



SCAN'16 Toulouse

Séminaire de Conception Architecturale Numérique

Mètre et paramètre, mesure et démesure du projet

Sous la direction de Jean-Pierre Goulette et Bernard Ferries

PUN - Editions Universitaires de Lorraine.

ISBN: 978-2-8143-0289-1

Titre de la publication :

Performances du détail à l'ère numérique - Projet paramétrique et traductions tectoniques

Auteurs :

Destombes, Louis



Cette publication (présentée dans ce document en version auteur acceptée), est parue dans les actes du Séminaire de Conception Architecturale Numérique SCAN'16 – Toulouse - *Mètre et paramètre, mesure et démesure du projet*, 07-09 septembre 2016, Toulouse

Tout usage du contenu de cette publication doit mentionner la référence de l'ouvrage, du titre et de(s) auteur(s).

Performances du détail à l'ère numérique

Projet paramétrique et traductions tectoniques

Destombes, Louis

Université de Montréal, Canada
louis.destombes@umontreal.ca

RÉSUMÉ. La fondation LVMH complétée par Gehry Partners LLP en 2014 à Paris et le Metropol Parasol, complété par Jürgen H. Mayer en 2011 à Séville constituent deux figures emblématiques du réinvestissement de la performance constructive à travers les pratiques numériques de la conception architecturale. Par l'analyse comparative de détails issus des deux projets, cet article vise à rendre compte des effets du numérique sur le statut opératoire du détail pour la conception architecturale. La relation du détail au projet numérique y est abordée à partir de la tension historique entre simulation et représentation de la performance.

MOTS-CLÉS : Projet d'architecture, performance, détail, Fondation LVMH, Metropol Parasol

ABSTRACT. The foundation LVMH (2014), achieved by Gehry Partners LLP in Paris and Metropol Parasol(2011), achieved by Jürgen H. Mayer in Seville are two emblematic figures of the renewed interest for building performance in architectural digital practices. A comparative analysis focused on details from those two projects aims to account the effects of the digital upon the operational status of details within architectural design. The historical tension between the simulation and the representation of performance forms the background from which is regarded the relation of detailing to the digital project.

KEYWORDS: Architectural project, performance, detailing, Fondation LVMH, Metropol Parasol

Le tournant numérique dans lequel s'est engagée l'industrie du bâtiment contribue-t-il à réduire la distance qui sépare le domaine de l'architecture et celui de la construction ? Les plateformes logicielles de type B.I.M. offrent un potentiel d'échange entre les architectes et les divers acteurs du bâtiment plus fort que jamais. Il semble toutefois légitime de s'interroger sur la propension de la gestion numérique du projet à dégager une place centrale pour les questions constructives à travers le processus de création architecturale.

Que les plateformes numériques facilitent l'accomplissement de performances constructives a été démontré à travers une série de réalisations, exceptionnelles par leurs dimensions et par la complexité de leurs formes. On peut par exemple citer le projet Metropol Parasol, complété pour la ville de Séville par Jürgen Mayer H. und Partner en 2011. Avec ses 2.500m³ de lamellé-collé, la structure est médiatisée comme étant la plus grande charpente en bois jamais réalisée. L'édifice complété par Gehry Partners LLP en 2014 afin d'abriter la fondation LVMH à Paris n'a rien à envier au premier. Il incarne tout autant la notion de performance constructive avec des chiffres étourdissants : habillé de 19.000 panneaux réalisés sur mesure en béton préfabriqué, le bâtiment est enveloppé dans 13.500m² de vitrages courbes, suspendus dans les airs.

Cette orientation de l'architecture numérique axée sur la performance constructive constitue-t-elle pour autant une rupture réelle par rapport à la tendance postmoderne consistant à développer l'expression architecturale d'un projet de manière autonome par rapport aux solutions constructives mobilisées pour en assurer la réalisation ? La conception architecturale numérique permet-elle de qualifier une pensée constructive qui soit proprement architecturale, que l'on puisse distinguer d'un procès de résolution technique issu du génie ? Nous proposons d'aborder cette problématique à partir de la notion de détail. Qu'est-ce que l'évolution de l'usage, voire de la définition, et peut être même de la pertinence, du détail en tant qu'outil de la conception architecturale numérique peut nous apprendre sur le rôle joué par la pensée constructive à travers la création architecturale contemporaine ? Notre analyse portera sur deux détails comparables, les connecteurs métalliques d'une charpente en bois lamellé-collé, développés respectivement pour la fondation LVMH et le Metropol Parasol. Le choix de ces projets est motivé par le fait qu'ils incarnent, chacun à leur manière, la notion d'architecture numérique et qu'à priori, ils résultent de positions radicalement opposées vis-à-vis de la notion traditionnelle de tectonique.



Figure 1: Détails de la structure, Fondation LVMH, Gehry Partners LLP, Paris, 2014. Source : photographies de l'auteur



Figure 2: Détails de la structure, Metropol Parasol, Jürgen H. Mayer und Partners, Séville, 2011. Source : Wikimedia Commons

1. « Tours de force » constructifs de l'architecture numérique

1.1. Metropol Parasol, un géant a-tectonique

Enveloppe ou nappe ? Indétermination constructive

Sur le plan conceptuel, le projet se présente comme une structure suspendue, aux contours souples, surplombant un espace public surélevé, dont le socle abrite un marché, un parking et un musée archéologique. Six jambages, extrudés de cette forme, servent d'appuis à la structure.

Le projet initial prévoyait de construire l'enveloppe du volume, bien que le système constructif permettant de faire tenir une surface d'une telle dimension n'était pas spécifié au moment du concours. Les premières hypothèses structurelles oscillaient entre un treillis métallique autoportant et une ossature ramifiée supportant une peau plus légère¹. Ces solutions ayant finalement été jugées irréalisables, le projet connut un revirement majeur, tant au niveau conceptuel qu'au niveau constructif : d'enveloppe, il devint nappe tridimensionnelle. Un système de panneaux formant des caissons carrés de 1.5m de côté fut adopté afin de franchir la portée entre les différents points d'appui. La profondeur des caissons fut modulée suivant la géométrie du volume initiale afin d'en reproduire visuellement les contours. La réalisation du projet a nécessité près de six ans, de juin 2005 à mars 2011, au lieu des deux ans initialement prévus. Elle a coûté trois fois le budget initialement alloué².

Assembler des caissons : de la trame orthogonale aux connecteurs

Le choix du système structurel en caisson implique de déterminer, pour chaque intersection, la membrure qui est continue et celle qui est interrompue. Cette hiérarchie entre les panneaux a été calculée suivant deux critères : le cheminement des forces dans la structure et l'homogénéisation de la dimension des panneaux. Le poids des panneaux massifs, dont l'épaisseur peut atteindre trente centimètres, engendre des

1. KOPPITZ, Jan-Peter, SCHMID, Volker et THURIK, Anja. « Bonding Moments, The Adventure of Engineering the Parasols », dans Lepik, Andres, Andre Santer et coll. Metropol Parasol: J. Mayer H., Ostfildern, Allemagne, Hatje Cantz, 2011, p. 115-123

2. "Los problemas crecen bajo las 'setas'", El Pais, Edition Andalouse, 25 Juillet 2010, Ressource en ligne, consulté en Février 2013 : http://elpais.com/diario/2010/07/25/andalucia/1280010124_850215.html

efforts considérables. Les ingénieurs d'ARUP ont travaillé presque un an pour mettre au point un assemblage capable de résister à ces efforts.

Une réserve, percée dans le panneau continu, permet de fixer un cadre métallique comportant un axe. Celui-ci reçoit, de part et d'autre, des plats en « U » sur lesquels sont boulonnés les platines de fixation des panneaux transversaux. Enjeu technique majeur, la solidarité de la platine avec le panneau de bois est assurée par quatre à douze tiges métalliques soudées et scellées dans le bois à l'aide d'une colle spéciale. Chaque jonction entre panneaux est assurée par au moins deux de ces connecteurs, ainsi que par des cornières métalliques pour les efforts tranchants. L'indéformabilité des caissons est assurée ponctuellement par des tirants. Les panneaux en bois sont protégés des intempéries et du soleil par un revêtement plastique beige clair. Les connecteurs métalliques sont peints de la même couleur afin d'amenuiser leur impact visuel.

1.1. La fondation LVMH, une charpente-sculpture

Dé-voiler la structure

L'édifice de la fondation LVMH reprend des schèmes récurrents dans l'architecture de Frank Gehry : de grandes surfaces incurvées imbriquées parmi des volumes revêtus d'un parement minéral, la structure principale et secondaire de ces surfaces déformées afin de suivre leur courbure, etc. L'utilisation d'un revêtement en verre pour les douze « voiles » suspendues autour de l'édifice permet de rendre visible la structure qui les maintient en place. Celle-ci est composée de poutres courbes en bois lamellé-collé, ponctuellement renforcées par des tirants et des treillis en acier. Les pièces principales de la charpente sont appuyées sur le corps de bâti et immobilisées au moyen de boutons, afin d'éviter tout appui direct au sol. De puissantes butées en acier traversent le revêtement en panneaux de béton blanc pour fixer les poutres à la structure principale de l'édifice. L'ensemble de la charpente, par sa complexité et par ses dimensions exceptionnelles participe largement à la dimension monumentale de l'espace, en particulier au niveau des terrasses couvertes.

Un nœud structurel polyvalent

La jonction entre plusieurs pièces de bois est résolue au moyen d'un système de nœuds structurels basé sur un cadre d'acier. Le profil de chaque cadre s'adapte à la disposition des poutres dans l'espace. Leur

épaisseur correspond à la section du bois. Les extrémités des pièces de bois sont moisées afin de recevoir une platine métallique, assemblée au cadre par boulonnage. Les cadres peuvent également recevoir des plats d'acier soudés servant à assembler transversalement soit d'autres poutres en bois, soit des butons soit des tirants, qui sont alors articulés. Enfin, certaines pièces secondaires en acier, tubes et profilés H, sont soudées directement aux cadres. Ces derniers sont munis de raidisseurs permettant de reprendre les efforts engendrés par les poussées obliques.

La complexité de cette charpente hybride, bois, acier, entraîne une forte variabilité de la configuration des nœuds, du nombre d'éléments et de leur disposition géométrique. Le dispositif de cadre décrit ci-dessus a été pensé afin de pouvoir se décliner suivant chaque configuration en suivant systématiquement la même logique d'assemblage. Les deux poutres fixées aux extrémités du cadre définissent localement un fil structurel principal, par rapport auquel les autres éléments sont assemblés transversalement, le plus souvent de manière oblique.

2. Le détail comme traduction tectonique du projet numérique

2.1. Le détail comme construction paramétrique

Adopter une définition unique du détail dans le bâtiment relève de la gageüre. Pour l'ingénieur, il est un outil de maîtrise technique, permettant de garantir la conformité du procès constructif. Parce qu'il décrit au plus près les manières de construire, le détail constitue un lieu de concentration de la fonction prescriptive du dessin. Pour l'architecte, il permet de s'arroger un contrôle sur la qualité et la justesse de l'exécution du projet. Garantissant la spécificité de l'édifice projeté, la conception de détails est associée à un potentiel de liberté. Celui-ci est contrebalancé par la prégnance des négociations qui encadrent leur réalisation. En effet, pour l'entrepreneur, le détail représente une contrainte. « *Si [l'architecte] ne peut se contenter de donner des indications générales sur le résultat souhaité, c'est que son esthétique est abstraite et ne répond pas facilement aux nécessités de la fabrication et de l'usage.* »³.

Dans chacun des projets, les détails analysés constituent l'interface entre deux matériaux, acier et bois lamellé-collé. La complexité géomé-

3. Dupire, Alain. et Alii. *Deux essais sur la construction : conventions, dimensions et architecture*, Bruxelles, Mardaga, 1981. p.25

trique, ainsi que les complications constructives qui en découlent, y sont par contre traitées de manière fort différente. Pour la fondation LVMH, le travail de modélisation vise à concentrer les enjeux liés à la complexité géométrique au niveau des nœuds structurels. Comme l'explique Dennis Shelden, associé chez Gehry Technologies, « *il n'y a aucun moyen de réaliser une forme complexe avec des détails simples. La complexité de la forme se déplace, est distribuée à travers l'élaboration des détails pour être résolue localement, de différentes manières.* »⁴ Ce déplacement est opéré au moyen de constructions paramétriques, permettant de décliner un même système de règles à travers des configurations chaque fois différentes. Dans le Metropol Parasol, les enjeux constructifs n'ont que peu de liens avec l'apparente complexité géométrique de la nappe en caissons. L'élément de jonction métallique reste inchangé, quelle que soit la forme des panneaux. Seuls varient l'angle d'implantation des connecteurs et le nombre de broches de fixation pour répondre aux variations du cheminement et de l'intensité des efforts parcourant la structure.

Selon les mots de Dennis Shelden, « *la résolution constructive de la forme à l'échelle du détail a institué une boucle de rétroaction entre différents niveaux du projet [pour la fondation LVMH] : sa définition géométrique, les détails d'assemblage, les possibilités offertes par tel matériau, et le fonctionnement des systèmes de fabrication.* »⁵ La mise au point d'un composant paramétrique qui puisse se transposer à travers les multiples configurations des nœuds de charpente a ainsi nécessité un travail d'adaptation réciproque entre l'échelle du détail et la régulation géométrique du projet. Au contraire, la trame orthogonale des caissons du Metropol Parasol, fixée préalablement au travail d'élaboration des détails d'assemblages, ne permet aucun ajustement. Le choix d'un motif géométrique prédéfini inhibe la capacité de la conception à l'échelle du détail à influencer rétroactivement la définition du système constructif à l'échelle du projet. Le dispositif de jonction constitue une réponse purement technique au problème de l'arrachement, détaché de toute préoccupation d'ordre architecturale autre que son camouflage.

4. Shelden, Dennis R. « Information, Complexity and the Detail », In. *AD Architectural Design*, vol. Profile no 230, *The Future Details of Architecture*, 2014, p.95. (traduction de l'auteur).

5. Ibid. ,p.96. (traduction de l'auteur)

2.2. Le détail comme représentation de la logique paramétrique

Le théoricien spécialiste du détail Edward Ford définit l'élaboration des détails comme « *un travail de sélection des informations exposées par ce détail* »⁶. Selon lui, l'élaboration d'un détail représente une opportunité de préciser l'expression d'une entité architecturale en réglant la manière dont ses composantes apparaîtront visuellement aux usagers. L'auteur identifie deux attitudes vis-à-vis du détail. Le « *détail articulé* » désigne une conception qui met en évidence les éléments secondaires et les articulations, par exemple en créant un troisième élément pour résoudre l'articulation entre les deux autres. Ce type de détail génère une forme de mise en scène, dépassant la simple résolution du problème constructif pour exposer la manière dont le détail remplit sa fonction. Le « *détail abstrait* », au contraire, consiste à éliminer ou à dissimuler ces éléments, visant une absence apparente de détail. Paradoxalement, cette seconde attitude se traduit par une augmentation du travail d'élaboration des détails, du fait de la complexité technique qu'elle engendre. Le détail de la charpente des voiles est articulé alors que le détail de jonction des caissons est abstrait.

Les deux édifices offrent une première impression très contrastée. L'enchevêtrement insaisissable des pièces de charpente se situe aux antipodes de l'ordre radical de la nappe en caisson, que même la gravité ne saurait perturber. Par leurs formes, les détails des nœuds de charpente restituent cependant une hiérarchie entre les éléments structurels. Les deux poutres fixées aux extrémités du cadre constituent localement un fil principal auquel sont connectées des pièces transversales. L'articulation de ces détails composés de goussets, de platines et d'axes bien visibles, permet en effet de saisir des correspondances formelles entre les différents nœuds. Il est possible d'identifier des familles de pièces, assurant le même rôle structurel, du fait que le dessin de leurs jonctions est issu de la répétition systématique d'un même élément paramétrique. Chaque instance de ce détail paramétrique, déformée en fonction de la configuration géométrique d'un nœud spécifique, contribue à l'intelligibilité de l'ensemble de règles prévoyant leur déformation. Représenter la logique paramétrique à travers la forme construite est un objectif auquel aspirent les concepteurs de la fondation LVMH, comme en témoigne l'interrogation formulée par Shelden : « *comment la nature computation-*

6. Ford, Edward R. « The Grand Work of Fiction, The detail as Narrative », In. *Future Details of Architecture, A.D. Architectural Design*, vol. Profile no 230, 2014. p.29

nelle du projet persiste-t-elle pendant le processus de conception, au point de devenir lisible à travers le résultat construit ? »⁷

La prévalence accordée à l'orthogonalité de la trame du Metropol Parasol tend à annuler toute possibilité d'expression d'une hiérarchie entre les éléments constructifs. Malgré une attitude visant à limiter l'impact visuel des connecteurs, la radicalité géométrique se trouve contrariée par la nécessité d'adapter l'épaisseur des panneaux et d'agencer leur intersection en fonction des efforts de charge. Reposant sur un processus d'optimisation automatisé, la résolution technique de ces variables détache le résultat construit de toute forme perceptible d'ordonnement. Pour Pierre Chabard, « *choisir, à chaque intersection, la hiérarchie entre les lames [...] semble avoir relevé d'une logique technique fort compliquée et surtout insaisissable pour le commun des visiteurs.* »⁸

2.3. Détails et performance constructive à l'ère numérique

Cette comparaison entre deux détails reste insuffisante pour caractériser l'évolution du détail en tant qu'outil de la conception architecturale numérique. Elle permet déjà, cependant, de pointer l'émergence de nouvelles problématiques, en lien notamment avec la génération automatisée de détails paramétriques. Elle permet également de constater des tensions persistantes, par exemple entre la performance constructive et la valeur de représentation du détail, tantôt exacerbées tantôt reniées.

Le terme anglais *performance* signifie à la fois un résultat quantifiable et la représentation d'un spectacle. David Leatherbarrow théorise la notion de performance architecturale comme le fruit d'une relation dialectique entre une approche « *technique et productive* » de la construction, et une approche « *contextuelle et projective* »⁹. Séparément, ces deux attitudes ne permettent d'aborder le bâtiment qu'en tant qu'objet, « *système de composants, pensé et matérialisé par un procès de construction* », pour l'une, « *système de représentations définies par un travail de composition et expérimentées par la perception* » pour l'autre¹⁰. Au contraire, l'auteur définit la performance architecturale comme un évènement, dont

7. Shelden, Dennis R. « Information, Complexity and the Detail », *AD Architectural Design*, vol. Profile no 230, *The Future Details of Architecture*, 2014, p.93

8. Pierre Chabard, « Metropol Parasol, une ombre sur la ville » In. *Criticat*, n°9, Paris, 2012. p.11

9. Leatherbarrow, David. "Architecture Unscripted Performance". In. Kolarevic, Branko. Malkawi, Ali. *Performative architecture : beyond instrumentality*, Spon Press, New York., 2005. P.18

10. Ibid. p.9

les manifestations à l'intersection des deux approches ne peuvent être programmées de manière rationnelle. À la fois solution technique et démonstration visuelle de cette résolution, « *la performance accomplie par un bâtiment implique une résistance, à travers laquelle ses capacités et son identité deviennent visibles.* »¹¹.

La masse des 2.500 m³ de bois du Metropol Parasol est niée par ses formes souples et sa trame orthogonale. L'effet visuel de flottement a-tectonique est consommé au premier contact visuel avec la structure, voir avec son image. Privé de résistance à exprimer, les détails de jonction aspirent à disparaître, mais, maladroitement dissimulés, ils « *incite[nt] à la distance [plutôt qu'à] l'expérience corporelle* »¹² selon les mots de Pierre Chabard. Confinée au domaine de la performance technique, la conception de ces détails ne peut que décevoir et trahir l'idéal géométrique sans échelle du projet, au lieu de se traduire en manifestations d'une performance architecturale.

En pénétrant dans la fondation LVMH, à l'inverse, la légèreté apparente des voiles est rapidement remplacée par la puissante présence matérielle de la charpente qui les porte. En parcourant l'édifice, les nœuds de charpente se présentent successivement au visiteur, comme autant d'évènements spectaculaires et déconcertants. Chaque nouvelle itération du détail révèle un peu plus la logique formelle qui préside à leur conception, substituant peu à peu à la confusion visuelle une compréhension tacite du système structurel. Par les formes et la disposition de leurs composants, ces détails de jonction démontrent la manière dont ils résistent aux efforts, offrant la possibilité d'une appréhension tactile de la structure. Nous proposons de qualifier de traduction tectonique cette valeur de représentation indissociable de la performance technique. La performance architecturale réalisée par ces détails est de conférer une dimension corporelle au projet numérique, en incarnant et en rendant sensible la logique paramétrique qui a permis de les concevoir.

11. Ibid. p.14

12. Chabard, Pierre .2012. Op.cit. p.16