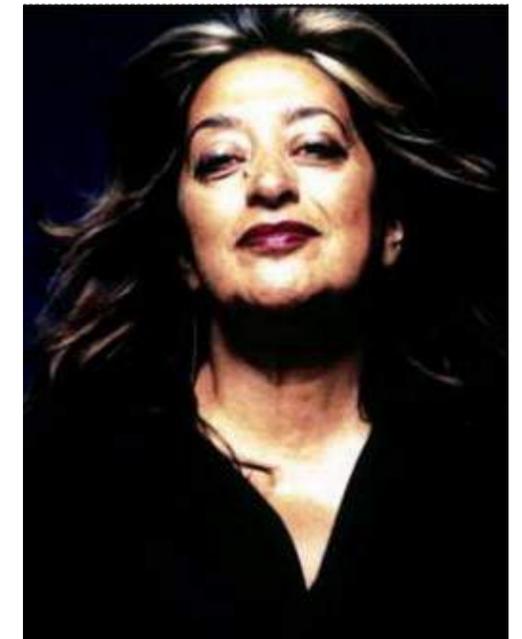


TP2

DES MODÈLES DE PENSÉE CONSTRUCTIVE : LES LAURÉATS DU PRIX PRITZKER



ZAHA HADID

Prix Pritzker 2004

Par : Emilie Blais-Brossard
Guinara Cuesta Lengua
Sarah P. Desrochers
Nathalie Papineau
Karine Spérano

A. APPROCHE DE L'ARCHITECTE À LA CONCEPTION / À LA CONSTRUCTION

Presentation de l'architecte

Qui n'a jamais entendu parler de cette femme dont le nom résonne fortement depuis quelques années dans le domaine de l'architecture et du design? Première femme à remporter le prix Pritzker d'architecture en 26 ans d'histoire, Zaha Hadid redéfinit de manière très singulière, mais surtout très radicale l'architecture contemporaine. Reconnue pour son intransigeance, son fort caractère ne se dissocie certainement pas de son œuvre. À travers une multitude de moyens d'expression, Hadid nous communique sa vision de l'architecture.

Cette architecte anglaise, d'origine irakienne, est diplômée à Londres de l'Architectural Association School of Architecture, où elle y enseignera plus tard, tout comme à l'école supérieure de design de l'Université d'Harvard, à l'école d'architecture de Chicago, à l'Université des Arts appliqués de Vienne. Hadid travaille dix ans à l'Office for Metropolitan Architecture (OMA) pour ensuite créer son propre cabinet de design architectural à Londres en 1987. Zaha Hadid Architects emploie aujourd'hui une centaine d'architectes, dont Patrick Schumacher qui est son plus proche collaborateur. Plusieurs prix lui ont été décernés dont une mention spéciale au prix de l'Équerre d'Argent en 2001, le Prix de l'Union européenne pour l'architecture contemporaine en 2003, les prix Stirling en 2010 et 2011 ainsi que le prix Pritzker en 2004. Ces prix ne sont que quelques exemples des honneurs remportés au cours de sa carrière.

Zaha Hadid est donc maintenant reconnue mondialement pour ses réalisations monumentales de style épurée et amorphe qui sont brillamment paramétrées par les outils informatiques actuels. L'utilisation des logiciels de modélisation lui permet d'atteindre un raffinement et une richesse quasi-impossible à produire uniquement avec le dessin à main levée. Pourtant, Hadid commente: «Rien ne remplace le dessin, j'utilise un logiciel très proche des procédés graphiques, mais je crois malgré tout que les dessins sont plus complexes que ce que l'on peut obtenir avec l'informatique. La seule chose qui ait changé, c'est que grâce à l'ordinateur, on peut vraiment réaliser ce que j'avais imaginé en le dessinant sur le papier. Parce qu'il ne s'agit pas du pouvoir de la main, mais de celui de l'idée.» De fait, Hadid a toujours travaillé les concepts de ses projets au dessin à main levée ou encore, avec des toiles expressives. L'image et la forme font partie intégrante du processus de création. Elle est fascinée par la superposition, le collage, la soustraction, le vide, la collision, les couleurs éclatées. D'ailleurs, ces idées sont bien représentées par le projet The Peak ou encore, The world, conçu dans les débuts des années 1980. Par la suite, l'architecte produit des projets où les formes s'allègent, elles deviennent plus transparentes grâce à l'emploi du verre et plus stratifiée; une sorte de modelage du territoire avec une forte utilisation du béton. Les couleurs chromatiques sont aussi simplifiées, voir même épurées. Comme dans son projet de la caserne des pompiers du Vitra en Allemagne, sa vision devient moins utopique, mais plutôt une inspiration de ce qui existe déjà, dans le but de créer un nouveau paysage.

Puis, Hadid explore la continuité, son désir de fluidité est encore plus grand et sans fracture. Betsy l'explique ainsi : «Ces forces deviennent de plus en plus focalisées en rampes et en volumes spiralés. Se pliant et s'imbriquant, les formes positives (murs, planchers, plafond) et les espaces négatifs s'assimilent à des anguilles glissant les unes sur les autres pour formaliser des organisations toujours plus denses et pourtant pleinement définies». (Betsky, 2009) Le projet Lois & Richard Rosenthal Center for Contemporary Art en Ohio (1997-2003) en est d'ailleurs un bon exemple.



Figure 1. Vitra fire station, Germany



Figure 2. Ordrupgaard museum, Copenhagen



Figure 3. Lois and Richard Rosenthal Center, Ohio

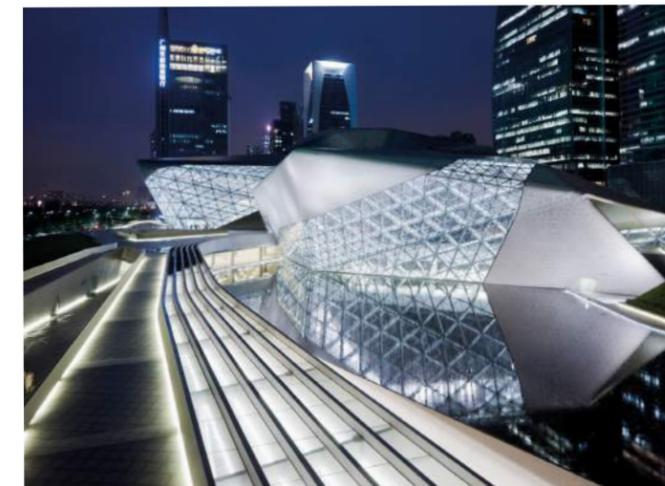


Figure 4. Guangzhou Opera, 2011

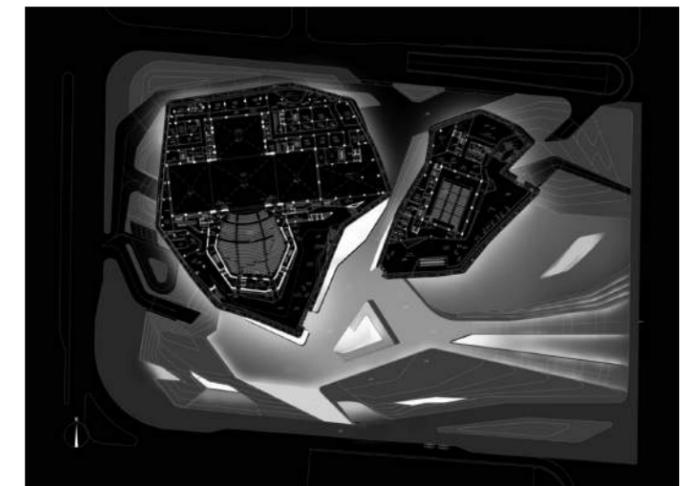


Figure 5. Guangzhou Opera, 2011

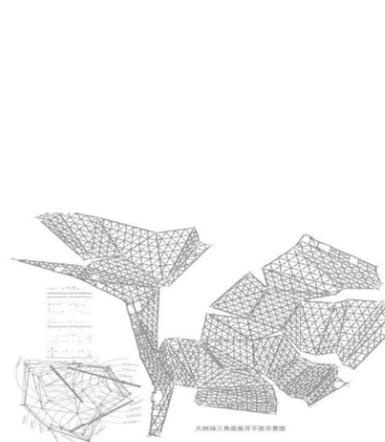


Figure 6. Guangzhou Opera, 2011

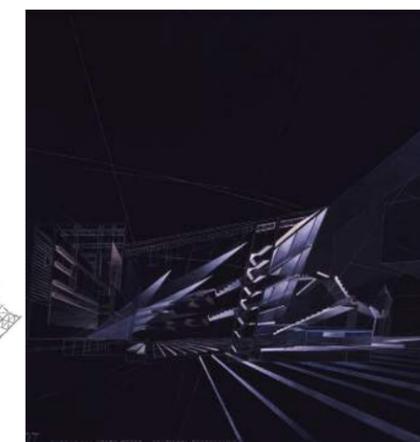


Figure 6. Cardiff bay opera house



Figure 6. Masterplan, Berlin

Malgré son caractère novateur, l'architecture d'Hadid s'est d'abord inscrite dans un mouvement déconstructiviste. Ce mouvement est apparu vers la fin des années 1980, et le groupe a rassemblé des architectes tels que Frank Gehry, Daniel Libeskind, Rem Koolhaas, Peter Eisenman, Bernard Tschumi, architectes qui sont d'ailleurs fréquemment associés à Hadid. Leur travail exprime une volonté de transgression systématique des codes architecturaux classiques et méthodes constructives traditionnelles dans un but de repousser les limites et expérimenter sans cesse de nouveaux concepts spatiaux, structurels et matériels. (Salingaros, 2008) Inspiré volontairement par les thèmes du modernisme, l'architecte démontre une évolution formelle marquante dans ces projets, tout en demeurant fidèle à ses principes architecturaux.

« Je pense qu'à travers notre architecture, nous pouvons donner un aperçu d'un autre monde, enthousiasmer, proposer des idées, captiver. Notre architecture est intuitive, radicale, internationale et dynamique. Notre intention est de construire des bâtiments qui évoquent une expérience originale, une forme d'étrangeté et de nouveauté comparables à la découverte d'un nouveau pays. ». Zaha Hadid

Telle la pensée de Zaha Hadid, ses projets viennent déranger notre façon de vivre les formes et leurs fonctions : le mur devient le plafond, l'extérieur se fusionne avec l'intérieur, la notion de l'enveloppe se croise avec la structure, le plan libre moderne s'anime par l'ajout de divisions en tension, de forme étranges. Le refus de l'angle droit, la présence de formes fluides, flottantes, sinusoïdales, diagonales, ne sont pas utilisés nécessairement dans un but de démembrer les traditions architecturales, mais plutôt de prouver qu'il est possible de penser une nouvelle manière de vivre, d'avoir de nouvelles réponses tout aussi efficace, voir même meilleur; l'architecture de Hadid veut réinventer l'impossible.

Aujourd'hui, cette architecte de renom ne détient pas un nombre imposant de projets réalisés, mais une liste exhaustive des différentes propositions aux travers de nombreux concours. Ses principaux projets sont particulièrement d'ordre culturel et public, où l'on devine son affection pour la programmation et l'urbain. Complexité et légèreté, son architecture ne rompt jamais avec l'urbanisme, elle tente plutôt de s'intégrer à son environnement «une architecture sans couture, qui s'inscrit dans la continuité d'un paysage» Hadid.

Ville au ralenti, accélération des rythmes, canalisation des flux, explosion de la trame, infiltration de l'extérieur vers l'intérieur, ses édifices ne se veulent pas des objets autosuffisants. La lecture du site et l'imbrication des paysages, parfois naturel, plus souvent artificiel, mènent ses bâtiments à «des intensifications qui conduisent à des extensions» (Betsky, 2009). La fluidité, le mouvement ; elle entaille le paysage urbain, révèle des énergies, explore les potentialités spatiales, elle cherche à limiter les frontières entre l'intérieur et l'extérieur et même entre les gens. Formellement elle ne veut pas imiter la nature, mais plutôt s'en inspirer, jouer avec le phénomène naturel, créer une expérience sensorielle.

Que ce soit au niveau de l'architecture ou l'urbanisme, la flexibilité est au centre des projets d'Hadid. L'utilisation du béton, des formes courbes aux couleurs épurées (blanc et noir), du verre de même que des formes organiques voir futuristes, sont dorénavant la marque de commerce de l'architecte.

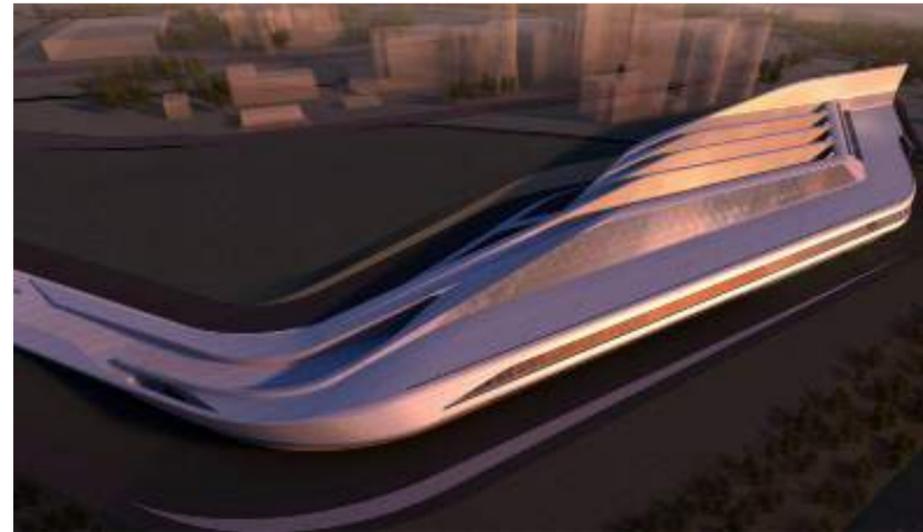


Figure 7. D'E.on ressearch ceter , Allemagne



Figure 8. Collier et bracelet Celeste, Swarovski



Figure 9. Kartal-pendix, Istanbul



Figure 10. Table Mesa, Vitra

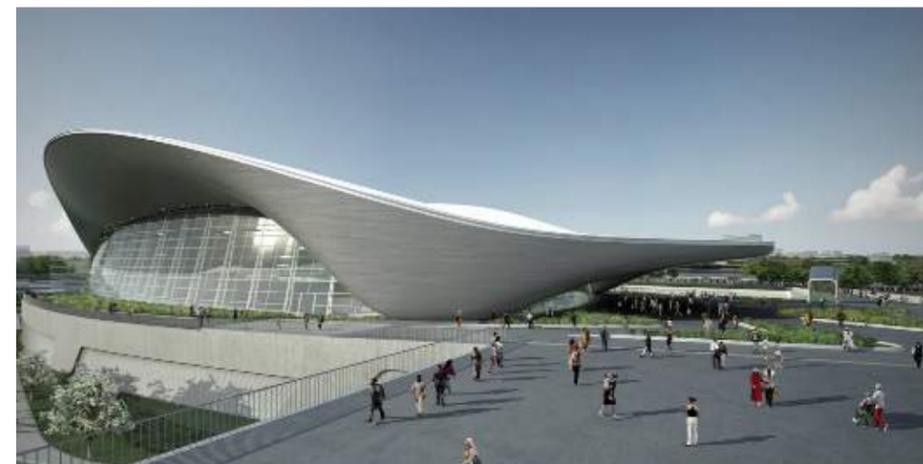


Figure 11. Piscine olympique, Londres

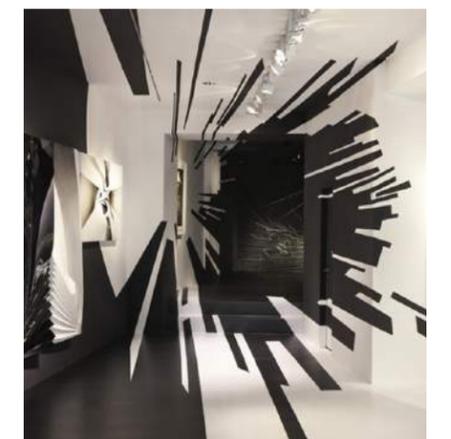


Figure 12. Salle d'exposition, Galerie Gmurzynska Zurich

B. DESCRIPTION DU PROJET

Faute d'avoir un grand musée d'art contemporain en terre italienne, le Ministère de la défense d'Italie offre au Ministère de la Culture, en 1998, le terrain des anciennes casernes militaires Montello dans le cœur du quartier Flaminio à Rome afin d'y construire un complexe muséal. En 1999, un concours d'architecture pour matérialiser ce nouveau concept culturel est affiché et reçoit plus de 273 candidatures, dont celle de Zaha Hadid.

La commande faite aux architectes se résume en trois points majeurs. D'abord, le nouveau bâtiment doit s'intégrer de manière harmonieuse avec l'ensemble du quartier en permettant une certaine perméabilité sur le site et en créant une relation avec les constructions existantes. Ensuite, les propositions doivent supporter les nouvelles fonctions du site tout en assurant une continuité dans les circulations et les parcours offerts. Et finalement, les lieux d'expositions doivent être mis en valeur tout en jumelant une utilisation adéquate et innovante des grands principes d'éclairage naturel et de contrôle environnemental.

Pour sa part, Hadid y présente l'idée innovatrice d'un campus de musées ouvert à la circulation publique et c'est son projet qui sera retenu par le jury. De concept à projet, puis du projet au musée construit, plusieurs étapes ont été franchies. Effectivement, de nombreuses esquisses formelles, des analyses de contexte de même que des études et des recherches afin de bien cerner les exigences fonctionnelles et quantitatives ont été effectuées. Suite à un long processus de phases préliminaires de projet, interrompu par des découvertes archéologiques inattendues, la démolition des lieux débute en 2003 et se poursuivra jusqu'en 2010, année de l'installation officielle des œuvres d'art.

Le bâtiment final a une superficie totale de 30 000m² et son coût de construction s'élève à 134 millions de dollars. La construction regroupe deux musées ; le MAXXI Arts et le MAXXI Architecture, dont le nom symbolise le 21^e siècle (XXI). Ces deux parties forment un « hothouse », c'est-à-dire un nouveau dialogue où se rencontre toutes les formes d'art. Le bâtiment conçu par Hadid, est doté de trois étages et correspond à l'échelle du quartier. Dans chaque projet, Hadid montre une grande sensibilité au site d'implantation. Pourtant, l'apparence moderne du musée contraste grandement avec l'environnement bâti existant typiquement romain, ce qui a d'ailleurs suscité beaucoup de controverses. Pour l'architecte, le projet n'est guère un débat entre le patrimoine italien et l'avènement d'une forme plus moderne mais plutôt un débat sur la vocation même future du Maxxi. Ici, Hadid a voulu travailler l'intégration du Maxxi au contexte urbain par une relation entre la continuité spatiale des rues de la trame urbaine existante et l'organisation des espaces du complexe muséal. La « confluence » des grands axes se traduit par des murs qui s'interceptent et se séparent créant ainsi une lecture confuse des limites entre l'intérieur et l'extérieur. Les grands mouvements indiquent les galeries d'exposition alors que les petits mouvements sont les connections entre les espaces. Les grands axes, particulièrement visibles dans le plan d'implantation, sont en forme de « L » qui signifie conceptuellement la « libération » ; la liberté du bâtiment à s'articuler audacieusement près des bâtiments existants à travers le tissu urbain.

Par ailleurs, le musée est significatif par son côté innovateur en ce qui a trait à la nouvelle typologie muséale qui brise les standards de ce domaine. D'abord, la lumière naturelle est normalement exclue des salles d'exposition, mais Hadid fait autrement et la lumière pénètre par les ouvertures créées dans la toiture. Cela permet d'avoir une relation intérieur-extérieur et de faciliter l'orientation des usagers.



Figure 13. vue extérieure du musée MAXXI

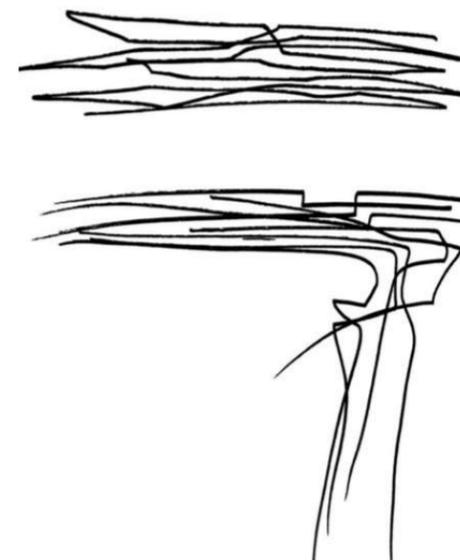


Figure 14. croquis du projet

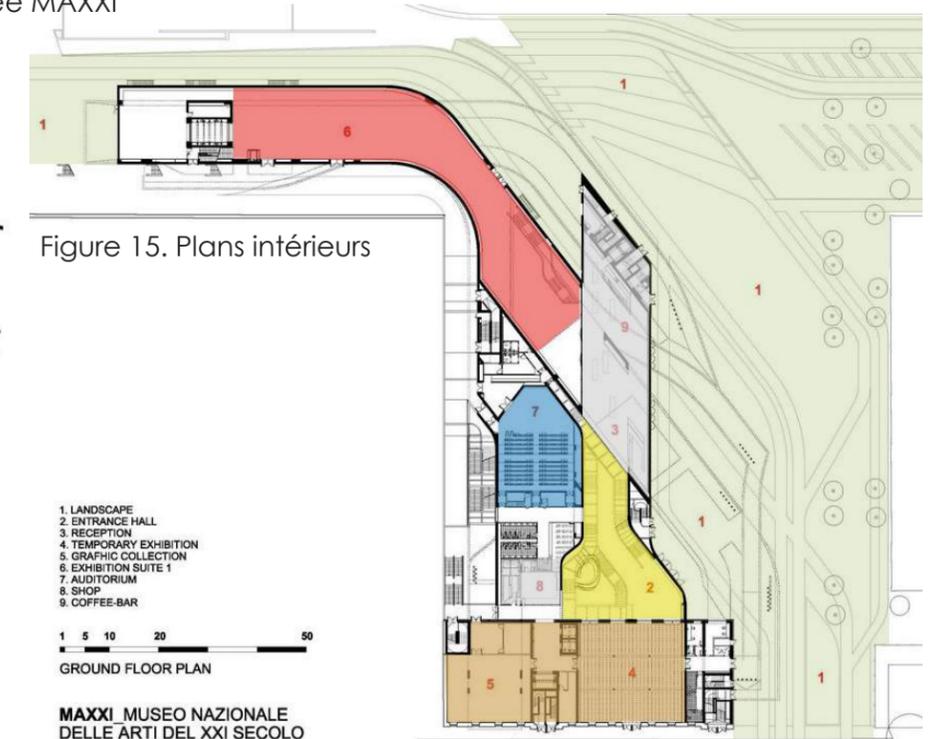


Figure 15. Plans intérieurs

Le musée MAXXI est aussi hors norme par ses formes courbes et organiques. Celles-ci sont représentatifs du travail de Hadid et crée un jeu où plafonds, planchers et murs se confondent dans un mouvement fluide, transformant ainsi les modes d'affichages et d'expositions traditionnels.

Le musée est en lui-même une œuvre d'art et donc, la première galerie est, en fait, une place publique extérieure faisant face à l'entrée du bâtiment et mettant en évidence les grands mouvements fluides qui forment le Maxxi. En traversant les limites intérieures et extérieures, l'utilisateur se retrouve dans le hall d'entrée ouvert sur tous les étages permettant de percevoir les structures fluides du plafond et d'être lui-même perçu à chaque niveau. (fig.17) À la gauche à partir du hall d'entrée, une surface rectangulaire, la seule du projet, pourvue d'arches romaines est mise en évidence afin d'évoquer le bâtiment typique reconstruit de la rue Guido Reni, un des axes principaux du quartier. Encore une fois, Zaha Hadid est sensible à l'environnement existant du lieu d'implantation de ses projets. Cet ancien dépôt militaire comprend maintenant les expositions temporaires ainsi que la collection graphique au rez-de-chaussée alors qu'un auditorium prend place en double hauteur au premier et deuxième niveau. (fig.16) Au cœur du hall d'entrée se retrouve la boutique, les aires de service comme un restaurant-bar et la réception ainsi qu'un second auditorium. Au total, le musée comprend cinq galeries d'exposition dont une au rez-de-chaussée, trois au premier plancher et deux au deuxième étage dont l'une des galeries s'étendant sur deux étages. (fig.15)

La finalité du parcours fluide à travers les salles d'exposition consiste en un grand volume ouvert sur l'environnement bâti existant et qui, par le fait même, caractérise la façade extérieure du Musée Maxxi. En fait, la particularité de ce musée qui en fait son côté innovateur, est qu'il n'y a pas réellement de salles d'exposition et de corridors, ces espaces sont plutôt modulés par le parcours architecturale.

Par ailleurs, Hadid reprend à l'intérieur du musée le même jeu chromatique de noir et de blanc qui est caractéristique de plusieurs de ses réalisations. Seul quelques murs de l'enveloppe ne sont pas peints et ont gardé l'aspect du béton et cela facilite la compréhension de l'espace et la relation entre l'intérieur et l'extérieur. (fig.18) Ici encore, les murs sont tous blancs alors que les escaliers, eux sont noirs. Pour toutes ces raisons, le musée MAXXI est donc un ouvrage représentatif de la pensée constructive d'Hadid.



Figure 16. Auditorium du bâtiment «historique»

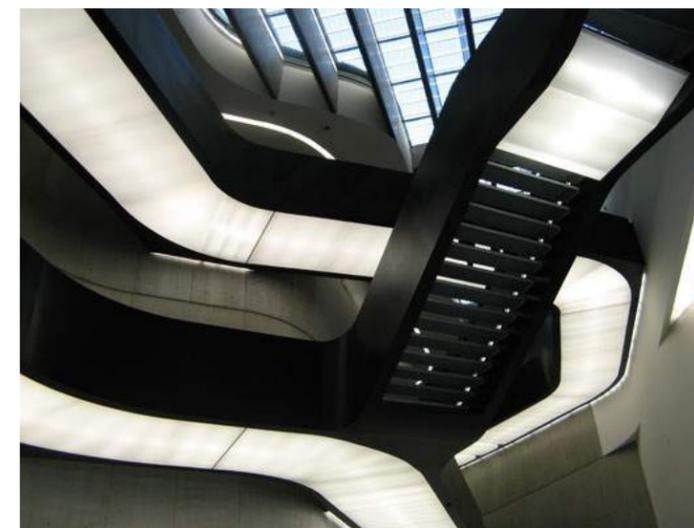


Figure 17. Hall d'entrée

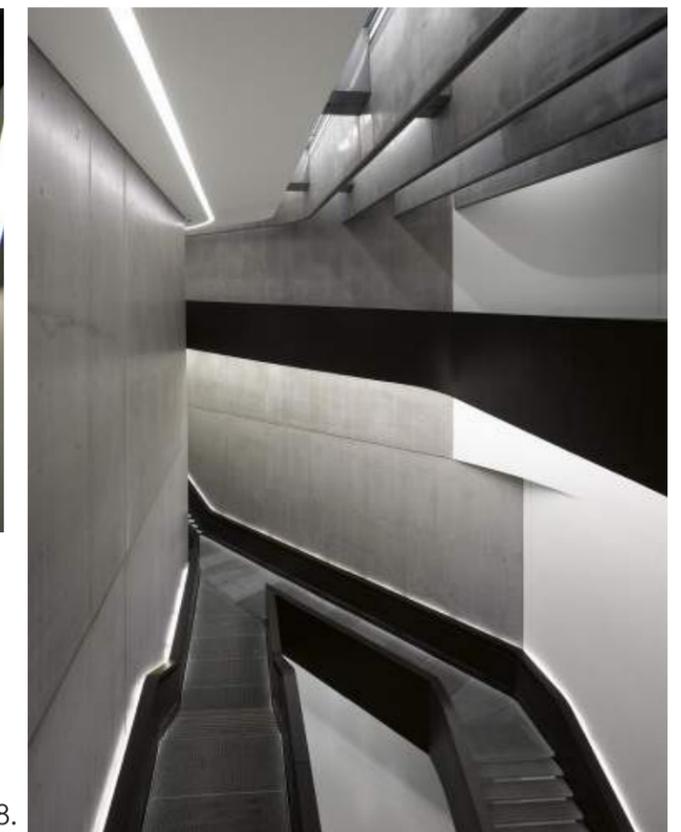


Figure 18.

C. INTENTIONS CONCEPTUELLES SOUS-JACENTES AU PROJET

Dès l'amorce du projet, l'ambition de la firme Zaha Hadid Architects est de redéfinir le lieu d'exposition qu'est le musée. Pour ce faire, Hadid intervient et modifie l'image préconçue du complexe muséale, et ce par l'entremise d'une idée forte; soit celle que le musée n'est pas un tout compact et compréhensible en un seul coup d'oeil, mais plutôt une multitude de bâtiments perméable. Hadid explique : «The MAXXI should not be considered just one building - but several. The idea was to move away from the idea of "the museum as an object" and towards the idea of a "field of buildings".»¹ De cette idée génératrice émerge une recherche formelle, organisationnelle et structurelle qui se retrouvent à toutes les échelles du projet.

Comme mentionné précédemment dans le texte, Zaha Hadid accorde une importance particulière au contexte urbain dans lequel s'intègre ces projets. Cette sensibilité à l'environnement ainsi qu'à la géométrie du site est bien présente dans la réalisation de ce projet et c'est même un des éléments fondamentales de celui-ci. Hadid a traité cette particularité et plusieurs recherches de flux urbain ont été effectuées. En effet, la volumétrie du musée MAXXI est le reflet et la résultante de deux facteurs existants autour du quadrilatère sélectionné pour l'implantation du musée. D'abord, les trajectoires diverses sont présentes au abord du site. Ici, la place choisie est au croisement de deux trames urbaines différentes. Hadid réinterprète la trame urbaine pour créer la complexité formelle et la géométrie du MAXXI. Les mouvements du bâtiment répondent aux axes de circulation des rues. Effectivement, les axes des rues Guido Reni, Flaminia et Pinturicchio sont reproduit à l'échelle du bâtiment et par conséquent ; le nouveau complexe muséal est structuré sur les principes de directionnalité et de flux urbain. Dans Hadid : Complete works 1979-2009, Jodidio résume ainsi : «En entrelaçant sa circulation au contexte urbain, le bâtiment partage sa dimension publique avec la ville, superposant les cheminements qui évoquent des tiges végétales à l'espace ouvert. En dehors de cette relation circulatoire, les éléments architecturaux s'alignent géométriquement avec les trames urbaines qui se rejoignent sur le site.»¹ Cela participe grandement à créer une relation avec la ville, une porosité entre le bâti et l'environnement. Dans cette même visée, Hadid a créé une place publique qui longe l'avant du bâtiment et qui reconnecte les deux parties du quartier, auparavant séparées. Le lieu d'implantation est aussi bordé par d'autres bâtiments. La volumétrie du projet a donc évolué à travers ces contraintes et le musée se glisse sur le site et s'insère entre les éléments bâtis puis, du même coup, il assure une médiation entre les deux grilles urbaines de ce quartier de Rome. (fig. 19) Dans son désir de se fondre dans le tissu urbain, Hadid a intégré à son concept l'une des casernes militaires donnant sur la rue Guido Reni et qui appartenait au paysage du quartier depuis près d'un siècle. Lors de la construction du projet, cette caserne a du être détruite, mais elle a par la suite été reconstruite au même endroit et fait partie intégrante du musée. (fig. 20) En fait, dans son concept, Hadid a voulu préserver l'aspect de cette rue afin de permettre aux visiteurs de découvrir petit à petit le complexe muséal par les sentiers piétonniers. Pourtant, deux blocs construits du musée s'imposent au-dessus de la caserne et agissent comme signal d'appel auprès des passants. (fig.22)

Au niveau formel, cela se traduit par l'utilisation de lames parallèles. Zaha Hadid commente: «After many studies, our research evolved into the concept of the confluence of lines, where the primary force of the site is the walls that constantly intersect and separate to create both indoor and outdoor spaces.» (Jodidio, 2009). En somme, les murs sont des tranches verticales parallèles qui se plient, se branchent et s'entrecroisent afin de générer la volumétrie globale du musée, mais aussi pour structurer les galeries et les circulations du bâtiment.



Figure 19. Vue aérienne du bâtiment sur son site d'implantation



Figure 20. Caserne militaire Figure 21. Vue du port-à-faux reconstruite

Figure 22. Intégration de la reconstruction de la caserne au musée



Figure 23. Escalier

Figure 24. Vue du Hall d'entrée

Figure 25. Vue d'une galerie d'exposition

L'utilisation de ces lames permet une transformation progressive des qualités du bâtiment et reflète la syntaxe intérieure du complexe. En fait, les jeux de superpositions et d'intersections forment les connexions verticales alors que les lames fluides caractérisent les espaces d'expositions. De plus, ces lames redéfinissent et forment les murs du complexe. Dans un musée, les murs représentent des éléments spatiaux primordiaux puisqu'ils sont la surface d'accueil de la raison même du musée, soit un lieu d'exposition. Ces murs ne touchent pas toujours au sol et ce jeu formel est présent sur les trois niveaux du musée. Ces lames ne constituent donc pas que des murs, mais aussi divers éléments du projet et de la structure, tel que des poutres ou encore des puits de lumière.

Tout comme à l'extérieur, les notions de fluidité et de mouvement revêtent une grande importance pour l'aménagement interne du MAXXI. L'intérieur du musée est, en fait, un enchaînement d'espace fluide. La multitude de changement dans la perspective, le jeu dans les profondeurs de champs ainsi que la présence de connexions verticales par l'emploi de double, ou encore même, de triple hauteur, participent grandement à créer cette idée de continuité spatiale. Hadid désire interpeller l'utilisateur, lui offrir plusieurs choix de parcours à travers le musée et de cette façon, lui faire découvrir une nouvelle partie de son architecture.



Figure 26. Plan d'implantation



Figure 27. Vue du port-à-faux

D. ATTRIBUTS CONSTRUCTIFS ET DÉTAILS DU PROJET

Le projet du Maxxi présente le paradoxe de sa grande complexité; issue d'un principe générateur simple voulant que l'ensemble des espaces internes soient modulés par ces parois de béton ondulatoires, il donne lieu à une composition spatiale extrêmement élaborée et synonyme d'un exploit constructif tout aussi majeur. Parfois à l'encontre de toute logique de la propriété de la matière, les matériaux doivent se plier aux prémisses conceptuelles du projet pour donner forme à ce célèbre projet tel qu'on le connaît aujourd'hui.

Systemes structuraux et constructifs

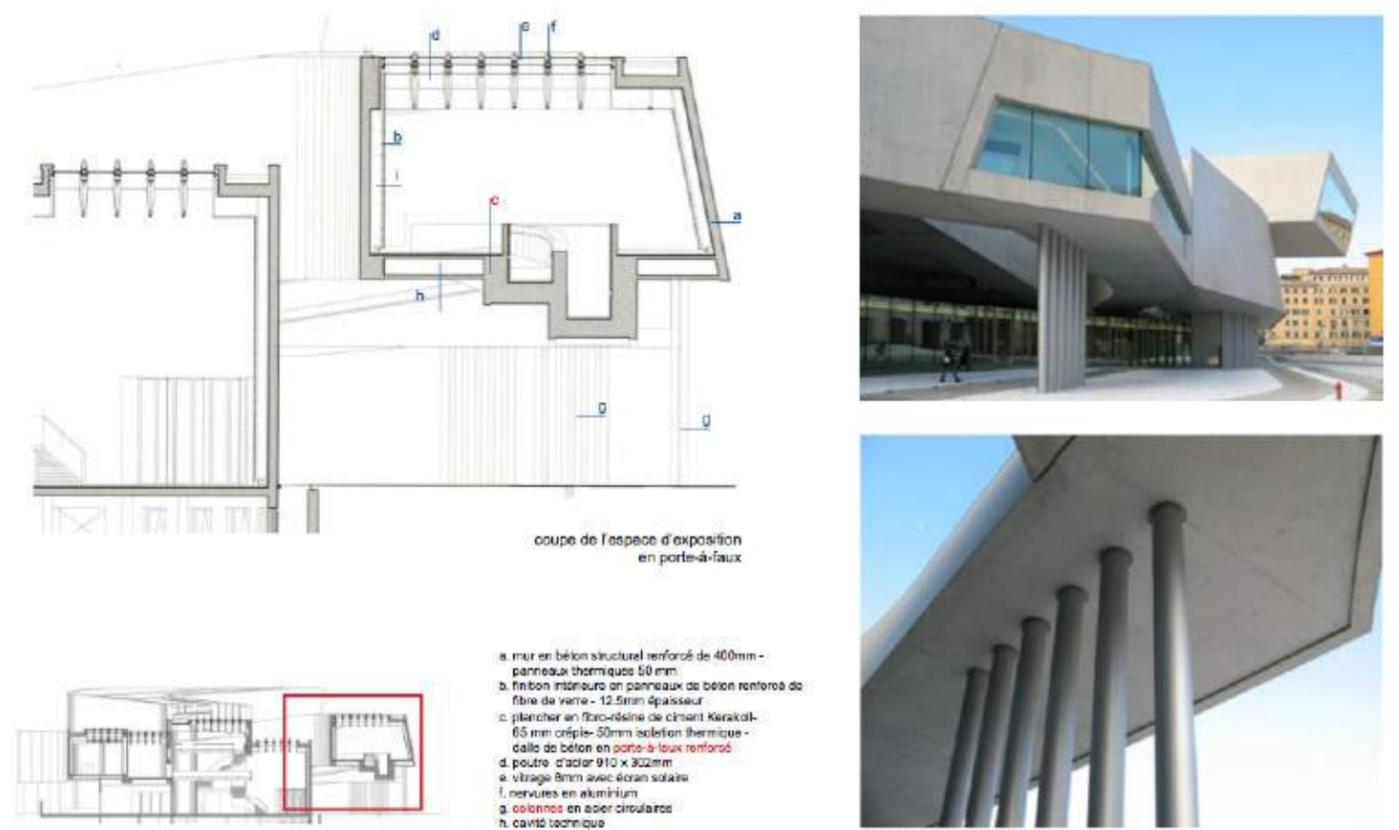
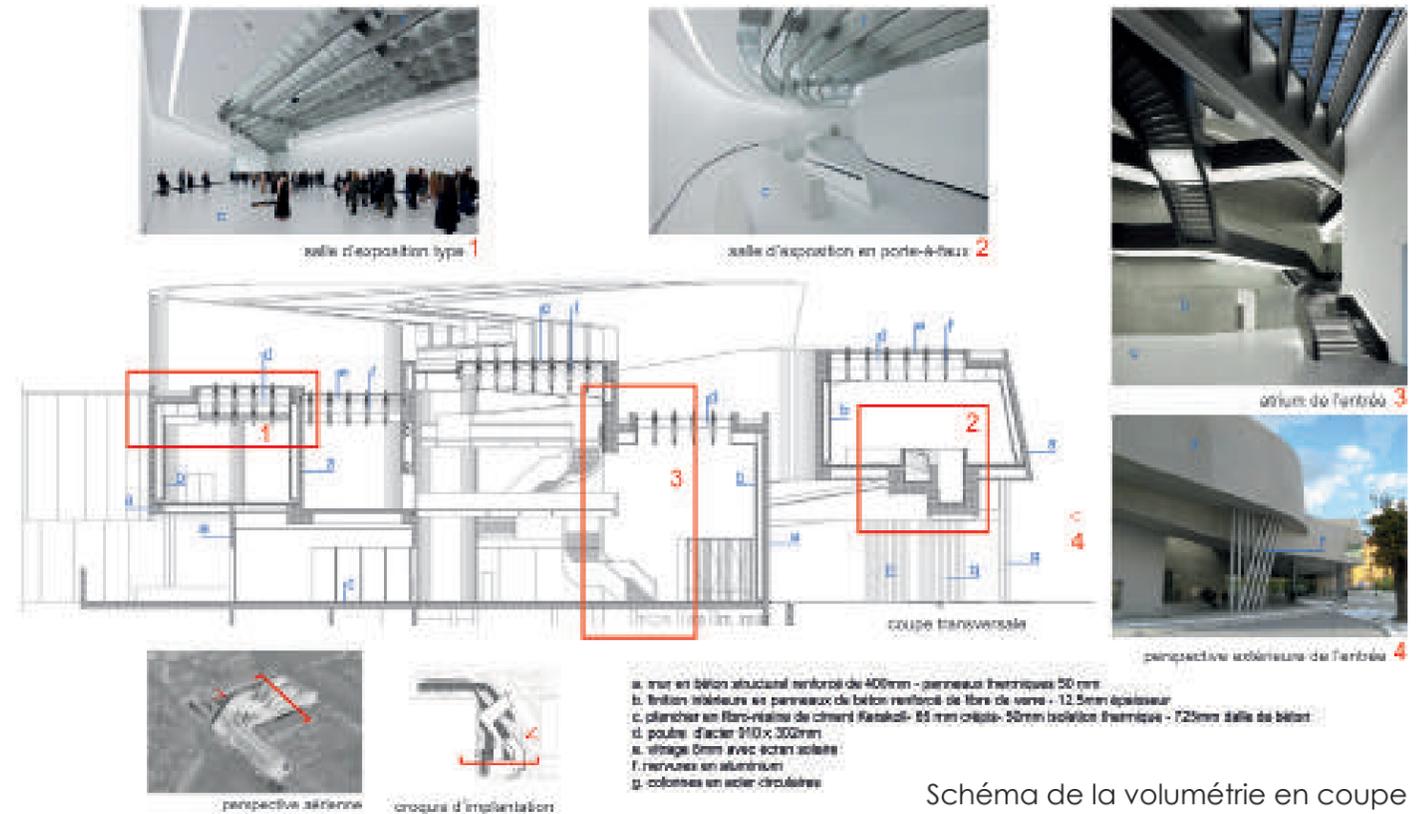
Un principe structural générateur du bâtiment a été élaboré et demeure constant sur l'ensemble du projet quoique la configuration des galeries reste modulable, autant en terme de géométrie de la paroi qui passe de verticale à courbe ou angulaire que par le toit qui passe de opaque à transparent en fonction des besoins. La structure du bâtiment est hybride et constituée de parois extérieures en béton architectural de 400mm, coulées et retenues en leur sommet par une série de poutres d'acier transversales qui permettent de dégager des parois vitrées pour une toiture dont la transparence puisse être modulée. La légitimité structurale de la composition a du être mise à l'épreuve à de nombreuses reprises avant de se traduire en réalité constructive.

Tout d'abord, le Maxxi a du être pensé en termes de en cinq bâtiments structurellement indépendants les uns des autres pour répondre aux différentes contraintes de mouvement. Un système de transmission de choc sophistiqué aura permis à la fois de rencontrer les normes sismiques du site d'implantation et de permettre la flexibilité requise face aux variations externes de température. Le musée est donc scindé par quatre joints d'expansions qui sectionnent le bâtiment de haut en bas et qui interrompent la continuité de la paroi de béton. Selon une stratégie d'interpénétration des volumes, les joints sont intégrés à la façade et demeurent donc très peu perceptibles de l'extérieur.

Le caractère monolithique de la composition est également mis en valeur par les différentes stratégies d'assemblage. La jonction de la base du mur, étant coulée directement sur la dalle de sol, ne présente aucun élément de séparation visuelle et semble donc fusionner avec son environnement immédiat. Les éléments en porte-à-faux quant à eux, donnent lieu à une exposition de la base de la paroi de béton dont l'épaisseur réelle est exprimée par une légère encoche sur la surface horizontale. Les nombreux porte-à-faux constituent en soi un défi d'ingénierie supplémentaire alors que les galeries en béton sont littéralement suspendues au-dessus du vide et supportées par une série de colonnades ponctuelles. C'est la technique d'une architecture soumise, au service de la forme et de l'espace produit. La dalle de plancher en béton des espaces en porte-à-faux connaîtra d'ailleurs un sur-épaississement important pour répondre aux pressions gravitationnelles, qui sera de l'ordre d'environ un mètre aux endroits susceptibles de fléchir.

L'enveloppe

Le cabinet de Zaha Hadid a pris en charge la supervision artistique sur le chantier afin de s'assurer que le design soit matérialisé selon les prémisses conceptuelles. Il a du géré de nombreuses complications et imprévus liés à l'emploi de méthodes constructives tout à fait innovantes. Une contribution énorme de la part de tous les intermédiaires aura été nécessaire pour permettre la réalisation de cette entreprise échelonnée sur 6 ans, dont près de 4 années auront été dédiées uniquement à la modulation des parois de béton.



La surface bétonnée équivalente à 40 000 mètres carrés et 50 000 mètres cube coulés sur le site, elle aura requis le travail continu de 100 ouvriers par jour, totalisant environ 1500 jours de chantier.

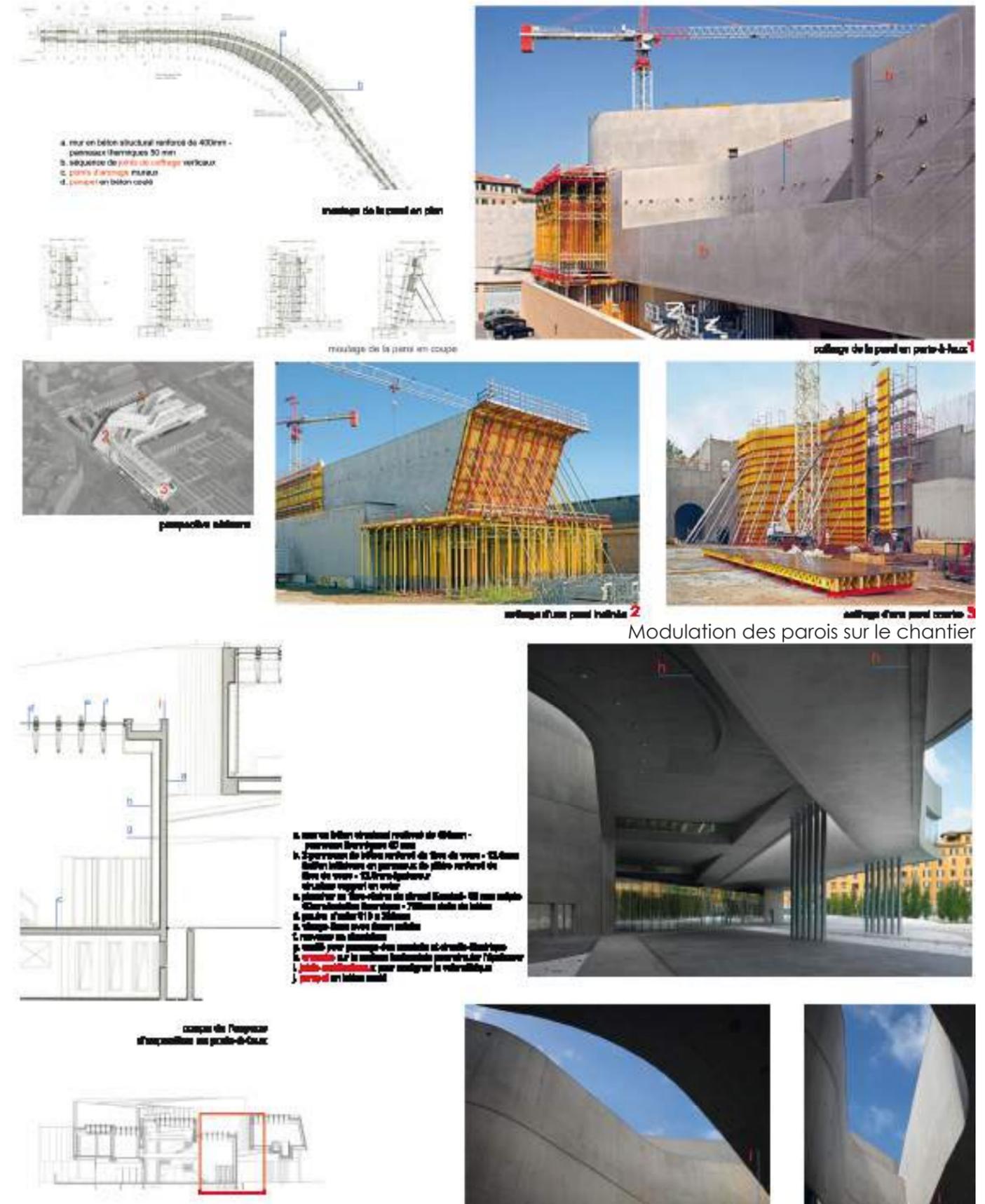
C'est la mise en œuvre in situ des voiles de béton qui aura permis de réaliser de tels éléments hors normes de par leur forme et leur dimension, pouvant atteindre jusqu'à 14m de hauteur. Leur réalisation repose sur un système de coffrage complexe et qui fait la fierté de son fabricant et des ingénieurs liés au projet. En réponse aux exigences d'une forme qui se métamorphose de paroi verticale à inclinée à une forme courbe, le système de coffrage, composé de minces lames métalliques verticales qui s'étendent sur la pleine hauteur du mur et de profilés horizontaux pour épouser la forme, aura fait appel aux outils technologiques de modélisation par ordinateur pour déterminer avec extrême précision la courbure des éléments horizontaux.

Les défis de réalisation concernent également les poutres de cette paroi qui font abstraction de la réalité gravitationnelle pour n'obéir qu'à la volonté de son propre design. Ainsi, l'étalement sera utilisé lors du chantier tant comme tour individuelle pour des hauteurs importantes que comme palée ou structure portante pour les surfaces horizontales. C'est ainsi que les éléments en porte-à-faux seront coulés à leur emplacement précis et la charge verticale sera supportée par un système d'étais complexe qui sera retiré ultérieurement. De plus, les charges de bétonnage latérales des parois inclinées devront ainsi être calculées préalablement et compensées par des éléments de contreventements temporaires et qui seront enlevés une fois la paroi moulée dans son ensemble et devenue autoportante.

Afin de répondre aux hautes exigences imposées en matière de béton architectural, la nature précise du béton sera déterminée suite à une longue expérimentation «ad hoc» pour l'obtention d'un mélange aux qualités esthétiques, structurales et de durabilité optimale. L'emploi d'un type de béton auto-plaçant avec une pression de bétonnage très élevée (allant jusqu'à 150kN/m²) présente la compacité nécessaire pour épouser avec précision une géométrie complexe et supporter la pression interne générée par une densité importante d'armatures métalliques de renforcement. Une finition lisse et homogène sera assurée par le grain très fin et la fluidité de ce béton haute performance.

Afin de permettre l'atteinte de tels standards dans la qualité de production du béton, des installations temporaires pour la fabrication et production de la matière ont été érigées en annexe du site d'implantation. Permettant non seulement un contrôle optimal sur la constance du procédé de fabrication et donc une homogénéité des propriétés de la matière, elles constituent également une garantie d'approvisionnement jusqu'à la complétion des travaux.

Les détails de finition de la surface de béton, tels que structure de surface, configuration des bords, joints et ancrages soit issus de la stratégie de moulage de la paroi. Les marques de coffrages des panneaux sont traduites par une séquence de joints à la verticale tandis qu'aucun joint de coffrage n'est visible à l'horizontal, la paroi ayant été coulée sur la totalité de sa hauteur. Des joints architecturaux ont toutefois été intégrés volontairement à certains endroits pour souligner le jeu volumétrique du bâtiment en épousant la courbe du mur horizontalement.



Les plaques d'ancrage murales ponctuent également la surface bétonnée et permettent la liaison structurale par les tirants d'ancrage entre le mur monolithique de béton et la structure métallique interne qui compose l'épaisseur de la paroi. Aucun détail n'est laissé au hasard pour assurer une intégration harmonieuse de la réalité constructive au contexte. Avant la construction de chaque section, un plan détaillé de la séquence de coffrage et de l'emplacement des points d'ancrage est émis pour guider la réalisation de l'ouvrage. Enfin, le parapet, ayant été conçu dans l'optique d'une esthétique monolithique, est moulé à même la paroi de béton sur sa face interne et demeure imperceptible à partir du sol. Il ne possède pas de solin de couronnement qui aurait altéré la cohérence visuelle du projet.

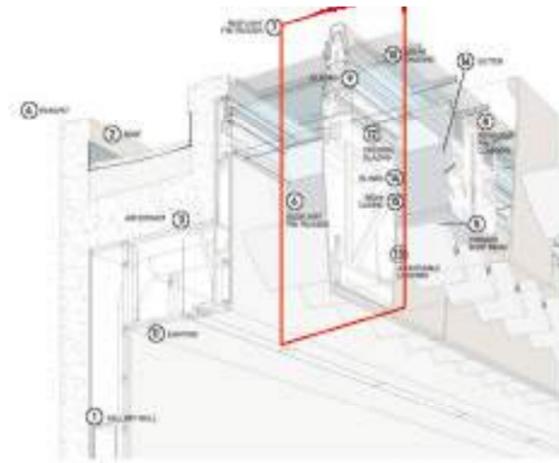
Déploiement spatial et espaces internes

Les différentes composantes internes sont harmonisées à la ligne de force imposée par les parois de béton, soit les éléments s'y inscrivent parallèlement, de façon perpendiculaire. C'est notamment le cas des différentes nervures qui font écho au mouvement de la paroi. Sillonnant la fenestration de la toiture, ces dernières sont principalement composées de poutrelles en treillis métallique dissimulées à l'intérieur d'une coquille en béton composite et qui supportent une partie des charges du toit, mais également les équipements pour l'éclairage zénithal artificiel et devient un dispositif de suspension polyvalent qui permet la mise en place de parois d'affichage suspendues, ancrage d'œuvre d'art ou d'éléments d'éclairage amovible qui se glissent le long du rail.

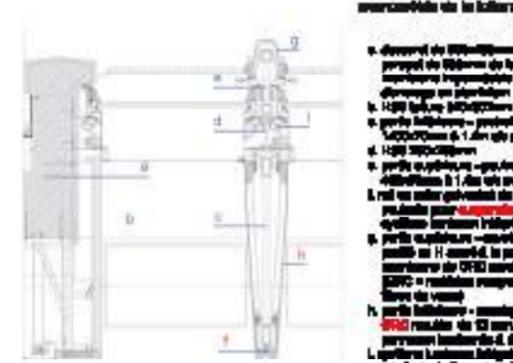
Seuls les éléments horizontaux du plafond s'inscrivent de façon perpendiculaire au mouvement de la paroi et se matérialisent de façon distincte selon l'emplacement de l'espace dans la volumétrie du musée. Lorsqu'ils bénéficient d'une ouverture zénithale, les éléments horizontaux de ces espaces prennent la forme de persiennes qui auront à la fois une fonction esthétiques et climatiques. Ces dernières seront segmentées au croisement des différentes nervures qui font écho au mouvement de la paroi (voir section ultérieure sur contrôle lumineux). Lorsque surplombé d'un second niveau, le plafond opaque constitue une succession entre plaques de plâtre et surfaces semi-translucides pour permettre la diffusion de la lumière fluorescente. La jonction entre les différents matériaux est uniquement révélée pour appuyer la lecture du mouvement. Telle est la raison d'être du retrait à la base de la paroi murale intérieure qui interrompt l'unité entre murs et planchers, où le traitement de la lumière en continu et fait écho à la modulation de la paroi. Ainsi, l'ensemble des joints des matériaux sont dissimulés pour simuler la surface continue qui se prolonge à l'infinie.

Circulation verticale

À l'image du flux circulatoire qui régit l'ensemble du projet, le réseau de circulation à la verticale prend la forme d'une véritable prouesse architecturale lorsqu'elle devient en suspension au-dessus des espaces de l'atrium. Les escaliers deviennent quasi autoportants et n'ont pour appui qu'un système de soutien latéral dans la paroi de béton porteuse. Des plaques d'acier y seront donc ancrées et soudées au cadre rigide de la structure de l'escalier, composée principalement de 2 modules latéraux liés entre eux par des profilés transversaux pour le contreventement et la rigidité nécessaire à l'assemblage. Ces éléments seront surmontés d'un grillage métallique structural qui matérialise les marches et les rampes et favorisent également la liaison entre les 2 structures distinctes.



rythme de suspension des nervures / escaliers d'art



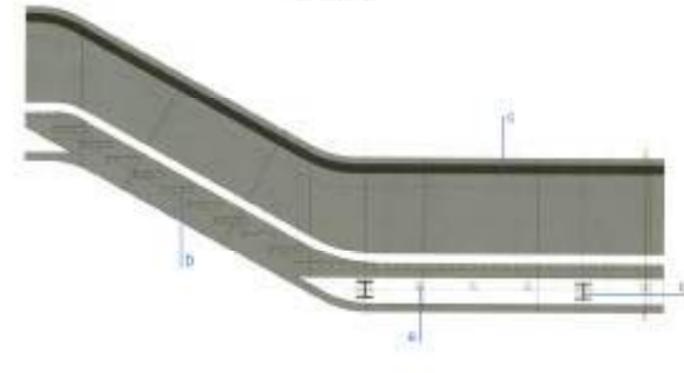
ancrements de la toiture

- a. structure de l'escalier - voir section ultérieure
- b. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- c. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- d. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- e. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- f. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- g. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- h. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- i. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- j. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- k. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- l. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- m. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- n. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- o. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- p. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- q. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- r. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- s. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- t. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- u. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- v. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- w. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- x. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- y. nervure de la toiture - voir section ultérieure
- z. nervure de la toiture - voir section ultérieure

Détails constructifs des nervures



rythme de suspension de la toiture



escalier

coupe-dévation longitudinale de l'escalier



- a. plaques d'acier ancrées dans le béton
- b. marches et rampes en grillage métallique 10mm
- c. profilés en acier de 3mm en parois d'acier de 3mm
- d. structure en profilés d'acier
- e. système de soutien latéral
- f. système de soutien latéral
- g. système de soutien latéral
- h. système de soutien latéral
- i. système de soutien latéral
- j. système de soutien latéral
- k. système de soutien latéral
- l. système de soutien latéral
- m. système de soutien latéral
- n. système de soutien latéral
- o. système de soutien latéral
- p. système de soutien latéral
- q. système de soutien latéral
- r. système de soutien latéral
- s. système de soutien latéral
- t. système de soutien latéral
- u. système de soutien latéral
- v. système de soutien latéral
- w. système de soutien latéral
- x. système de soutien latéral
- y. système de soutien latéral
- z. système de soutien latéral

ancre transversale de l'escalier



Détails constructifs des escaliers

Les modules latéraux seront individuellement composés de 2 profilés HSS qui épousent la forme de l'escalier et qui seront dissimulés à l'intérieur du volume du garde-corps, formé par un procédé de pliage de panneaux d'acier et qui seront dissimulés à l'intérieur du volume du garde-corps. Formé par un procédé de pliage de panneaux d'acier, le garde-corps permettra entre autre la formation d'une cavité d'accueil pour dissimuler la main-courante. Cet assemblage traduit une intention claire d'englober les composantes de la structure ainsi que leurs jonctions pour ne laisser apparaître qu'un élément massif et monolithique qui semble s'articuler librement dans l'espace.

Contrôle lumineux et climatique

Un système complexe d'éclairage hybride a été élaboré, combinant un principe d'illumination naturelle des espaces par ouverture zénithale et une série de dispositif lumineux artificiels. L'exposition à la lumière doit donc être bien gérée pour éviter les percées de lumière directe qui endommageraient les œuvres d'Art, où les ombres projetées qui altéreraient l'intégrité de la contemplation de l'œuvre. Tout d'abord, un grillage métallique a été érigé au-dessus de la paroi de verre pour empêcher la lumière directe de pénétrer mais celui-ci demeure transparent lorsque vue de dessous par les usagers. Sur le principe d'un brise-soleil posé à la verticale, les nervures de la toiture sont également modulées en fonction de l'angle de pénétration du rayonnement lumineux et une paroi de verre magnétronique constitue enfin un filtre contre les rayons ultraviolets qui risquent d'endommager le matériel sensible à la lumière.

Le système de persiennes qui caractérise l'espace d'exposition constitue un dispositif supplémentaire pour la diffusion de la lumière et afin de satisfaire les besoins lumineux spécifiques à chaque exposition, dont le moteur de contrôle est situé au sommet de la cavité interne des murs.

Enfin, un système bioclimatique complexe de récupération de l'air est intégré au système constructif des parois internes et de la toiture. Ce dernier est constitué entre autre d'un espace d'air entre le double vitrage de la toiture et ouvert sur un plénum scellé logé dans la cavité du plafond et relié à une série de conduits verticaux à l'intérieur de la cavité murale. Ce dispositif permet d'assurer une régulation des conditions ambiantes via la récupération de l'air à l'intérieur de la double paroi du plafond et son reconditionnement avant d'être redistribué dans l'espace de vie en continu le long de la base du mur.



Microcavité de la toiture

1. 1ère couche d'étanchéité supportée par les poutres de la dalle composite à 12,5m de hauteur de protection
2. Revêtement de la dalle composite
3. Vitrage en double vitrage avec remplissage gazeux
4. Vitrage de 12,5m de hauteur de protection sur cadre en aluminium composite avec une épaisseur de 100mm
5. Vitrage de 12,5m de hauteur de protection sur cadre en aluminium composite avec une épaisseur de 100mm
6. Vitrage de 12,5m de hauteur de protection sur cadre en aluminium composite avec une épaisseur de 100mm
7. Vitrage de 12,5m de hauteur de protection sur cadre en aluminium composite avec une épaisseur de 100mm
8. Vitrage de 12,5m de hauteur de protection sur cadre en aluminium composite avec une épaisseur de 100mm
9. Vitrage de 12,5m de hauteur de protection sur cadre en aluminium composite avec une épaisseur de 100mm
10. Vitrage de 12,5m de hauteur de protection sur cadre en aluminium composite avec une épaisseur de 100mm

Détails constructifs des dispositifs climatiques et lumineux

E. RAPPORTS ENTRE LES INTENTIONS CONCEPTUELLES ET LES ATTRIBUTS CONSTRUCTIFS DU PROJET

Les défis techniques imposés par les particularités du site d'implantation, notamment les variations de température et les mouvements sismiques, ont été littéralement masqués afin de répondre à l'idée conceptuelle de l'architecte. Zaha Hadid a conçu un bâtiment aux multiples parois continues et qui s'intègre au site non seulement par sa forme globale, mais aussi, dans les moindres détails de construction (Figure 28). Par exemple, tous les joints (expansion et au sol) des façades de béton ont été reconstruits à maintes reprises afin de répondre aux exigences élevées de l'architecte.

Les porte-à-faux exposent la base de la paroi de béton dont l'épaisseur réelle est exprimée par une légère encoche sur la surface horizontale (Figure 32). Cet élément de détail permet de renforcer la perception d'une paroi comme génératrice de l'espace et non de la forme comme le simple fruit d'une modulation volumétrique de l'ordre sculptural (Figure 33). Par conséquent, les joints ont dû être travaillés en ce sens. De plus, une attention particulière a été portée au choix du béton dans le but de rendre l'aspect lisse convoité par Hadid (Figure 31). D'ailleurs, la sélection de ce type de béton a aussi pour but de préserver à long terme ses qualités de luminosité et de finition lisse et uniforme. L'architecte semble refuser le vieillissement prématuré de son bâtiment même si celui-ci est ancré dans un contexte urbain historique.

Malgré l'aspect plastique de la forme, la réalité constructive du coffrage aura été exprimée avec honnêteté, hypothétiquement par intentionnalité conceptuelle, sinon par limitation matérielle. Chercher à dissimuler toute trace du processus devient parfois un illogisme tant en termes de coûts que d'expression du projet (Figure 29 et 30). L'échelle du construit exige un minimum de vérité. C'est ainsi que tous les détails de finition de la surface de béton, tels que structure de surface, configuration des bords, joints et ancrages soit issus de la stratégie de moulage de la paroi.

Les espaces internes ont été pensés selon une stratégie de conception similaire à celle de l'enveloppe. Tout comme la paroi de béton qui est ponctuée des marques de coffrage verticale, des éléments horizontaux réguliers au plafond qui s'inscrivent perpendiculairement au mouvement ondulatoire des parois latérales. ces éléments de répétition le long du parcours de l'utilisateur viennent rythmer l'espace et conférer une certaine cadence au mouvement. Ils demeurent un repère de la progression dans l'espace, mais également une unité de référence qui se rapproche davantage de l'échelle humaine dans un bâtiment où la force du mouvement est tellement ressentie qu'elle pourrait devenir oppressante. Exprimés selon une trame rapprochée, ils constituent les seuls éléments de saturation visuelle dans un espace monochrome dont l'ondulation de la paroi semble de prolonger à l'infini. En outre, les murs intérieurs bénéficient d'un traitement distinctif ; entièrement blanc, ils sont espacés du sol pour mieux afficher le mouvement du bâtiment (Figure 35).

Cela impose donc une rigueur constructive sans faille qui sous-tend un déficit autant dans la conception des détails que dans la complexité technique de leur réalisation. Afin d'accentuer l'effet cinétique des espaces internes, les détails constructifs ont été judicieusement dissimulés pour laisser place à la pureté du mouvement en premier plan.



Figure 28. Vue aérienne

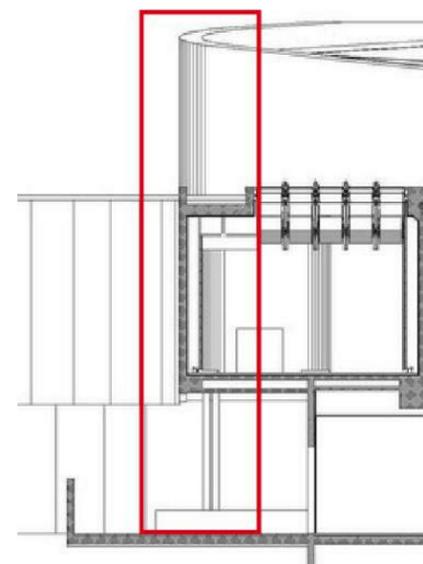


Figure 29 Coupe du mur



Figure 30. Détail de construction du mur



Figure 31. Mur fini

Les luminaires de même que tous les systèmes mécaniques ont été intégrés dans les plafonds des différents niveaux afin de créer un ensemble fluide. Fait important, les luminaires n'ont aucun cadre ni séparateur de section, ils apparaissent comme une ligne continue au plafond qui épouse la linéarité du lieu (Figure 34). Par ailleurs, les escaliers suspendus participent aussi à cette idée, particulièrement dans le hall puisque ce lieu est ouvert sur trois niveaux et assure la connexion visuelle entre différents niveaux et l'extérieur. De plus, l'escalier est traité de manière linéaire, d'aspect épuré et entièrement noir, ce qui lui confère une identité propre répondant à la fluidité de l'ensemble du bâtiment. Plusieurs détails y sont camouflés, par exemple les luminaires ont été intégrés sous les cages d'escaliers et la main courante y est aussi dissimulée.

D'autre part, l'utilisation des poutres d'acier transversales permettent de libérer la toiture afin de l'ouvrir sur son environnement (Figure 34). La visée, tout d'abord spatiale en permettant de voir le ciel à partir des espaces internes, est également celle d'un rendu optimal des couleurs et des formes par la lumière naturelle. Cependant, un système de régulation lumineux intégré aux nervures de la toiture a été instauré afin d'assurer un apport de lumière constant et prendre le relais lors de variations du rayonnement en provenance de l'extérieur (Figure 36). Chacune des galeries peut donc être adaptée en termes de luminosité et possède donc une ambiance qui lui est propre. Dans les salles d'exposition, les persiennes agissent comme un diffuseur de la lumière naturelle indirect qui assure un éclairage optimal et préservation des œuvres d'arts. De plus, les lames transversales, par le système d'accrochage pour les œuvres d'art, confèrent versatilité à l'espace muséal (Figure 35).

Pour sa part, la restitution de la caserne militaire, qui se caractérise par une construction indépendante et qui sera intégrée au volume de Maxxi, conserve son approche constructive orthogonale et beaucoup plus simple structurellement que l'ensemble du musée. L'architecte n'a pas intégré son contexte de linéarité à cet espace puisqu'elle ne voulait pas briser l'aspect historique de la rue principale.

Pour Hadid, chaque détail, tant les éléments de la toiture que les murs du bâtiment, sont prétexte à mettre de l'avant la relation intérieur-extérieur. Son concept est d'une grande précision, l'expression du mouvement et de la fluidité est mise de l'avant dans chaque décision afin d'appuyer et de renforcer l'idée conceptuelle tout au long du processus et juste qu'à la réalisation du produit final.



Figure 32. Détail porte-à-faux



Figure 33. Vue principale extérieure



Figure 34. Détail nervures



Figure 35. Ambiance intérieure

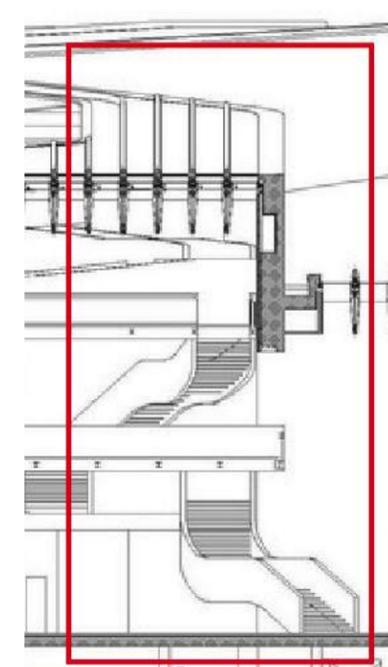


Figure 36. Détail des escaliers



Figure 37. Construction escalier

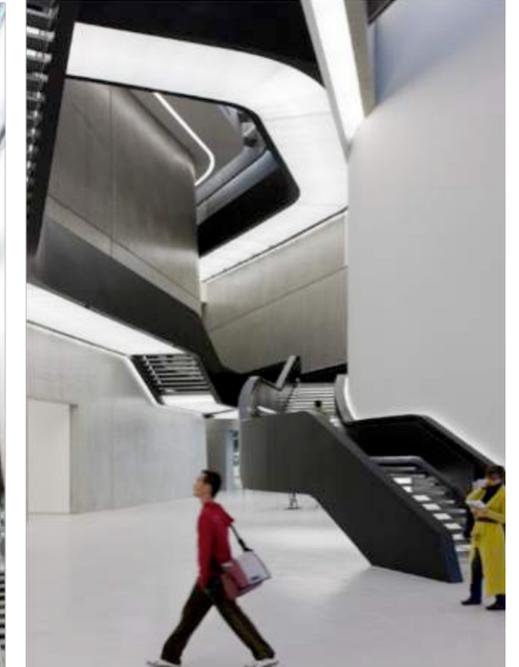


Figure 38. Escalier terminé

CONCLUSION

En somme, Hadid est un esprit révolutionnaire, fascinée par l'esthétisme élégant. La scénographie de ses projets est souvent amplifiée pour mieux faire ressentir l'instabilité due aux changements de notre époque, dans une sensibilité au territoire, à l'histoire. Bien que représentatif de son travail antérieur caractérisé par une sensibilité au contexte, le musée MAXXI marque un point important dans la carrière de l'architecte par la concrétisation d'une pensée architecturale dans sa forme la plus intègre, un bâtiment entièrement monochrome et paramétré où la fluidité demeure omniprésente dans l'ensemble des facettes de conception.

Zaha Hadid décrit son projet: « Le Maxxi n'est pas seulement un musée, mais aussi un centre culturel composé d'un tissu dense d'espaces intérieurs et extérieurs qui se croisent et dialoguent les uns avec les autres, à travers un entrecroisement de galeries qui s'ouvrent sur une grande place ».

Le Maxxi's cherche à redéfinir l'archétype muséal par une composition spatiale qui joue sur le sens de la perception en s'éloignant de la composition classique du mur, où les parois horizontales et verticales se confondent, le mur devient le sol qui se plie pour devenir plafond et où les parois sont éventrés pour faire place à de véritables terrasses d'observation qui surplombent les espaces extérieurs. Ces parois ondulatoires semblent de prolonger sans fin, on ne perçoit souvent ni le début, ni la fin, mais un mouvement cinématique omniprésent qui définit l'espace.

L'outil informatique constitue pour Hadid un simple médium de concrétisation physique de ses idées. La conception assistée, tout comme la construction d'ailleurs, demeure au service de la conception architecturale. La matière devient domestiquée, utilisée à des fins plus nobles, au service de la forme, de l'art.

Cette vision de l'architecte ne fait évidemment pas l'unanimité parmi tous, la conception du bâtiment ayant d'ailleurs fait l'objet d'une controverse. Dès son inauguration, le ministre de la Culture Sandro Bondi a été hué, le principal reproché à Zaha Hadid étant d'avoir privilégié les effets architecturaux et le gigantisme par rapport aux possibilités de mise en valeur des œuvres.

La légitimité de la démarche se considère également dans son ensemble. Issu d'une architecte dont l'œuvre se feuillette tel un portfolio artistique, où se côtoient dessins, peintures, maquettes, représentations graphiques, mobilier, bijoux, vêtements, il est peu étonnant de constater que le design demeure inexorablement le leitmotiv de la conceptrice.

BIBLIOGRAPHIE

Livres

SALINGAROS, Nikos A. (2008) Anti-architecture and deconstruction, Third edition, Umbau-Verlag, Solingen, Germany, 200 p.
BETSKY, Aaron, Introduction, Zaha Hadid : L'intégrale

Articles

MOORE, Rowan. (2009) Ten years in the making. Archit J 230 no18 (N 19 2009) pages 22-33

WILEY John & Sons Ltd Drawn into space. 2008. Images: pp 28-9, 30-1, 33-5
Zaha Hadid Architects; p 32 © Christian Richters

Possenti, Roberta Constructing MAXXI: an interview with Ing. Emiliano Cerasi Interventions Adapt Reuse 1 Aut 2009 p. 18-31
2154-8498
Rhode Island School of Design Two College Street, Providence, RI 02903

Dunlop, Ian Capturing Zaha Archit The Critics J 232 no15 O 21 2010 p. 41-5 0003-8466
EMAP Construct
151 Rosebery Avenue, London EC1R 4GB, UK

Racana, Gianluca MAXXI: Glass roof detail Archit J 232 no12 S 30 2010 p.68
0003-8466
EMAP Construct
151 Rosebery Avenue, London EC1R 4GB, UK

CIVA et la DARC, Exposition Maxxi musée Rome Zaha Hadid Architects : un espace pour la création contemporaine, vernissage 29/11/2007, 15 pages.

Sites Web et sources photographique

Projet de Zaha Hadid [En ligne], <http://www.arcspace.com/architects/hadid/maxxi2/maxxi2.html> (consulté le 28 novembre)

MAXXI , <http://www.froggydelight.com/article-8748-3-MAXXI.html> , consulté le 19 novembre 2011

Le MAXXI (Rome), <http://www.flickr.com/photos/dalbera/5845194637/>, consulté le 19 novembre 2011

Max Fordham (ingénieur du projet), <http://www.maxfordham.com/projects/maxxi/>, consulté le 19 novembre 2011

Maxxi Rome- complete, <http://www.designboom.com/weblog/cat/9/view/8164/zaha-hadid-maxxi-rome-complete.html>, consulté le 19 novembre 2011

Monographies

CHUMACHER, Patrik et RACANA, Gianluca. (2010) MAXXI :Museum of XXI century arts, NY, Rizzoli International Publications, 164 p

JODIDIO, Philip. (2009) Hadid : Complete works 1979-2009, London, Köln : Taschen, 599 p.