notion de ville numérique demeure enrobée de flou. Les attentes les plus contradictoires se font jour à son propos : ville encore plus globale que les métropoles actuelles ou ville rendue à une certaine forme de vie locale, ville hypermoderne ou ville verte, ville qui se viderait d'une partie de sa substance physique au profit d'espaces électroniques ou ville des sensations. Il est sans doute trop tôt pour trancher définitivement, mais quelques évolutions peuvent d'ores et déjà être signalées en relation avec les questions architecturales.

La première tient à l'importance croissante prise par la dimension individuelle dans nos sociétés contemporaines. Des recommandations émises par des sites comme Amazon à la possibilité de se tailler sur mesure son itinéraire, la culture numérique vient renforcer cette dimension individuelle. La cartographie urbaine elle-même s'en fait l'écho. Fondées sur les données de géolocalisation fournies par l'utilisation des téléphones portables, les cartes dyna-

miques produites par l'équipe SENSEable du Massachusetts Institute of Technology permettent de visualiser la mobilité des individus dans les villes.

La dimension individuelle rencontre les questions architecturales sur au moins deux plans. Le premier tient à l'importance croissante des pratiques de surveillance et de contrôle. L'essor des technologies de l'information et de la communication coïncide avec une montée en puissance de ces pratiques qui interpelle l'architecture, ne serait-ce qu'en raison de la tentation d'imaginer les nouveaux panoptiques de l'ère numérique. Mais la rencontre avec la dimension individuelle de la vie urbaine contemporaine s'est plutôt opérée pour l'instant sur un autre plan, celui de l'importance prise par la recherche de la sensation et de l'émotion. Le caractère très tactile de l'ornement numérique renvoie clairement au projet de s'adresser aux sens des individus en recherchant, on l'a vu, une continuité d'un nouveau type entre sujet et objet architectural. À cet égard, il n'est pas fortuit que les restaurants et les boutiques de luxe constituent des lieux d'expérimentation privilégiés pour les concepteurs numériques. ...

Activité et intensité des téléphones cellulaires pendant le concert de Madonna au stade olympique de Rome en 2008, à trois kilomètres du Vatican. © SENSEable City Laboratory.



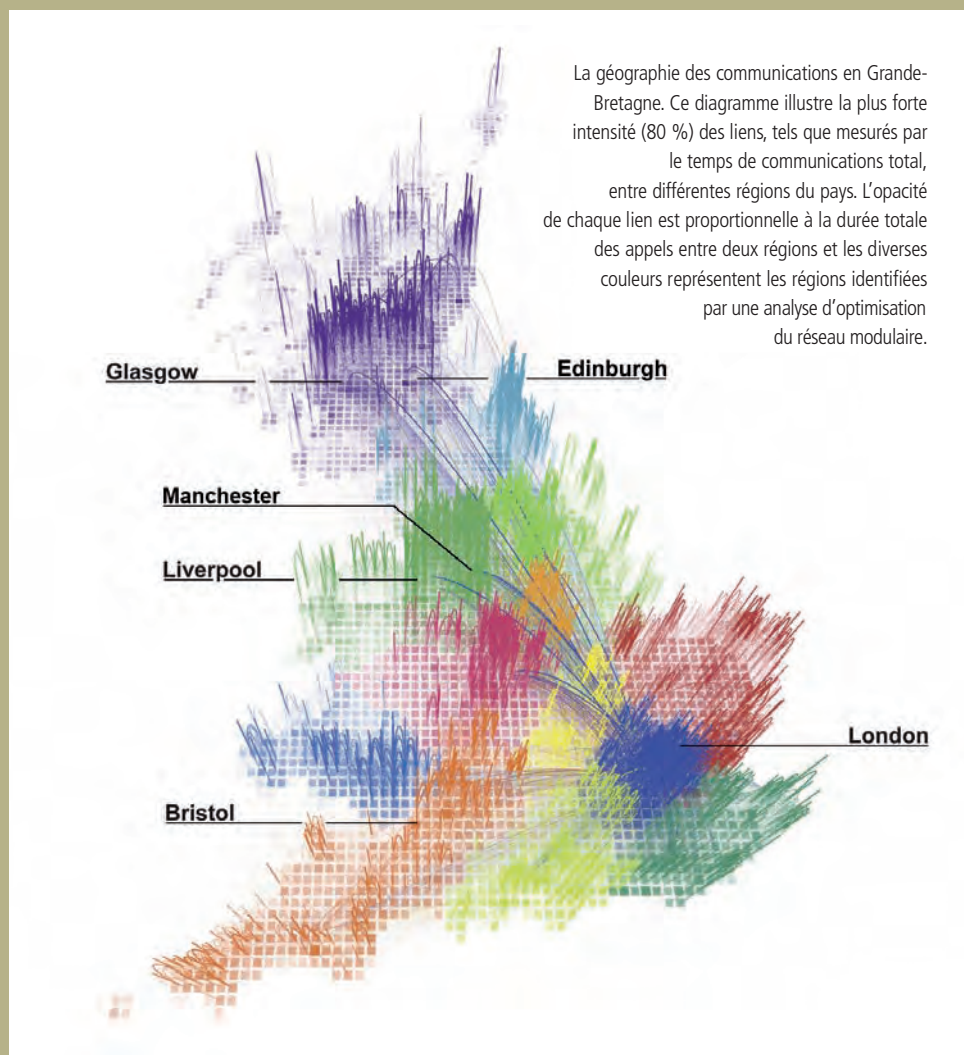
... L'hybridation croissante entre espaces physiques et électroniques constitue une deuxième évolution de fond. Nous vivons de plus en plus au sein d'une réalité augmentée qui diffère à la fois des espaces traditionnels et du monde immatériel dont avaient rêvé certains pionniers du numérique. En même temps qu'il participe de l'importance prise par les sensations individuelles, le développement d'interfaces de plus en plus intuitives comme les écrans tactiles des nouveaux téléphones intelligents contribue à cette hybridation des mondes physiques et électroniques. Celle-ci représente à la fois un défi et une opportunité pour l'architecture. L'une de ses tâches pourrait bien consister à l'avenir à gérer cette hybridation. La voie la plus fréquemment explorée – multiplier les écrans électroniques – constitue néanmoins une réponse simpliste, tout comme la volonté de s'ouvrir sans retenue aux flux électroniques. Le développement de la réalité augmentée

devrait passer par des réflexions plus poussées concernant, par exemple, l'articulation entre distribution physique de l'espace et distances numériques plus ou moins grandes, ou encore sur la nécessité d'introduire des gradations entre le tout connecté et l'absence totale de connexion. En d'autres termes, l'architecture devra sans doute apprendre à raisonner à la fois en termes de distribution physique et d'accessibilité électronique, en jouant sur des effets de proximité et d'éloignement, de transparence et d'opacité qui appartiennent aux deux mondes.

L'essor de la culture numérique est enfin inséparable d'une montée en puissance d'une pensée plus événementielle qu'autrefois. Sur les écrans d'ordinateurs, ce sont des événements qui s'affichent en priorité, et cet affichage contamine notre perception de la ville. Des embouteillages aux caprices de la météorologie, des rythmes journaliers

aux grandes manifestations culturelles ou sportives, le numérique révèle, accompagne et intensifie le caractère événementiel de la vie urbaine contemporaine. L'architecture participe d'ores et déjà à cette évolution en venant donner forme à une pensée de la ville fondée sur une approche en termes de récits et de scénarios. L'« effet Guggenheim » visé par tant de projets phare d'aujourd'hui renvoie à cette participation aux récits et aux stratégies urbaines. Mais il reste à s'interroger, en retrait de ce type de projet, sur ce que devrait être une architecture plus ouverte qu'autrefois aux rythmes et aux événements de la ville. L'approche « performative » qu'explorent certains concepteurs d'aujourd'hui et qui consiste au fond à considérer l'architecture comme une forme d'action, au lieu de l'envisager sous le seul angle de la conception d'objets, constitue l'une des pistes possibles pour répondre à cette interrogation. ■

Le numérique
révèle,
accompagne
et intensifie
le caractère
événementiel
de la vie urbaine
contemporaine.



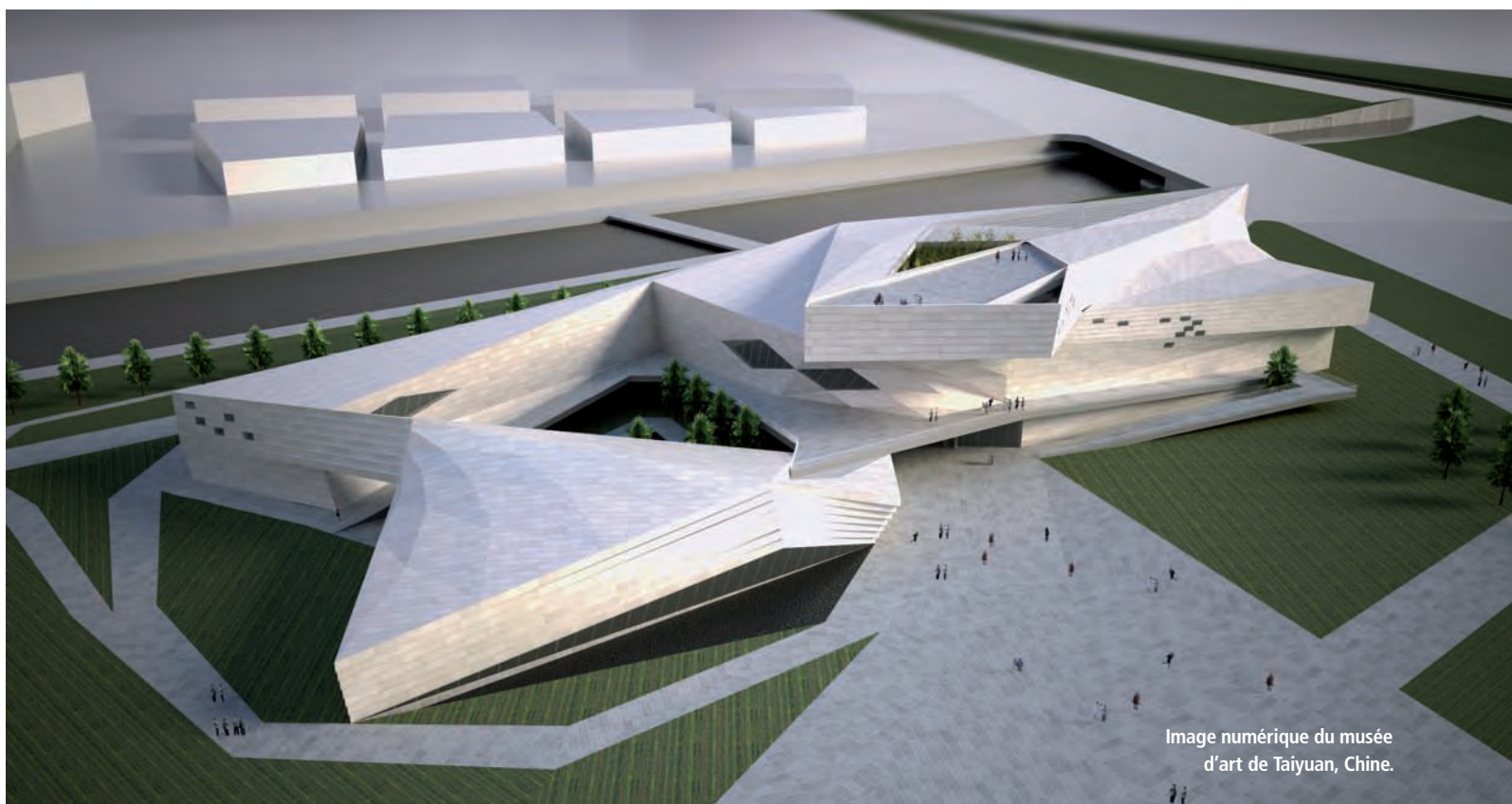


Image numérique du musée d'art de Taiyuan, Chine.

« L'alliance du contrôle et de l'imprévisibilité »

Entretien avec l'architecte américain Preston Scott Cohen

Après s'être fait connaître par des projets théoriques faisant un usage intensif de la géométrie projective, l'architecte Preston Scott Cohen s'est vu confier toute une série de projets culturels importants, du musée d'Art de Tel-Aviv au Performing Arts Center de Nankin, en Chine. Cet essor s'est accompagné de l'introduction de l'ordinateur que l'architecte considère comme un moyen d'étendre la gamme de ses investigations géométriques.

ANTOINE PICON : EN QUOI L'ORDINATEUR A-T-IL MODIFIÉ VOTRE PRATIQUE ?

Preston Scott Cohen : La capacité de l'ordinateur à produire des formes à la fois rigoureusement définies, contrôlées de près et imprévisibles, a donné une impulsion nouvelle aux recherches fondées sur la géométrie projective que j'avais entamées depuis longtemps. L'ordinateur permet d'étendre de manière spectaculaire le registre des formes produites par cette géométrie. Il vient en intensifiant les enjeux à la fois théoriques et pratiques.

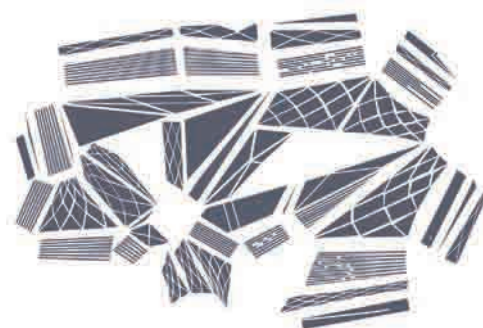
AP : L'IMPRÉVISIBILITÉ POSSÈDE-T-ELLE POUR VOUS UNE VALEUR POSITIVE ?

PSC : J'ai dit que les règles et le contrôle étaient essentiels. Mais j'ai insisté sur l'alliance du contrôle et de l'imprévisibilité. Ce que je veux dire, c'est que la géométrie représente un moyen de découvrir des formes que l'on ne peut ni anticiper ni imaginer à l'avance, mais qui sont néanmoins produites au moyen de règles, comme par exemple les lignes courbes obtenues à l'intersection de surfaces complexes. La possibilité de permuter ces intersections et de les contrôler à l'aide de tangences spécifiques m'intéresse énormément. Effectivement, l'imprévisibilité en tant que telle m'intéresse beaucoup moins. Ce sont la lutte contre le hasard, le combat que requiert toute détermination géométrique, l'obstination à forcer les surfaces à se comporter comme on le souhaite qui me motivent. La géométrie est bien entendu dépendante d'axiomes contre lesquels on ne saurait aller. Mais on peut faire entrer les entités géométriques dans des relations qui définissent les

formes d'une façon particulière, produisant des rapports d'imbrication complexes entre les parties et le tout.

AP : QUELLE EST VOTRE POSITION À L'ÉGARD DE CE QU'ON QUALIFIE FRÉQUEMMENT DE « RETOUR DE L'ORNEMENT » ? LA CONCEPTION PARAMÉTRIQUE NE PEUT-ELLE PAS AMENER À FAIRE DE LA FORME QUELQUE CHOSE D'ORNEMENTAL ?

PSC : En fait, je ne suis pas vraiment intéressé par la question de l'ornement. Pas du tout. Ce qui m'intrigue, c'est le comportement des formes, des figures à la fois ...



Musée d'art de Taiyuan. Décomposition à plat des panneaux de façade.



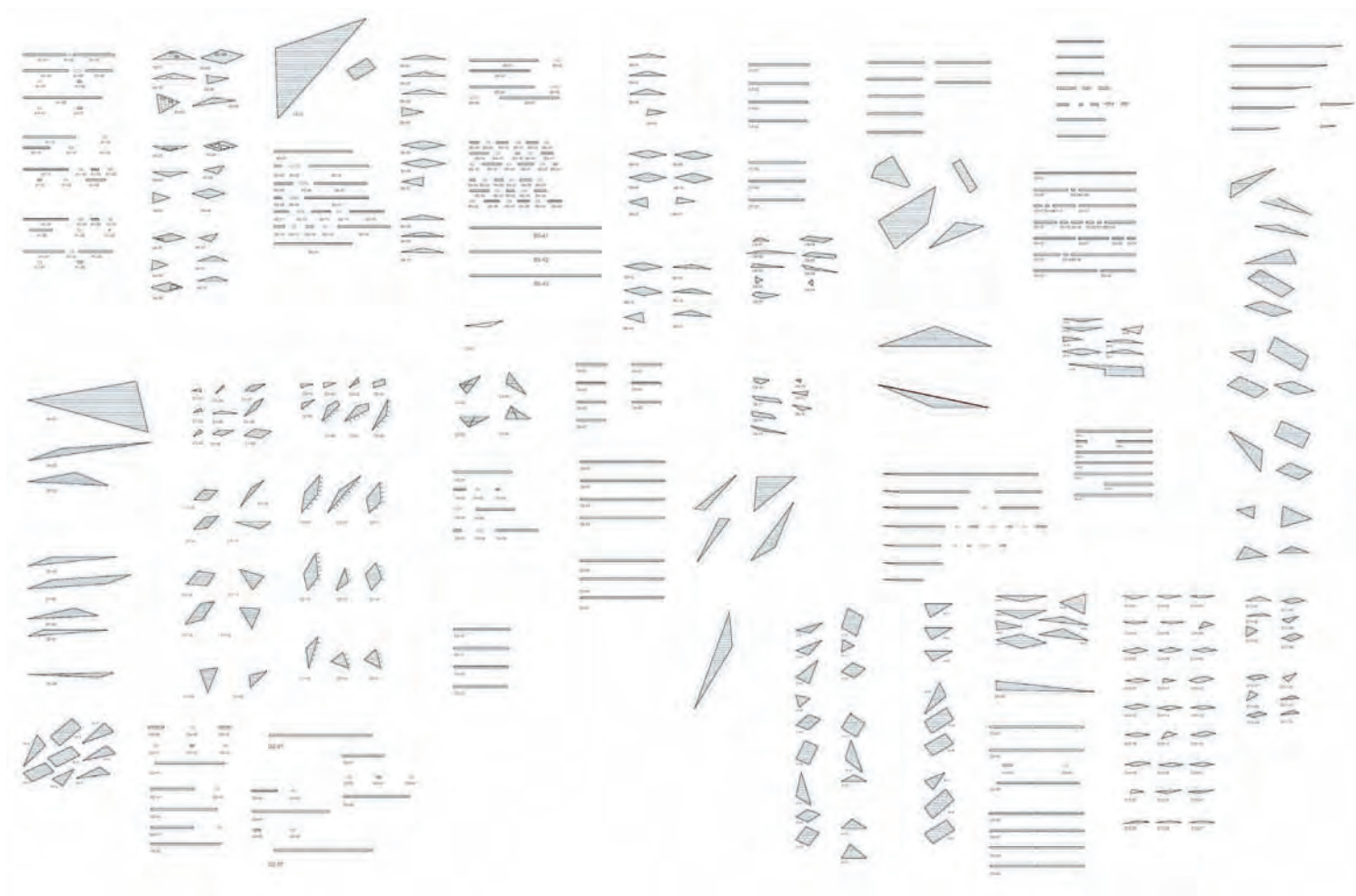
« Ce qui
m'intrigue, c'est
le comportement
des formes,
des figures
à la fois belles
et difficiles... »

... belles et difficiles – et aussi la synthèse entre ces figures et des types architecturaux qui sont porteurs de contraintes, se traduisant en termes de proportions, de relations entre les volumes et de séquences spatiales.

Si j'ai fini par recourir à des motifs géométriques comme les facettes quadrangulaires des façades du musée de Tel-Aviv, c'est pour des raisons très différentes de celles que vous invoquez à travers la question ornementale. Ces motifs géométriques représentent un moyen de résoudre différents problèmes : par exemple la nécessité de traduire des surfaces courbes en unités planes susceptibles d'être construites d'une certaine façon.

Bien sûr, je m'intéresse également à la façon dont les contraintes de la géométrie, celles de la construction et de l'économie débouchent sur une synthèse entre la courbure et d'un parabolioïde hyperbolique et une certaine condition oblique. La tension entre la courbure implicite et l'obliquité me semble une idée puissante, d'une fécondité inépuisable. L'impression de rugosité inhérente à la traduction de courbes en segments de lignes

droites constitue une source de tension. Et par-delà cette tension, j'apprécie la façon dont la tectonique se marie avec un principe proche de l'anamorphose afin que le problème trouve une solution. La diminution progressive de la taille des facettes n'est pas seulement une conséquence du principe d'anamorphose. Elle obéit également à des considérations de mise en œuvre. Une multitude de motifs se rencontrent de la sorte. Si la synthèse de ces différents paramètres, si le but à atteindre et les effets produits en l'atteignant ont quelque chose d'ornemental, au sens où ils donnent à avoir un ordre profond qui resterait caché autrement, alors je suppose qu'on peut qualifier une telle démarche d'ornementale. Mais l'objectif premier reste l'organisation générale du bâtiment, les parcours, les anamorphoses qui les accélèrent ou les ralentissent. La conception paramétrique, c'est encore autre chose. Elle permet un recalibrage continu et en quelque sorte élastique de toutes les relations qui définissent la forme et assurent sa cohérence.



AP : VOUS VENEZ D'ÉVOQUER L'EXISTENCE D'UN ORDRE CACHÉ. DE QUELLE NATURE EST-IL, MATHÉMATIQUE OU PROGRAMMATIQUE, LIÉ À LA GÉOMÉTRIE OU À CE QUE VOUS APPELEZ LE TYPE ?

PSC : Aux deux, bien évidemment, à la synthèse entre l'art et la vie. L'art naît de la tension entre la géométrie et la typologie, de la dialectique entre la dissonance et l'harmonie. Mais il y a probablement quelque chose d'autre dans l'affaire. Il y a le désir de faire des bâtiments qui repoussent un peu les limites imposées par leur programme, sans pour autant tomber dans une reformulation critiquable du programme, reformulation qui serait dictée par l'égo de l'architecte et son désir de faire preuve d'une virtuosité absolue.

Ordre visible/ordre caché : cela a aussi à voir avec la façon dont la synthèse des contraintes doit apparaître, à la fois comme le résultat de déterminations sociales générales et comme un tour de force qui se révèle au terme d'un examen architectural et géométrique plus approfondi. ■

< Musée d'art de Taiyuan. Nomenclature des éléments de façade.

> En haut : musée d'art de Tel-Aviv. Vue informatique de la rampe centrale.

Ci-contre : musée d'art de Taiyuan. Panélisation de la façade.



© Photos DR

« La tension
entre la courbure
implicite
et l'obliquité me
semble une idée
puissante,
d'une fécondité
inépuisable. »



>

La tour Phare de Morphosis à la Défense

Les points de vue du maître d'ouvrage et du chef de projet

■ ENTRETIEN AVEC ANTOINE HABILLAT, UNIBAIL-RODAMCO

En tant que directeur du pôle Développement bureaux France, Antoine Habillat a suivi de près les étapes constitutives de la tour Phare depuis le lancement du concours. Il reste impliqué dans les phases de développement du projet lauréat, celui de l'agence californienne Morphosis menée par Thom Mayne.

ALIREZA RAZAVI : LE PROJET LAURÉAT DE MORPHOSIS POUR LA TOUR PHARE TIENT UNE PLACE À PART DANS LA TYPOLOGIE FORMELLE ET STRUCTURELLE DES TOURS. POURRIEZ-VOUS NOUS EN BROSSER LES GRANDES LIGNES ET NOUS DIRE COMMENT IL A SÉDUIT LE JURY ?

Antoine Habillat : Ce bâtiment se distingue par une géométrie d'enveloppe organique et une structure en homothétie directe avec la peau externe. À près de 300 mètres de hauteur, il relève un grand défi technique, sa conception et sa réalisation reposant entièrement sur un usage poussé d'outils numériques. Mais il inaugure aussi une nouvelle phase dans la typologie des tours en proposant une forme qui n'est ni entièrement une extrusion, ni une variation répétitive. Cette géométrie, rendue possible par l'usage d'outils de modélisation, apporte une perception de complexité apparue, qu'il s'agit ensuite de comprendre, de décomposer et de rationaliser en vue de la construction. Il n'existe pas, à ce niveau de complexité, beaucoup de références de projets construits faisant un usage intégré et homogénéisé entre les différents interlocuteurs du bâtiment. Trouver une plateforme commune et compatible a été notre première étape.

« Le numérique ne doit pas devenir un “pousse au crime”. »



Façade sud de la tour Phare.
Rendu : L'Autre Image.

AR : LA NOUVEAUTÉ GÉOMÉTRIQUE A JOUÉ EN SA FAVEUR. MAIS A-T-IL ÉTÉ POUR VOUS, MAÎTRE D'OUVRAGE, UNE SOURCE D'HÉSITATION FACE À LA NÉCESSITÉ DE S'ENGAGER DANS UN PROJET DONT LA CONSTRUCTION N'ÉTAIT PAS ÉVIDENTE ?

AH : Nous nous étions assurés, en amont du projet, une compétence technique poussée avec la présence à nos côtés de Setec TPI, afin d'être en mesure de comprendre la faisabilité des différents projets soumis, dès la phase concours. Cette compétence nous a assuré une certaine sérénité dans nos choix, en évitant de voir dans une géométrie complexe un frein ou une fascination. Nous avons beaucoup échangé avec la Fondation Louis-Vuitton (puisque'il s'agit de deux architectes californiens et de projets relevant d'un vocabulaire posant des défis similaires) afin de comprendre quelle serait la meilleure façon de rapprocher la culture constructive française et un certain mode

opératoire américain. L'une des difficultés a été de trouver une parfaite compatibilité entre les différentes plateformes de modélisation et de calculs car il n'existe pas à ce jour une synthèse éprouvée et diffusée dans les entreprises. Mais pour ce projet et pour bien d'autres, les intérêts du numérique restent évidents. Des possibilités de visualisation aux nombreuses étapes de rationalisation des parties constitutives, en passant par le travail sur un modèle 3D unique pour tous les intervenants du projet (structure, thermique, fluide, flux piétons, éclairage...) : la culture numérique autorise non seulement la compréhension du projet mais également sa dédramatisation, sa démystification. Rappelons que nos outils traditionnels ne sont pas adaptés pour la mise en œuvre d'un tel projet.

AR : QUEL EST VOTRE SENTIMENT EN TANT QUE MAÎTRE D'OUVRAGE SUR L'IMPACT DU NUMÉRIQUE DANS LA CULTURE ET

LA CONCEPTION ARCHITECTURALE ? L'OUTIL PROCURE-T-IL UNE LIBERTÉ NOUVELLE ET, SE FAISANT, CONFINÉ-T-IL LA CRÉATION DANS UN CHAMP DÉTERMINÉ ?

AH : J'ai personnellement posé la question à Thom Mayne afin de comprendre s'il conservait une distance critique vis-à-vis des outils de conception (lui qui les utilise par personne interposée), si sa liberté créatrice lui venait de l'outil ou bien si celle-ci lui fournissait simplement un moyen d'expression plus pointu, sans entraver ses idées. L'expérience de Mayne, architecte de soixante-six ans, lui apporte la confiance nécessaire pour voir dans le numérique un formidable accessoire de conception sans perdre pour autant sa prérogative d'architecte, afin de rester maître du processus créatif dans une liberté qui caractérise son travail depuis toujours. Si le numérique a autorisé la naissance de la forme architecturale de la tour Phare, celle-ci n'en reste pas moins le fruit d'une maturation architecturale et d'une somme d'expériences propres à un architecte. Ces mêmes outils nous permettent de comprendre les vecteurs de complexité des projets, de modéliser la consommation du bâtiment, de lisser les surfaces afin de rationaliser les éléments de la peau, des brise-soleil, et bien sûr de mettre en œuvre un processus industriel rationnel qui puisse répondre à la chaîne critique de construction.

AR : L'ÉVOCATION D'UN PROJET À LA GÉOMÉTRIE COMPLEXE EST-ELLE SYNONYME POUR LE MAÎTRE D'OUVRAGE D'UN BUDGET DIFFICILE À CONTRÔLER ?

AH : Il existe indéniablement un « facteur peur » face au projet numérique, face à une 3D impressionnante qui voit bondir les estimatifs préliminaires. Mais en invitant les entreprises à entrer dans le détail du projet et en rappelant par ailleurs les concepteurs à rester dans une rigueur constructive, il est possible d'installer une confiance mutuelle pour voir les projets se caler au calendrier et aux budgets.

AR : EXISTE-T-IL UN RISQUE DE SURENCHÈRE FORMELLE DONT LE NUMÉRIQUE SERAIT LE VECTEUR ?

AH : Le numérique ne doit pas devenir un « pousse au crime ». Il ne peut pas devenir le guide unique de l'architecte ou représenter une expression unique. En ce qui concerne notre concours, nous avons clairement demandé aux équipes d'innover dans la forme architecturale, nous souhaitons qu'un projet significatif voie le jour car nous avons conscience que le quartier de la Défense était prêt à accueillir un bâtiment remarquable, du niveau du Cnité ou de l'Arche. ■

■ ENTRETIEN AVEC MATT GRADY, CHEF DE PROJET, AGENCE MORPHOSIS

L'architecte Matt Grady mène l'équipe de projet de la tour Phare depuis les bureaux parisiens de Morphosis. Il en a supervisé les phases de développement jusqu'à l'actuel dossier de consultation des entreprises en vue d'un démarrage du chantier en 2011. Il témoigne de la mobilisation d'un éventail d'outils importants, analogues et numériques, vers la rationalisation des géométries du projet, tout en respectant le caractère innovant du concours.

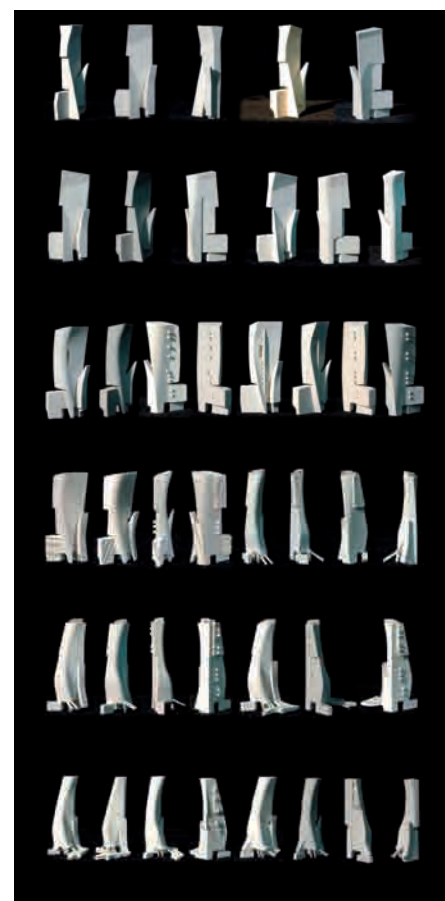
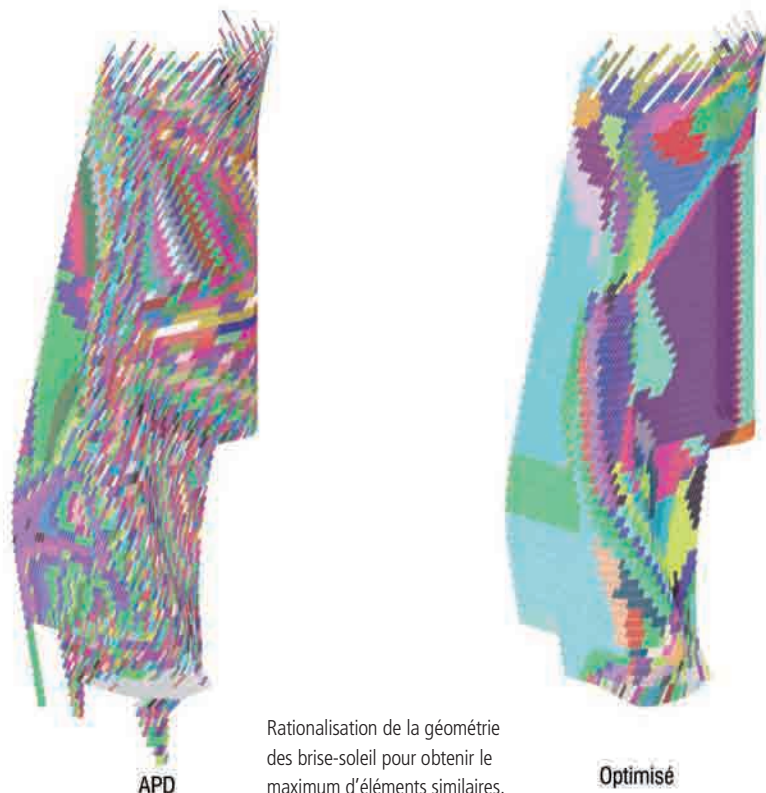
ALIREZA RAZAVI : LE PROJET DE LA TOUR PHARE A CELA DE PARTICULIER QU'IL A ÉTÉ EN GRANDE PARTIE CONÇU NUMÉRIQUEMENT. S'AGISSAIT-IL D'UNE VOLONTÉ D'ABORDER LE PROCESSUS CRÉATIF VIA LE FILTRE NUMÉRIQUE OU BIEN D'UN CHOIX PRATIQUE FACE À UN CAHIER DES CHARGES COMPLEXE ?

Matt Grady : En nous appuyant dès le départ sur l'outil numérique, nous voulions penser ce projet dans une totalité géométrique ; être toujours capable de le considérer dans l'ensemble de ses aspects plutôt que de se référer alternativement à des parties distinctes en plans, coupes et élévations. Les documents 2D sont ainsi extraits du modèle tridimensionnel afin d'apporter ponctuellement des réponses à des questions différentes de celles que posent les documents étudiés en 3D, cette démarche restant pour nous toujours complémentaire des autres outils traditionnels. Nous sommes convaincus que l'outil numérique offre des capacités que les méthodes classiques de visualisation et de modélisation ne possèdent pas, mais il permet surtout de pouvoir intégrer un nombre considérable de contraintes paramétrables. Rappelons que le cahier des charges imposait une série ...



Grand hall, partie de maquette en cours d'étude.

DR



... de règles très strictes à respecter ; le « lissage » de ces contraintes grâce au numérique est possible, mais quasi impossible avec les méthodes conventionnelles. Je pense ici plus particulièrement à l'identification des dimensions maximales d'écartement de panneaux brise-soleil, à l'optimisation et à la réduction du nombre de panneaux uniques ou bien à la panélisation des paramètres sur formes géométriques simplifiées.

AR : DANS QUELLE MESURE PEUT-ON DIRE QUE L'ENVELOPPE GÉOMÉTRIQUE DE LA TOUR EST UNE RÉSULTANTE D'UNE CULTURE NUMÉRIQUE DU PROJET ?

MG : Thom Mayne cherchait avant tout une réponse spécifique au site, à l'échelle non seulement de la Défense mais également de la ville de Paris. Si l'on regarde l'organisation de la tour dans le détail, il est possible de comprendre comment se mettent en place les différents éléments du bâtiment, en fonction d'abord d'une échelle immédiate (les voies ferrées au niveau inférieur, l'accès piétons, la hauteur des immeubles voisins, le couloir de vue imposé), puis de repères plus importants comme le Cnît, la Grande Arche, qui constituent des références géométriques fortes, auxquelles il souhaitait répondre.

La grande quantité de maquettes d'études

(rendue possible par le prototypage rapide) illustre bien cette volonté de chercher un lissage de tous ces paramètres dans notre proposition finale, plutôt que de se reposer sur une série de décisions arbitraires liées à l'usage de l'ordinateur. C'est donc davantage de la traduction d'un organigramme programmatique que la forme finale est née.

AR : IL ME SEMBLE QUE CE PROCESSUS SE POURSUIT AUJOURD'HUI AVEC LA RATIONALISATION DE LA STRUCTURE, DE L'ENVELOPPE, DES BRISE-SOLEIL...

MG : Oui, la forme actuelle est véritablement le fruit ou la conséquence des étapes de transformation et d'adaptation du projet au programme. Plus en amont en phase concours, la séquence de maquettes illustre parfaitement les évolutions du parti. Mais cette transformation de la forme pour aboutir au projet final répondait également à la prise en compte de contraintes physiques telles que l'orientation du soleil et la force du vent. Dans tous ces processus de transformation et d'évolution, notre capacité à paramétrer les éléments constitutifs du bâtiment a permis la recherche de solutions et de synthèses avec un degré de précision très élevé. Par exemple, l'identification des différentes géométries des panneaux brise-soleil, leur

« Il y a
une tendance
à sous-estimer
l'échelle ou à
perdre la percep-
tion de l'humain,
lorsque le travail
reste exclusivement
centré sur
la machine. »

> Angles de rotation
des menuiseries verticales
et horizontales.

< Ci-contre, à gauche : versions
de maquettes d'étude.



20 familles d'angles verticaux



16 familles d'angles horizontaux

« L'architecture
numérique
autorisant
une grande liberté,
l'autodiscipline
est vitale pour
ne pas perdre
sa crédibilité. »

orientation individuelle et les courbes d'accès ont nécessité la mise au point de logiciels gérant simultanément toutes les contraintes, afin de proposer des variantes géométriques compatibles avec l'enveloppe du bâtiment.

AR : QUELLES ONT ÉTÉ LES CONTRAINTES LIÉES À L'USAGE DU TOUT NUMÉRIQUE DANS CE PROCESSUS ?

MG : L'une des particularités de l'usage d'outils numériques tient à la perception des échelles et de l'expérience d'un corps humain dans l'espace. Il est fondamental de pouvoir toujours se rattacher à une échelle connue pour comprendre le projet ; il y a donc une tendance à sous-estimer l'échelle ou à tout simplement perdre la perception de l'humain, lorsque le travail reste exclusivement centré sur la machine (matière, proportion, expérience, lumière, odeur, etc.).

L'autre spécificité de l'usage du numérique reste le travail sur l'architecture depuis l'extérieur : c'est un point fondamental. Le bâtiment, principalement dans les phases initiales du projet, est sur tout considéré du dehors, comme un objet fermé qu'on manipule depuis l'extérieur sur écran, au détriment d'une conception depuis l'espace intérieur, avec une projection du corps humain dans l'espace.

Une contrainte supplémentaire concerne la

capacité des autres consultants et intervenants à travailler aussi intelligemment avec les outils numériques ; sans cette capacité entre équipes de travailler sur une seule et même plateforme 3D, les efficacités seraient perdues.

AR : EN TERME DE LANGAGE, COMMENT SE SITUE CE PROJET DANS LA LIGNÉE DES PROJETS DE MORPHOSIS ?

MG : Comme tout architecte, notre langage évolue au fil des projets. Le Federal Building de San Francisco et le nouveau bâtiment de la Cooper Union à New York constituent des étapes importantes en préalable au projet de la tour Phare, car ils ont permis une transition vers une réflexion prenant davantage en compte l'utilisation du numérique comme une partie active du développement du projet. C'est ainsi que nous avons cherché avec Phare à incorporer très rapidement une trame structurelle dans le modèle ; il ne s'agissait pas pour nous de construire un modèle 3D en totale liberté et ensuite de chercher à y appliquer une technique constructive. L'architecture numérique autorisant une grande liberté, l'autodiscipline est vitale pour ne pas perdre sa crédibilité. La pratique numérique a tendance à voir l'architecte mettre de côté sa culture constructive et considérer l'image 3D comme un succédané de réalité.

AR : IL ME SEMBLE QUE, DEPUIS LA PHASE CONCOURS, LE BÂTIMENT A É NORMÉMENT GAGNÉ EN FORCE. SON EXPRESSION EST PLUS CLAIRE, SA GÉOMÉTRIE PLUS RAFFINÉE.

MG : Oui, la force du bâtiment, me semble-t-il aujourd'hui, est sa rationalité, son côté « crédible » par rapport aux promesses du concours. Il cherche à prendre en compte le plus grand nombre de paramètres et à les traduire en espaces architecturaux, en systèmes, en stratégies d'organisation réelle et faisable. Cette phase d'optimisation est indispensable ; la forme initiale n'est pas sacro-sainte, mais se prête aux transformations nécessaires afin de s'adapter au budget, à un processus industriel et à un calendrier de réalisation.

Peut-être que la grande tentation du numérique se réduit à l'idée de Marshall McLuhan : « Le médium est le message. » Autrement dit, l'outil numérique constitue en soi un contexte technique et culturel propre à suggérer, et parfois à imposer, une perception différente de l'espace. Il existe indéniablement un ensemble de réflexes entourant l'utilisation des divers modes de représentation et c'est sans doute par un usage varié des méthodes et des outils de conception dont la profession dispose que le piège d'une architecture unidimensionnelle peut être évité. ■

Modélisation 3D de la façade sud.



La Fondation Louis-Vuitton pour la création de Entretien avec l'équipe de la maîtrise d'œuvre

Le bâtiment de la Fondation Louis-Vuitton pour la création, dessiné par l'architecte Frank Gehry, sort de terre dans son site du bois de Boulogne, à l'ouest de Paris. Projet très complexe, il n'aurait pu voir le jour sans l'accord et l'appui de la Ville de Paris, du Pavillon de l'Arsenal et du ministère de la Culture, en synergie avec la Fondation Louis-Vuitton. Il a par ailleurs nécessité la constitution d'une importante équipe de maîtrise d'œuvre pluridisciplinaire dont certains représentants répondent ici à nos questions : Christian Reyne (directeur de l'Immobilier Louis-Vuitton, directeur délégué de la Fondation Louis-Vuitton), Bernard Vaudeville (ingénieur, TESS*) et Marc Chalaux (ingénieur, RFR).

AR : NOUS VOUS RENCONTRONS ICI SUR LE CHANTIER DE LA FONDATION OÙ SONT RÉUNIES TOUTES LES ÉQUIPES CONCERNÉES PAR LA PHASE TRAVAUX DU PROJET. RAPPELONS QUE CELLES-CI AVAIENT DÉJÀ ÉTÉ REGROUPEES DÈS LA PHASE CONCEPTION. QU'EST-CE QUI A MOTIVÉ CETTE DÉCISION ?

Christian Reyne : Dès juillet 2007, toutes les équipes de maîtrise d'œuvre et les équipes de support ont été réunies. Nous avons compris très tôt que le projet allait nécessiter un arc de réflexion commun, de nombreuses interfaces entre les intervenants de la maîtrise d'œuvre, et que la seule façon de ne pas compromettre une compréhension commune du projet était de réunir les équipes.

Il était évident dès le départ que le bâtiment allait exiger la création et la mise en œuvre de méthodes originales relevant non seulement de Frank Gehry et de son agence mais également des bureaux d'études TESS et RFR, Setec et du support technique de l'architecte, Gehry Technology.

AR : L'AUTRE PARTICULARITÉ A ÉTÉ DE TRAVAILLER NUMÉRIQUEMENT SUR UNE PLATEFORME UNIQUE, LE LOGICIEL DIGITAL PROJECT. CR : La pratique était courante chez Gehry Partners. Il était convenu dès le départ que

nous allions travailler sur une plateforme unique et les équipes ont commencé leur formation très tôt. Il n'y avait aucune raison pour nous de remettre en cause l'usage du logiciel puisqu'il avait déjà été testé à plusieurs reprises par Gehry sur d'autres bâtiments. Bernard Vaudeville : J'ai le souvenir du représentant de Gehry, au début du projet, nous confirmant qu'un bâtiment de cette nature ne pouvait être réalisé qu'avec l'aide d'un outil numérique spécifique, qu'aucune plateforme traditionnelle ne pouvait intégrer son niveau de complexité et permettre la synthèse des diverses équipes travaillant sur le projet. Marc Chalaux : On pourrait même poser la question en amont, à savoir si la conception d'un tel bâtiment serait possible sans le recours aux logiciels spécialisés. La réponse serait clairement non. Mais cela ne revient pas à dire que le numérique est ici l'outil exclusif, puisqu'il autorise paradoxalement la



« La conception d'un tel bâtiment n'aurait pas été possible sans le recours aux logiciels spécialisés »



Modélisation 3D. Vue générale de l'ensemble des verrières.

Frank O. Gehry

production d'une quantité beaucoup plus importante de maquettes physiques, qui sont ensuite digitalisées et réintroduites dans le modèle informatique. Cette technique rend le travail sur la maquette plus spontané et les maquettes d'études ont été très nombreuses ; la forme est née de ces étapes d'adaptation et de manipulations entre le programme, la forme et le modèle 3D. Bien sûr, le travail de Gehry Partners repose d'abord sur le dessin et la maquette, cette familiarité avec l'objet physique est donc acquise chez lui.

BV : Pour nous, le processus consiste à traduire ces formes pour les rendre compatibles avec des méthodes industrielles de fabrication, sans perdre l'intention architecturale. Prenons l'exemple des verrières : elles présentent des courbures par tout variables ; il eût été impensable de concevoir chaque pièce individuellement. Un processus industriel a donc été développé et adapté au bâtiment, ce

qui a pu être réalisé en rationalisant les formes. On a ainsi évité la facettisation des formes courbes. La règle industrielle a été convertie en une règle géométrique, appliquée aux verrières. L'outil numérique a permis d'optimiser la panélisation des verrières au moyen de vitrages cylindriques et de limiter les divergences au niveau des joints. Le travail a donc consisté à établir un seuil de tolérance afin de contenter le processus industriel tout en respectant la forme architecturale.

MC : Durant toute l'élaboration du projet, nous mettons au point les règles pour expliquer le projet aux entreprises et lui donner toute sa cohérence, règles constructives, mathématiques, géométriques.

AR : L'AVÈNEMENT DES MAQUETTES STÉRÉOLITHOGRAPHIÉES A DONNÉ L'ILLUSION QUE SI L'ON POUVAIT FABRIQUER UNE MAQUETTE, ON POURRAIT LA CONSTRUIRE. C'EST UNE VISION RÉDUCTRICE DE LA RÉALITÉ.

BV : Le travail sur la rationalisation n'est pas imposé à l'architecte sur la base d'une orthodoxie structurelle mais bien évidemment afin de voir la proposition formelle évoluer vers la faisabilité industrielle et budgétaire. Les formes qui seront construites ici ne seront pas directement issues de la maquette. Il existe tout un ensemble de logiques mises en place dans la structure, dans le calepinage des verres, certaines logiques complexes, parfois difficiles à percevoir.

Malgré ces logiques, on s'aperçoit que dans certains cas, il est difficile de construire. Certains matériaux ont leurs propres règles dont il faut tenir compte de manière spécifique. L'exposition « Architectures non standard » [au Centre Pompidou] a pu donner l'illusion que n'importe quelle modélisation était constructible, que la liberté formelle pouvait enfin se déployer sans l'entrave des ingénieurs à l'ancienne ! C'est illusoire. ...







« Pour pouvoir donner
un véritable avis sur
la stabilité, il faut
schématiser
intellectuellement ;
on ne peut pas déléguer
la stabilité
à l'informatique. »

... On ne peut construire une structure sans la maîtriser intellectuellement, il faut être capable de décrire une structure. La modélisation d'une structure avec ses charges ne suffit pas. Pour pouvoir donner un véritable avis sur la stabilité, il faut schématiser intellectuellement ; on ne peut pas déléguer la stabilité à l'informatique.

AR : FACE À UN PROJET QUE L'ON SAIT COMPLEXE, LE MAÎTRE D'OUVRAGE PREND-IL DES DISPOSITIONS PARTICULIÈRES ?

CR : L'architecte connaissait nos attentes et nous connaissions ses réalisations. Nous avons entamé très tôt des conversations avec des intervenants au fait de ses méthodes, nous étions donc préparés à un travail complexe pour voir le projet se réaliser mais la véritable découverte a été de constater qu'il fallait, pour le comprendre, un lent et long processus de maturation de la part de l'ensemble des équipes. Un processus long afin d'assimiler les complexités, partager des solutions et mener les études nécessaires. Là où nous avions prévu un mois de délai, nous sommes passés à six mois, parfois davantage.

AR : L'USAGE DU NUMÉRIQUE PRÉJUGE-T-IL SELON VOUS D'UN LANGAGE ARCHITECTURAL ?

BV : Peut-être que oui. J'observe par exemple qu'au sein de nos équipes, certaines personnes sont beaucoup plus à l'aise en 3D qu'en 2D, beaucoup plus à l'aise avec la machine qu'avec la main ou même qu'en 2D sur les machines. Voici une anecdote intéressante : nous nous sommes posé la question de savoir s'il fallait pour ce projet imprimer sur papier des plans en 2D ! J'ai personnellement insisté pour que cela se fasse.

MC : La possibilité de produire aujourd'hui une grande quantité de simulations, contre trois ou quatre séries de calculs à la main auparavant, revient également à dire que l'exploration et le raffinement des formes peuvent être poussés beaucoup plus loin, notamment grâce aux logiciels paramétriques. En cela, l'outil numérique a également apporté une nouvelle façon d'analyser les structures, en s'appuyant directement sur les modèles construits par l'architecte et en permettant de calculer les structures dans leur globalité, sans avoir à les recouper.

AR : PENSEZ-VOUS QU'IL POURRA S'EFFECTUER UN TRANSFERT DES MOYENS ET DES MÉTHODES MIS EN ŒUVRE ICI VERS LE MONDE DU BÂTIMENT ?

MC : Oui, absolument. Par exemple, pour les procédés de fabrication de verre et des panneaux de Ductal®, nous introduisons aujourd'hui des moyens nouveaux. Tous les aspects d'études structurelles, feu, maintenance... sur de grands projets comme celui-ci, comme Beaubourg en son temps, permettent d'apprendre, de bousculer les pratiques, d'établir de nouvelles méthodes et d'avoir ainsi un impact sur l'industrie dans son ensemble. ■

* Technique/Exploration/Structure/Surface (TESS) est un bureau d'études fondé par Bernard Vaudeville, Matt King et Tom Gray.

< Prototype à l'échelle 1 avec revêtement en Ductal®, structure secondaire et verrière.

^ Détail de la structure des verrières.