

# TP2

DES MODÈLES DE PENSÉE CONSTRUCTIVE : **LES LAURÉATS DU PRIX PRITZKER**



[Santiago CALATRA VALLS]



Par : Maude Émond-Pichette  
Marianne Lapalme Jodoin  
Nihad Tariq  
Gabriel Tessier

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

## Approche universelle et multidisciplinaire de l'architecture

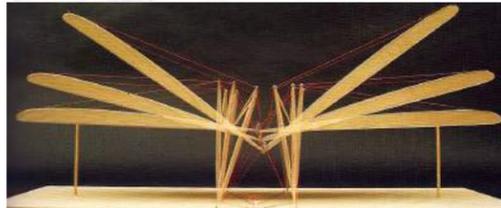
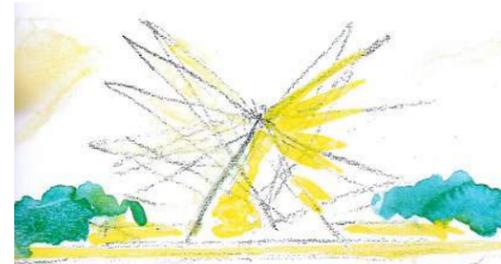
Né à Benimamet près de Valence en 1951, Calatrava reçoit une éducation formelle mais autonome qui l'aidera à définir son approche multidisciplinaire de l'architecture.

Dès l'âge de huit ans, il assiste à des cours à la faculté des Arts et Métier de Valence, où il est perçu comme un enfant exceptionnellement prodigieux. Calatrava achève, ainsi, son premier cycle, en 1975, à la faculté d'architecture et à la faculté des beaux arts à Valence. Puis, attiré par la rigueur des mathématiques, décelable dans de nombreuses grandes réalisations historiques (comme Ronchamp<sup>1</sup>), et estimant que sa formation scolaire ne lui a pas permis d'explorer toutes ses possibilités, il décide d'aller à Zurich pour étudier le génie civil à l'institut fédéral polytechnique. Cette transition vers une architecture aux représentations rigoureuses, abstraites et numériques se fera plus nette encore pendant ses années de thèses. La thèse de Calatrava, entamé en 1979, aborde un problème théorique des plus complexes. C'est une étude interdisciplinaire qui s'intitule De la pliability des structures spatiales. Calatrava veut produire et répertorier toutes les façons possibles de replier les structures spatiales tridimensionnelles jusqu'à les réduire à deux dimensions, puis une. Il élabore ces figures géométriques abstraites, en reliant des tiges rigides au moyen de jointures flexibles qui permettent au polyèdre de bouger dans son ensemble, en se pliant ou en se dépliant. À mesure que tiges et jointures changent de position, elles dessinent dans l'espace des courbes et des surfaces complexes. Ce qui importe, c'est qu'il suffit d'un mécanisme simple (tige et jointure) pour produire des formes flexibles et complexes. Cette thèse révèle la passion de Calatrava pour les découvertes concrètes en matière de conception qui va beaucoup influencer sa pensée constructive pour ses réalisations futuristes. Dès lors, Calatrava est habité par un désir crucial : « **faire en sorte que tout projet, tout aspect de projet (structure, canal ou couverture) s'ouvrent à des formes ondulantes, fuyantes, flottantes ; qu'il contribue à un univers fluctuant, où le pouvoir de changer et de transformer soit d'importance égale à la capacité de résistance ou de stabilité** » (A.Tzonis, 2005, p 26).



Les structures spatiales tridimensionnelles

Après avoir fini sa thèse en 1981, Calatrava applique ses découvertes théoriques en mettant en œuvre une pratique architecturale et industrielle qui donnent naissance à un univers architectural de rêve. À titre d'exemple, en 1979, il avait conçu le toit de la salle de squash d'IBA. Ce toit comporte des aspects polémiques qui annoncent ses œuvres ultérieures. À la fois édifice, jouet et machine volante, il met en valeur le rôle joué par Calatrava en tant qu'ingénieur, bâtisseur de rêves, sculpteur-architecte et penseur-fabricant de jouets. Il trahit son engagement technique, et démontre sa soif de mouvement et sa capacité à relever des défis intellectuels.



Croquis et maquette du toit de la salle de squash d'IBA

Dans sa démarche conceptuelle, Calatrava adopte deux procédés spécifiques pour élaborer un projet de conception : la méthode analytique et la méthode analogique. Les ingénieurs privilégient la méthode analytique, lorsqu'il s'agit de répartir les tâches et de respecter la scission admise entre architecture et conception. Par contre, artistes et architectes recourent à la méthode analogique. Ainsi, Calatrava passe outre les frontières artificielles qui isolent l'art de la technologie, l'action de la réflexion, la réminiscence de l'innovation, la résolution de l'émerveillement. Il suggère de nouvelles normes de travail en transformant nos perceptions culturelles sur un plan à la fois personnel et professionnel. Ces normes amènent Calatrava à puiser dans un inventaire précis des connaissances architecturales selon les exigences de chaque nouveau projet ; sa stratégie esthétique consiste à proposer des solutions optimales, à creuser les formes par des expérimentations audacieuses.

Ce qui distingue ses projets, c'est qu'ils remplissent leur mission sans jamais céder au compromis, mais en opérant des synthèses au haut niveau. Dès lors, ils requièrent des compétences multidisciplinaires, mais aussi la capacité de créer un processus qui révolutionne le design architectural, en proposant des solutions concrètes qui puissent être également des sculptures. Parce qu'il ne soucie pas de trancher entre l'art, l'architecture et la technique industrielle, la qualité de ses conceptions résulte d'une pensée collective et d'une authentique collaboration. Santiago Calatrava a ce talent inédit : il sait mobiliser différentes catégories de savoir pour les porter à un niveau universel de réflexion, pour inventer sans limites et émerveiller le monde entier par ces réalisations à la fois théâtrales, spectaculaires et structurellement solides.

Calatrava appartient à une génération de syncrétistes qui prône la pensée constructive universelle et multidisciplinaire, dont Antonio Gaudi, Pier Luigi Nervi, Felix Candela, etc, parmi lesquels il s'est fait remarquer. Sa contribution est d'importance si l'on note que la division admise entre architecture et génie civil entraîne aujourd'hui des coûts culturels et intellectuels, sinon économiques, bien supérieurs à ses profits. Cette division est de plus en plus source d'erreurs et de conflits et fait obstacle à l'innovation. Il semble donc urgent de faire à nouveau converger les diverses branches de cette discipline pour les inscrire dans un projet commun.

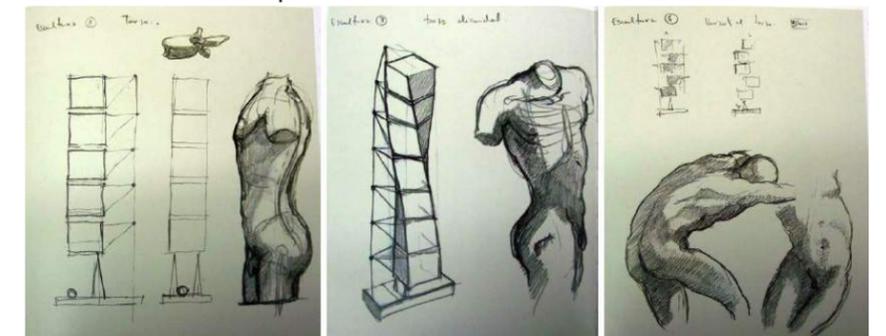
Il est un autre domaine où Calatrava démontre ses talents de syncrétiste. Le *rigorisme*<sup>2</sup> voyait dans la solidité un facteur crucial pour mener à bien un projet. Le *modèle galiléen* servait toutefois d'autres aspects des édifices, comme leur capacité à contenir ou protéger des activités humaines, des individus et des objets. Le *modèle architectural*, dès lors, ne se bornait pas à proposer une structure : il prenait en compte la fonction de « contenant » et d'« enveloppe » de l'édifice. Or, dans l'idée qu'il faut établir un partage des tâches, la plupart des concepteurs, fidèles à Galilée, se concentrent sur un seul aspect, une seule partie du projet. Calatrava, fidèle à ses valeurs d'universalisme, réunit ces trois aspects dans une synthèse formelle et y ajoute un quatrième critère : le mouvement.

## La nature comme source d'inspiration

Outre la profession d'architecte - ingénieur, Calatrava est aussi un artiste, peintre et sculpteur. Ses œuvres d'art sont pour lui un laboratoire de ses projets architecturaux. Il commence en dessinant, continue en faisant des sculptures, en développant des structures, débouchant ainsi sur l'élaboration des plans de ses bâtiments. Les dessins et sculptures de Calatrava évoquent un modèle anatomique, c'est pourquoi ses ponts, ses tours d'observation et ses agglomérations s'insèrent dans un paysage qu'ils mettent en valeur, comme si celui-ci constituait leur milieu naturel ou d'origine. Ainsi, selon Günther Feuerstein, l'architecture de Calatrava peut être qualifiée, d'une part d'architecture anthropomorphique en traitant l'homme, ses organes (œil, os, etc.), ses mouvements. Et d'autre part d'architecture zoomorphique et naturomorphique en étudiant les animaux et les plantes dans leur milieu naturel. Donc, une architecture dite biomorphique.

Toutefois, « **Calatrava ne recherche pas une mimésis formelle. Il ne pratique pas un « style organique** » (A.Tzonis, 2005, p 12). Ses combinaisons trouvent davantage une source d'inspiration dans la nature : il observe la façon dont les différents organismes opèrent et prospèrent. En œuvrant pour une morphologie du mouvement, il observe le corps en action afin de l'inscrire dans un univers fluctuant.

« **Looking at the natural construction of animals and birds has always been a fountain of inspiration for me. In my office I have the skeleton of a dog : I find the study of its bones, the way they are joined and the way they move is important in relation to my ongoing study and appreciation of architecture and engineering** » affirme Santiago Calatrava (Dennis Sharp, 1996, p10). Dès lors, les structures de Calatrava s'intègrent bien dans leur site et se fondent même dans le paysage à la façon d'un arbre en suscitant l'espoir et ranimant le désir.



Dessins des figures humaines en mouvement verticale (torsion)



L'analogie avec l'œil humaine de la coupole du Planétarium du musée des Sciences et des Arts de Valence

### La poétique du mouvement

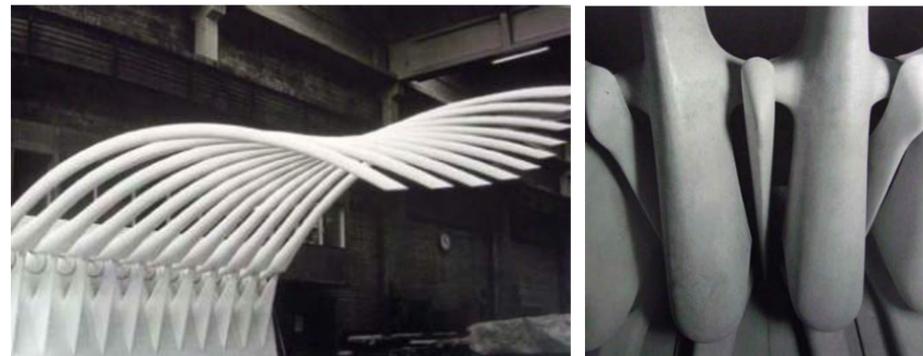
La fascination de Calatrava à la forme et au mouvement est clairement perçue dans un grand nombre de ses projets. Il y parvient de deux façons : Tout d'abord, en élaborant des composants structurels qui, selon les besoins, permettent de mettre en mouvement- déplier, soulever, faire coulisser, canaliser des objets, des personnes ou des véhicules -, puis, grâce à ces composants, en suggérant le mouvement par leur forme. C'est alors le plan même de l'édifice qui nous amène à reconsidérer le processus de résolution mis en jeu dans le projet. À cet égard, Calatrava ne fait que prolonger la mission séculaire des architectes : projeter une certaine signification dans les structures et les rattacher à un ensemble d'aspiration et de croyances. En repensant la conception, Calatrava propose un nouveau contexte où créer un monde fait par l'homme et pour l'homme ; **« un système qui se substitue au réductionnisme rigoriste et à sa passivité didactique ; un système qui opère entre la volonté d'apporter des solutions à des problèmes données et le besoin de montrer comment opère la conception. En somme, une poétique du mouvement »** (A.Tzonis, 2005, p 28). Calatrava élabore ce système en recherchant ce que nous avons appelé une conception optimale, avec un maximum de profits et un minimum de coûts, en poussant ses projets jusqu'à leur extrême limite. Il échouerait s'il les poussait au-delà de ce «point critique». En termes plus techniques, disons que si l'une ou l'autre variable du projet s'avère dépasser ce «point critique», les liens cèderaient entre les atomes d'un composant structurel et la structure s'écroulerait. Il s'agit donc de repérer cet intervalle tenu pour éviter l'échec de l'effondrement et atteindre une solution optimale. **« Calatrava y parvient techniquement et connaît simultanément une expérience esthétique puissante, qu'on qualifiée de «moment décisif». Ce terme fait référence à toute structure, sculpture ou même peinture qui intègrent une idée de mouvement »** (A.Tzonis, 2005, p 29). La structure, quoiqu'entièrement solide et fixe, donne l'impression d'un mouvement perpétuel ; parfois, elle semble à deux doigts de s'effondrer. Comme cité précédemment, les projets de Calatrava ont en commun une même exigence : confrontés à des difficultés pratiques, ils tendent de proposer des réponses optimales au moindre coût. Pour cela, Calatrava met en œuvre deux stratégies majeures : profiler les composants structurels et différencier les éléments choisis en tenant compte de leur fonction et de leur nature.

Profiler un composant, c'est en tracer le contour et la forme de façon à satisfaire aux célèbres critères de Galilée : **« Il serait utile de trouver pour chaque objet une forme adéquate qui assure sa constante résistance en tout point »** (A.Tzonis, 2005, p 31). Ainsi, le diamètre de l'élément peut subir d'imperceptibles modifications afin d'éviter ou d'atténuer l'abrupt transfert de forces qui nuirait à l'équilibre de la structure entière dont **« The center of gravity is not where you would expect it, but consciously somewhere else. This apparent lack of inherent equilibrium is the basis for the feeling of mouvement in Calatrava's work »** (Dennis Sharp, 1996, p21). Également, pour former une courbe régulière et continue, les éléments planaires convergent et tous les composants s'élargissent lorsqu'ils changent de direction dans l'espace. Ils se voient renforcés au point le plus vulnérable, mais leur extrémité conserve une forme élégamment fuselée. Aux yeux de Calatrava, le contour idéal tient compte des facteurs de torsion, de gondolage ou de déformation en soumettant l'élément à une élongation qui lui confère une extrémité fuselée.

Différencier les éléments, c'est diviser la structure en différents éléments distincts en assignant à chacun d'eux une fonction propre et un matériau adéquat. Si la structure doit être soumise à une double force de compression et de tension, il faudra la diviser en deux parties : l'élément, selon qu'il sera exposé à la tension ou à la compression, sera conçu à partir du matériau le plus approprié. Pour que les deux parties fassent preuve d'une efficacité maximale, il faudra les intégrer dans une structure susceptible d'accueillir et d'articuler l'ensemble des éléments selon leur fonction : construire, canaliser ou couvrir. Cette conception anatomique de l'architecture anime la structure d'un mouvement explicite au vu de sa configuration, implicite dans le choix de ses matériaux.

Ainsi, Calatrava s'appuie sur chaque nouveau projet pour générer des formes raisonnées : d'une part, il multiplie les études en coupe d'une colonne ou d'une poutre censées étayer des masses variables ; et, d'autre part, il procède à l'articulation des composants, dont il choisit toujours la matière selon leur fonction.

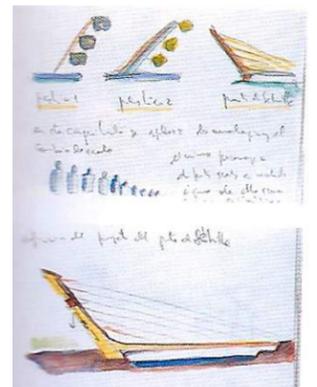
Toutefois, Profilage et différenciation constituent des étapes secondaires ; en premier lieu, Calatrava configure son projet, choisit la forme globale de la structure et articule les éléments. Cette phase conceptuelle initiale, qui joue un rôle décisif dans la procédure de conception et qui demeure pour nous pleine de mystère, peut donner lieu à des découvertes cruciales... ou générer d'innombrables erreurs. Or Calatrava excelle dans cette phase hautement créative : elle montre le caractère universel de sa pensée et son aptitude à produire des synthèses.



Machine à ombre en action faite de « doigts » en béton

### L'interaction entre mémoire et invention

L'interaction entre mémoire et invention joue un rôle clé dans le travail de Calatrava. Souvent ignoré par les concepteurs, ce principe esthétique donne sa cohérence à la poétique du mouvement de Calatrava. La typologie élaborée porte ses fruits au fur et à mesure que l'esprit s'éveille dans le processus de conception. Comme l'analyse et l'analogie, l'expérience du passé (préalable nécessaire à l'analyse) et l'inventivité sollicitent la mémoire. Selon Alexandre Tzonis, Calatrava s'inspire de toute une gamme de précédents en histoire de l'art. Ses croquis du corps en mouvement rappellent les dessins de danseuses de Degas ou de Rodin. Néanmoins, il se distingue de ces artistes en ce qu'il veut ressaisir la morphologie abstraite des figures en mouvement. De même, quoique ses sculptures rappellent les œuvres de Naum Gabo, Kenneth Snelson Antoine Pevsner ou Max Bill, les formes abstraites de Calatrava font état d'une intention originale : redécouvrir, au moyen de combinaisons formelles abstraites, les règles de la morphologie et le mouvement du corps en acte. En combinant ces deux approches, **« les investigations morphologiques de Calatrava se rapprochent de la tradition humaniste, de l'homo universalis rêvé par Léonard de Vinci et Goethe dans leur désir de pénétrer la structure des organismes naturels et des formes abstraites pour mieux faire le lien entre sculpture et mouvement »** (A.Tzonis, 2005, p 222). De ce fait, le raisonnement géométrique et mathématique de Calatrava lui rapproche davantage à plusieurs artistes comme Vinci en élaborant une nouvelle morale de l'action et du désir.



Pont Alamillo, Espagne. Croquis et diagramme en coupe des forces qui démontre la stratégie d'optimisation et d'efficacité fondées sur le profilage et la différenciation.

<sup>1</sup> Ronchamp du Corbusier frappe le jeune Calatrava par sa structure complexe qui l'oblige à préciser ses idées en matière de forme.

<sup>2</sup> « Un mouvement critique qui cherche un nouveau système de croyances qui tient à l'élaboration d'édifices dépouillés, réduits à leurs composants élémentaires, dépourvus de tout ornement futile. Il entend mettre en valeur les composants structurels et mécaniques, jadis confiés aux soins des seuls ingénieurs ». (A.Tzonis, 2005, p 16)

## B. DESCRIPTION DU PROJET

### LOCALISATION

Le projet de la station de Lyon-Saint Exupéry TGV, autrefois appelé gare de Satolas, est une nouvelle ligne ferroviaire. Située à une vingtaine de kilomètres du centre-ville de Lyon, la gare se situe à l'ouest de la France. Réalisé dans le but de limiter la décélération des TGV et de desservir l'Aéroport Lyon-Saint Exupéry, l'ouvrage a été commandé par la Chambre de Commerce et de l'Industrie de Lyon (CCIL).

Fait important, l'aéroport de Lyon a été l'un des premiers à être desservi par une station TGV, quelques semaines seulement après Roissy CDG. La gare, en plus d'être un point de connexion important pour les TGV et les avions, est aussi une entrée au cœur du système régional de routes et de rails.



VUE AÉRIENNE

### CONCEPTEURS

Dessinée en 1989, la gare fut inaugurée le 3 juillet 1994 en même temps que le nouveau tronçon de ligne de 115 km. Suite au concours remporté par l'architecte Santiago Calatrava, la construction fut placée sous sa maîtrise d'ouvrage conjointement avec l'agence d'étude des gares de la SNCF. Chiffré à 750 millions de francs (à l'époque), son coût total fut divisé entre les requérants et 270 millions furent aux frais de la région.

### DESCRIPTION CONCEPTUELLE

La gare, symbolisant un oiseau prenant son envol, apparaît comme une figure emblématique donnant à l'aéroport et à la station de train l'identité dont elle avait besoin à titre de porte de la région. Calatrava, dans son choix d'implantation, explique d'ailleurs avoir fait un clin d'oeil à l'existant en implantant la gare en position miroir par rapport à l'aérogare en place.



VUES EXTÉRIEURES DU BEC DE L'OISEAU

Le style de l'architecte est fidèle son habitude, c'est-à-dire qu'il est empreint d'une forte expressivité structurale. Selon les points de vue, son langage formel évoque parfois d'amples squelettes de béton ou encore des ailes de métal et de verre.

Les deux principaux arcs de métal convergent vers le même point et forment ainsi le bec de l'oiseau. La symbolique de l'envol est d'autant plus forte et dynamique compte tenu de la proximité d'un aéroport. De chaque côté de la gare, les quais nous donnent l'image d'une haie d'honneur constituée de plusieurs hommes. Ils saluent ainsi le passage des TGV qui traversent quotidiennement la station à 300km/h en quelques secondes.



COUPE 3D DES QUAIS

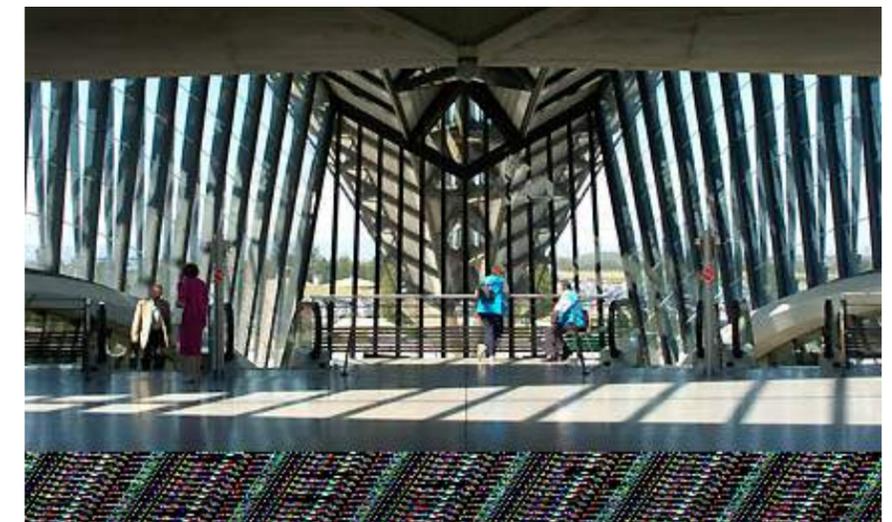
### DESCRIPTION FACTUELLE

- 12 trains quotidiens desservent la station dès l'ouverture de la gare,
- Le nombre de passagers qui transitent annuellement est de 491 579 voyageurs.
- Les deux principaux arcs de métal font 120 mètres de long et 40 mètres de haut.
- La station de train a une superficie de 5600 mètres carrés.
- Le toit de 1300 tonnes du hall central mesure 120x100 mètres et possède une travée maximale de 53 mètres.



VUE INTÉRIEURE

- Un espace déambulatoire de 300 m de long est situé au-dessus des voies rapides.
- La gare comprend cinq voies et s'étend sur 400 m de long.
- Les deux voies centrales sont isolées dans le « tube 300 » et sont parcourues par les trains de grande vitesse.
- Les trois voies latérales desservent deux quais disposés de part et d'autre du tube central.
- À l'ouest, une réserve de terrains a été prévue pour une future liaison ferrée avec Lyon.
- À l'est, une seule voie est en place, mais l'emplacement de la deuxième est réservé et le quai est construit.



DÉAMBULATOIRE

## AMBIANCE ET MATÉRIALITÉ

Du point de vue de l'aéroport, la gare est joignable par deux ponts routiers qui donnent accès à l'entrée arrière, mieux connu sous le nom du « dos de l'oiseau ». Cette entrée est surélevée par rapport à l'avant de la gare, ce qui explique les différents paliers au sein du bâtiment.

De ce fait, l'installation de nombreux escaliers roulants permet aux voyageurs de se diriger vers l'espace du hall central, pour ensuite accéder aux différentes plateformes d'embarquement, une fois de plus, grâce aux multiples escaliers mécaniques.

Au niveau du sol, au-dessus du tube central permettant le passage des TGV, l'espace déambulatoire permet aux voyageurs d'accéder aux deux quais et à leurs différentes voies, encore une fois par les escaliers mécaniques. Cette section est entièrement recouverte d'un toit cylindrique de béton et est munie de nombreuses verrières en forme de pyramides sur toute sa longueur. L'éclairage naturel y est ainsi grandement favorisé.



VERRIÈRES



DÉAMBULATOIRE BAINÉ DE SOLEIL

À droite, sous le bec de l'oiseau, on remarque la section à voie unique. L'espace pour une deuxième voie est présent, mais son utilisation n'est toujours pas nécessaire.



VUE DE LA VOIE UNIQUE

En regardant vers la gare, à partir de la voie du train régional, la station semble être comme un pont jeté par-dessus les voies. Le bâtiment est relié directement à l'aéroport international de Lyon-Saint Exupéry par une longue passerelle de 250 m. Cette dernière est équipée d'un tapis roulant, avec comme seul obstacle, la voie ferrée à franchir.

La structure du bâtiment est clairement définie : au centre, le « tube 300 » des TGV est surplombé par l'espace déambulatoire. Les quais sont dans les sections extérieures : à gauche vers le sud et à droite vers le nord.

Le choix des matériaux est plus que réfléchi et leur hiérarchisation est clairement exprimée : le béton sert de base et de soubassement alors que le métal et le verre, plus légers, sont utilisés pour le hall et la verrière.



VUE LATÉRALE, STRUCTURE ET MATÉRIAUX



VUE INTÉRIEURE VERS L'ENTRÉE PRINCIPALE

L'ouvrage de béton armé est couvert d'un toit en acier. Le hall central est recouvert d'une grande structure métallique formant les deux ailes évasées de part et d'autre.

À la pointe du déambulatoire se trouvent deux « langues » en porte à faux qui, bien qu'elles offriraient des espaces cafés formidable ne sont que très peu utilisées

De nombreux services sont disponibles au sein de la gare. On y retrouve entre autres, une billetterie, des boutiques, restaurants et un accès à l'aéroport par la galerie surélevée.



LANGUE EN PORTE-À-FAUX

## FAITS DIVERS

Fait intéressant du projet, le gagnant du concours devait n'être en charge que de la conception du bâtiment principal, les quais étant à la charge de la SNCF. Une fois le concours remporté par Santiago Calatrava, ce dernier a réussi à faire valoir ses idées et à faire comprendre l'intérêt d'un ouvrage entier à la SNCF.

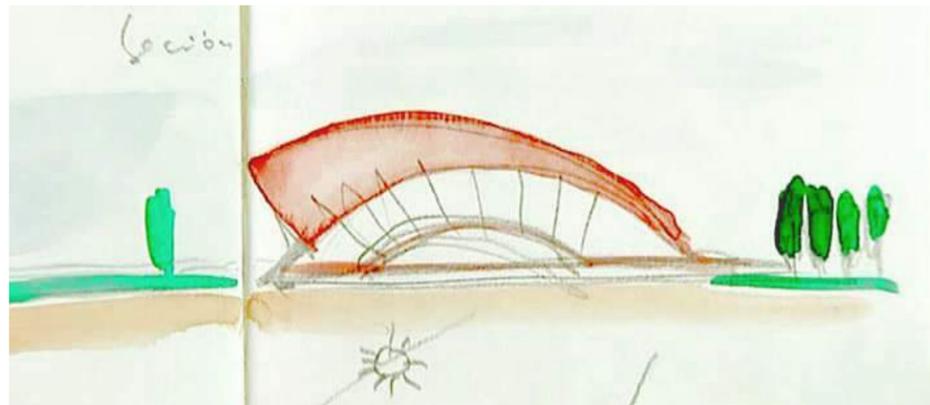
Malheureusement, à ce jour, le projet n'est toujours pas utilisé à sa pleine valeur. Les voyageurs ne sont pas assez nombreux et l'occupation souffre d'un flagrant manque de dynamisme. Le bâtiment, si prestigieux soit-il, manque de vie en comparaison à l'énergie insufflée par son architecture.

Étonnement, la proximité de l'aéroport n'a toujours pas engendré le trafic espéré sur la ligne à grande vitesse.

## C. INTENTIONS CONCEPTUELLES SOUS-JACENTES AU PROJET

### 3 aspects de la commande « Un monument à la campagne »

De façon générale, la commande des autorités du Rhône et de la Chambre de commerce et des industries de Lyon était de créer un symbole, un geste architectural qui marquerait le territoire de la région. Par conséquent, le bâtiment de Calatrava répond à la demande par un immense hall qui marque le paysage et qui offre une nouvelle porte d'entrée pour la ville : « Un hall monumental, visible de partout, une forme expressive que tout le monde appelle l'oiseau. » (Copans et al., 2001) L'oiseau; c'est ainsi que les gens l'ont baptisé.



L'implantation de la gare devait s'harmoniser avec un obstacle non négligeable, une tranchée d'une largeur correspondant aux six rails de TGV. Calatrava prit position en implantant le bâtiment sur le dessus de cette immense fente, en réalité, la proposition de Calatrava enjambe les voies ferrées à la manière un pont. En effet, de façon schématique le projet est un emboîtement entre deux éléments : un pont et un toit. Le plancher du hall est construit à la manière d'un tablier de pont retenue par des arcs structuraux de chacun des côtés et l'immense toiture donne l'impression d'y être déposée. Ce geste au-dessus des voies de transport, que chaque voyageur doit traverser soit en passant par dessous en TGV ou en marchant dans le grand hall, joue le rôle de porte d'entrée pour la région tout en offrant une expérience spatiale pour les passagers.

Le second aspect qui a guidé les prises de décisions conceptuelles de Calatrava est l'arrimage avec l'existant. L'implantation de la gare est située à proximité de l'aéroport international de Lyon-Saint Exupéry, l'objectif était de faciliter les transferts entre les différents moyens de transport. L'aéroport a été construit dans les années 1970 par l'architecte Guillaume Gillet, cette infrastructure est articulée par un bâtiment central et deux ailes basses de part et d'autre. Calatrava prit parti de réinterpréter cette disposition de bâtiments pour la nouvelle gare, le hall agit comme point central et de chaque côté en contre bas, un long toit couvre les rails sur plus de 400 mètres. Pour le détail de cette toiture, Calatrava reprit l'idée des puits de lumière présents sur le bâtiment de l'aéroport et les a intégrés à la structure de la toiture en les travaillant à son image.

### Ligne directrice

Pour Calatrava chaque projet d'architecture fait partie d'une démarche de recherche création à la jonction entre les professions d'artiste, d'architecte et d'ingénieur. Comme le met en évidence Alexander Toznis dans son ouvrage sur Calatrava (Santiago Calatrava, the complete work, 2007), la démarche conceptuelle que l'architecte privilégie est marquée d'une ligne directrice très forte. Dans chacune de ses réalisations, il exploite les thèmes suivant : le points de repère, la création par analogie, l'exploitation du point critique et le mouvement. Par conséquent on retrouve à travers la conception de la gare de Satolas, plusieurs de ces thèmes et principes :



### Point de repère

Marquer le paysage est l'un des thèmes qui se retrouvent fréquemment dans les œuvres architecturales de Calatrava. Le contexte dans lequel la gare de Satolas vient s'implanter est particulièrement propice à ce type d'approche. Implanté dans une plaine, entourée de hautes herbes et d'une ligne d'horizon délimitée par la présence des montagnes, l'oiseau prend place sur le site entamant un dialogue avec les lignes obliques des montagnes. Pour Calatrava, il était important que l'élément signal s'intègre parfaitement dans le paysage. Il prit parti de mettre en évidence seulement un élément de la réalisation même si en réalité la gare est beaucoup plus imposante quelle ne le laisse paraître. Son intention était de répondre au paysage en venant ponctuer le paysage avec le volume que constitue le hall. C'est en mettant en évidence seulement un élément que Calatrava réussit à créer un point de repère identifiable de loin. En plus de la forme évocatrice du bâtiment en lien avec le paysage, la lisibilité de celui-ci est amplifiée par un effet de lanterne au coucher du soleil. Ce traitement de mise en valeur d'un seul volume facilement identifiable favorise la création d'un sentiment identitaire régional.

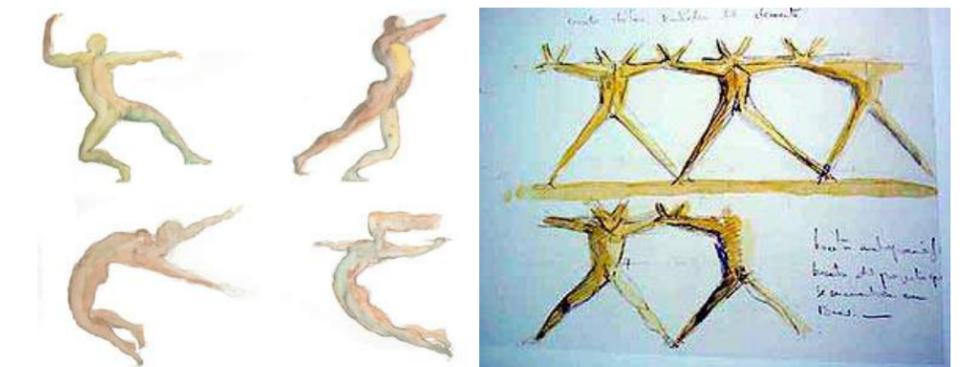


### Création par analogie

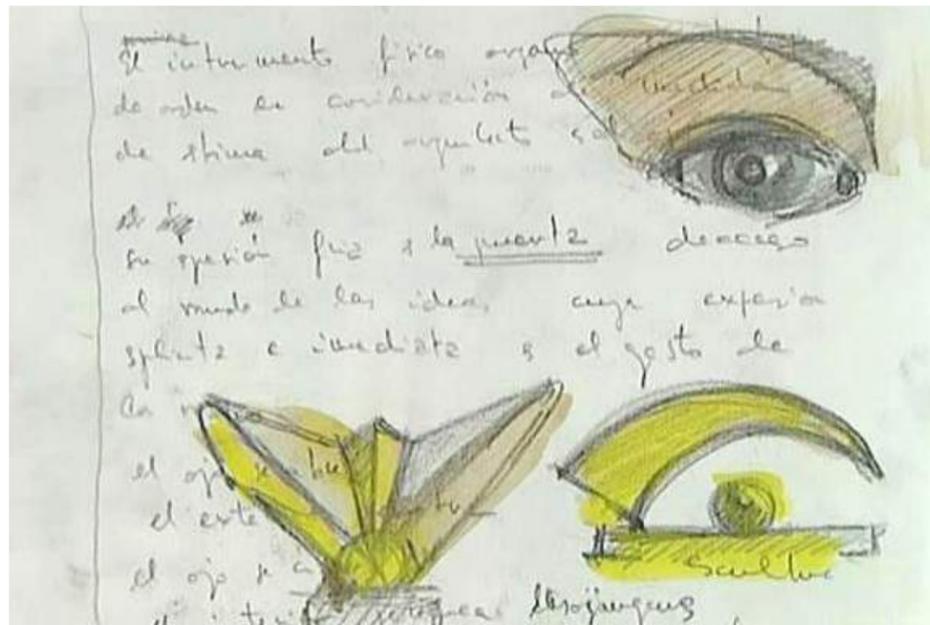
Pour Calatrava, les premières manifestations d'idées conceptuelles, souvent génératrices de projets d'architecture, sont exprimées à l'aide de dessins, d'aquarelle ou de sculpture. La démarche artistique qu'il emprunte est un outil de recherche avec lequel il explore des possibilités structurelles et architecturales :

« Personnellement pour faire une architecture originale et personnelle, je dois passer par un travail de recherche. Et ce travail de recherche se matérialise dans les sculptures et sur le dessin. C'est sur cette base que je crée un vocabulaire qui essaie de transgresser la frontière entre architecture et sculpture. » (Calatrava, In Copans 2001)

En réalité, tout le travail de Calatrava est teinté par son intérêt pour la nature et en particulier pour le corps humain. Ses cahiers de croquis constituent un répertoire de formes humaines dans différentes postures ou d'éléments naturels où il décortique les mouvements afin de figer les êtres dans une position qui transmet une intention recherchée. Toznis explique que la méthode analogique permet à Calatrava de réconcilier le côté scientifique et artistique de la création et résoudre de nouveaux défis techniques.



Son vocabulaire formel issu de ses croquis est ensuite exploité dans un processus analogique où il transfère la forme d'un corps humain en sculpture et ensuite en architecture. De fait, cette approche de conception par analogie est à la base de sa démarche créatrice. Fasciné par les éléments mobiles, cette démarche de création lui permet d'exprimer la poésie du mouvement d'abord de façon artistique et ensuite de traduire cette intention dans une structure génératrice d'architecture. Ce passage entre différents médiums caractérise la démarche artistique de Calatrava, l'idée de base n'est pas associée à une finalité précise ni à une échelle de réalisation. Cette façon d'aborder la conception lui permet de passer de l'échelle du dessin à celle de l'objet et a enfin à l'échelle du bâtiment en exploitant la même idée directrice.



Le concept et la volumétrie du nouveau bâtiment de la gare de Satolas s'inscrivent parfaitement dans cette démarche créative où l'intention conceptuelle est puisée dans un répertoire formel que constitue sa recherche. En effet, l'origine de la forme de la gare est issue d'une sculpture conçue par Calatrava dix ans au paravent. D'abord traduite par le dessin et l'aquarelle, cette sculpture métallique comprenant une sphère mobile a été engendrée par des croquis d'études ayant comme thèmes l'œil. Toujours représentés à la façon d'une élévation, les croquis expriment bien le cheminement de pensée de Calatrava. Inspiré de l'oeil de le l'arcade sourcilière, on perçoit à travers les croquis comment Calatrava travaille avec les différentes élévations pour développer un concept générateur d'espace. Dans le cas qui nous intéresse, son étude sur la forme débute par un schéma et une épurée son sujet. Par la suite, il considère la forme sous un autre angle et extrapole une volumétrie qui se déploie dans l'espace. C'est ainsi que la volumétrie de la sculpture a émergée des croquis de Calatrava.



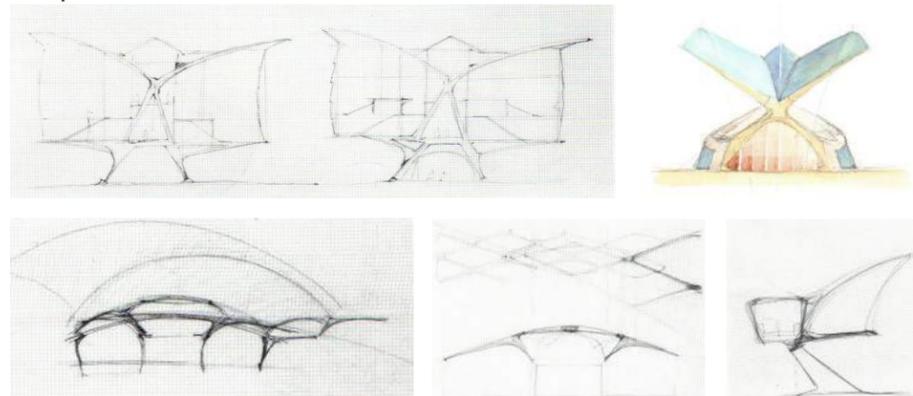
Un aspect intéressant dans la démarche de conception de la gare de Satolas est de comprendre, toujours à l'aide de croquis, le passage entre les deux échelles de création et de réalisation. Plus précisément, on comprend que l'analogie de l'oeil qui a donné naissance à la sculpture a été adaptée au concept de la gare. Dans les croquis de Calatrava, on comprend que dans le passage entre la sculpture et l'architecture la forme sculpturale qui représentait un œil est devenue évocatrice d'un oiseau prêt à prendre son envol.



En utilisant cette sculpture comme inspiration pour Satolas, Calatrava exploite le changement d'échelle comme un aspect expérientiel du bâtiment :

« Quand vous êtes à Satolas, vous êtes à l'intérieur vous ne regardez plus la forme, vous pénétrez la sculpture, ce est-ce que l'architecture à comme vertu par rapport à la sculpture parce que vous pouvez y entrer. Alors ça vous donne une dimension complètement différente ». (Calatrava, In Copans 2001)

Comme Calatrava l'indique, l'architecture a comme particularité de pouvoir être habitée. Par contre ce nouveau rapport d'échelle entraîne une conception bien différente structurale et matérielle. À travers les croquis préliminaires de conception, on perçoit différentes solutions envisagées par Calatrava pour résoudre les défis structuraux qu'engendre le passage de la sculpture au bâtiment.



### Le point critique

À la jonction entre la forme et la structure, Calatrava exploite dans ces créations autant architecturales que sculpturales un aspect que Tzonis nomme : « le point critique » où l'on sent en regardant ses structures, à la fois la solidité permanente et la possibilité d'une décomposition soudaine. L'idée est de créer une expérience cognitive à partir d'objets fixes. Cette approche jouant avec la dynamique de l'équilibre fait partie des thèmes de recherche privilégiés par Calatrava. Dans le cas de Satolas, la sculpture qui est à l'ori-

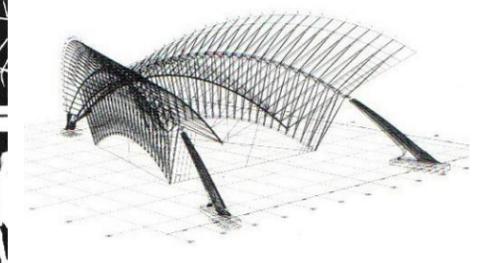
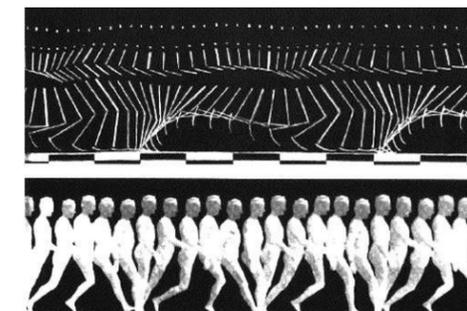
De façon plus concrète, au niveau architectural Calatrava affectionne particulièrement la figure du porte-à-faux. Toujours en s'inspirant de la nature, il explique le concept du porte-à-faux de cette façon : « Protubérance qui sortent d'un corps, qui reste dans le vide, ce n'est pas une forme étrange, c'est une forme reliée à la manière dont la nature travail. » (Calatrava, In Copans 2001)

Dans les constructions de Calatrava, le concept du point critique est souvent accompagné par l'idée de l'optimisation de la matière. Ainsi, chaque élément structural exprime les charges qu'ils soutiennent par leur forme, mettant en évidence la quantité de matière nécessaire à l'équilibre de la structure. Cette façon d'exprimer la matière, rejoint en quel que sorte les concepts de légèreté, d'élégance et de mobilité qui font aussi partie intégrale des œuvres de l'architecte.

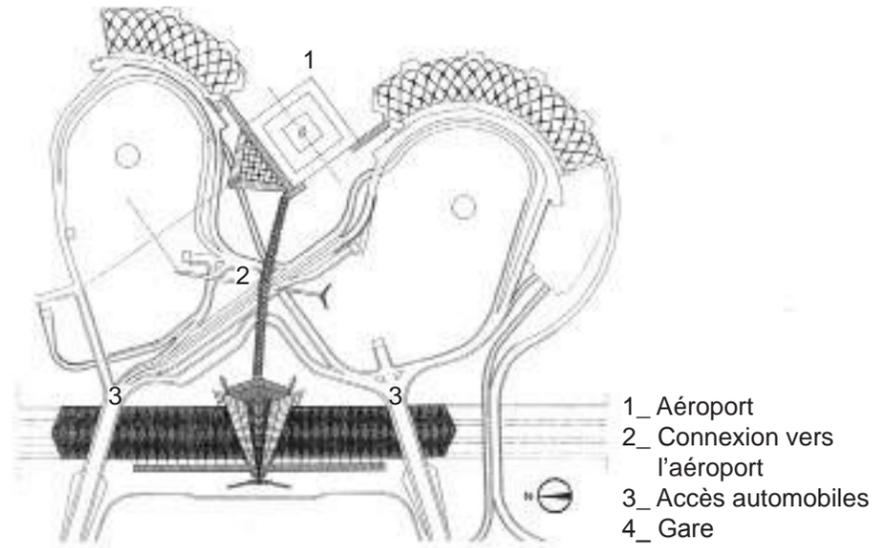


### La décomposition du mouvement

« Un esprit à la recherche du mouvement, une tentative de suspendre le temps. » (Copans et al., 2001) C'est vers cet objectif de suspension du temps que Calatrava dirige sa recherche formelle vers l'expression de mouvements : « Il y a un moment où les sculptures essaient de saisir un instant, par exemple, saisir l'envol d'un oiseau. » (Calatrava, In Copans 2001) L'exemple que donne Calatrava s'applique très bien dans le cas de la conception de la gare de Satolas; seul au centre des plaines l'oiseau prépare son envol. Pour arriver à saisir le moment désiré à travers un mouvement, Calatrava dessine des séries de croquis illustrant la décomposition du mouvement et par la suite un de ces dessins sera sélectionné pour une conception. Dans cette démarche Calatrava met en relation les notions de temps, de force et de mouvement mettant en lumière son ambition de cristalliser à la fois chacune de ces variables : « dans la force, il y a du temps, les forces sont des mouvements, mais des mouvements cristallisés » (Calatrava, In Copans 2001)

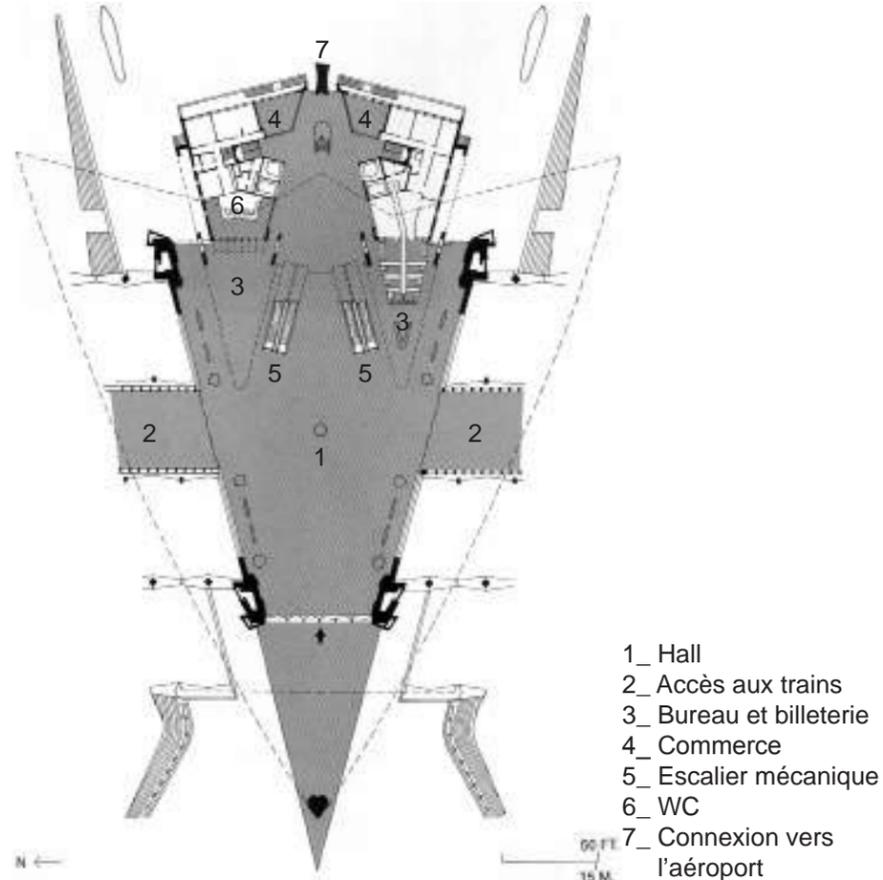


## D. ATTRIBUTS CONSTRUCTIFS ET DÉTAILS DU PROJET



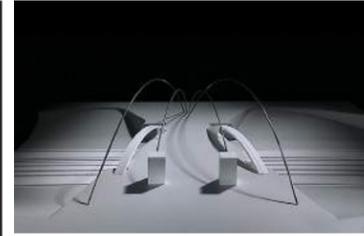
PLAN DE MASSE

Pour bien comprendre la mise en oeuvre de ce projet, cette section illustre, sous formes d'étapes progressives, les différents principes constructifs qui ont été conçus et de quelle manière ils s'expriment dans le projet: de la structure principale aux détails d'assemblage.

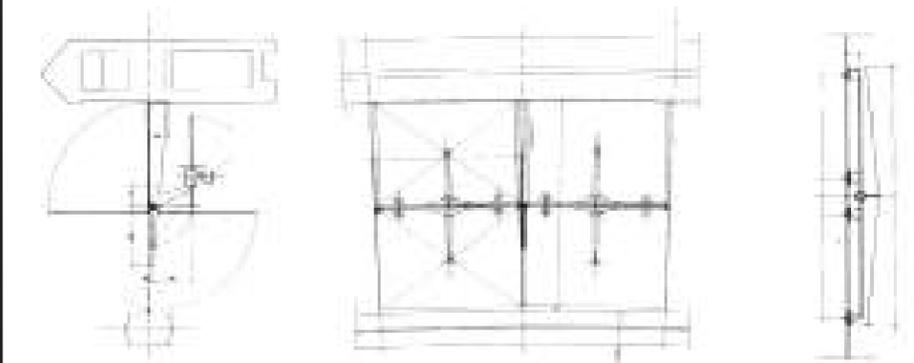
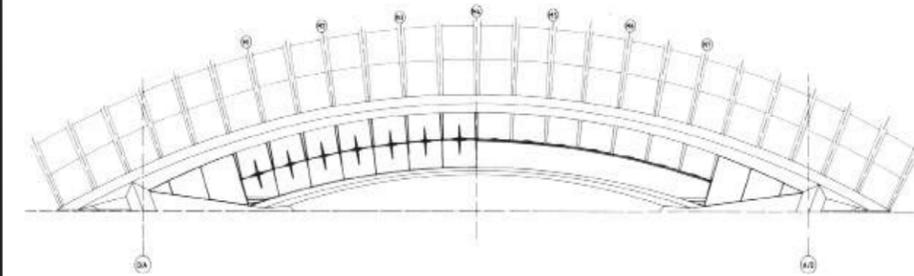


PLAN DU RDC

### ARCS STRUCTURAUX PRINCIPAUX

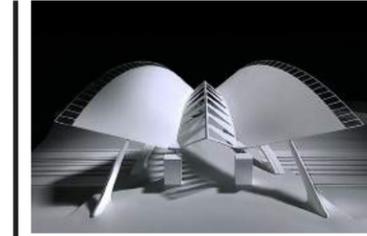


La structure principale est composée d'arcs qui enjambent le hall de la gare. D'abord, ceux en acier s'élèvent vers l'extérieur pour les deux situés aux extrémités et vers l'intérieur pour ceux qui prennent leur assise sur des blocs en béton servant aussi de cages d'ascenseur. Enfin, deux arcs en béton de moindre amplitude se situent de chaque côté du hall central et sont aussi les portails pour les plateformes. Un rayon secondaire serré crée un espace en forme d'arc qui est rempli avec des panneaux de verre de sécurité pour la ventilation. Ceux-ci sont montés sur des pivots automatiques et une série de supports cruciformes.

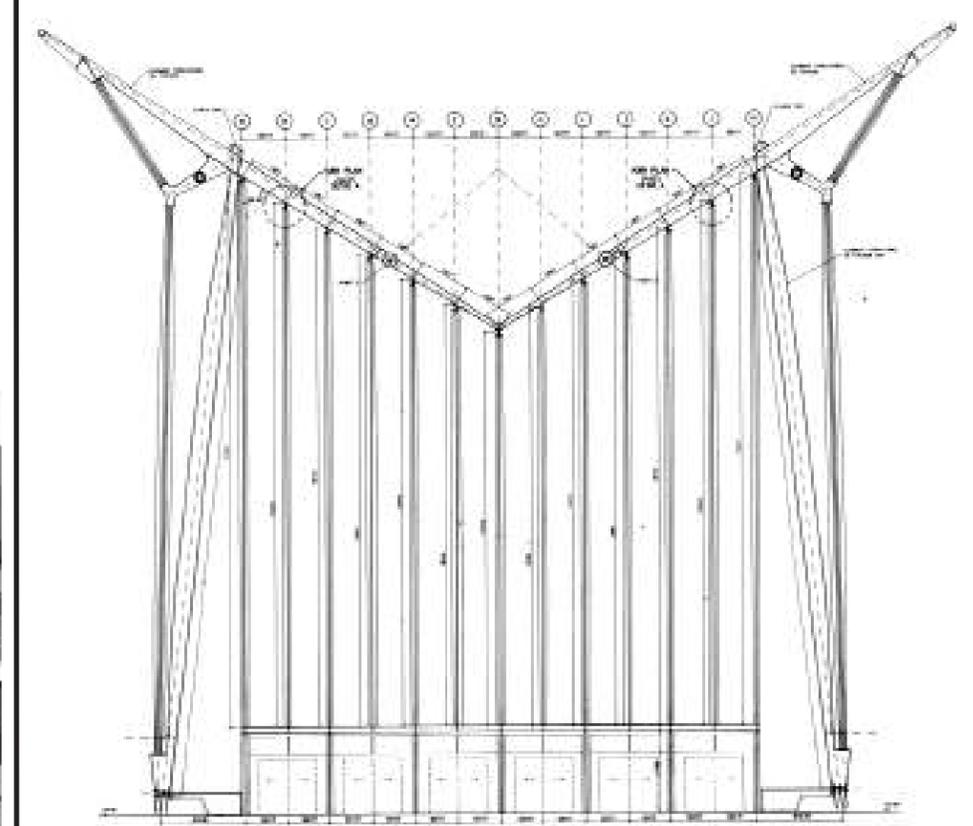


VUE, ÉLÉVATIONS ET COUPE DES SECTIONS VITRÉES DES ARCS PRINCIPAUX

### TOITURE DU HALL

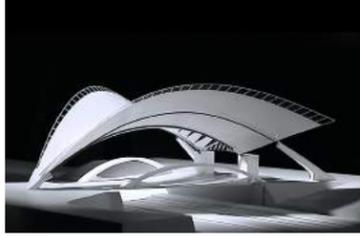


La partie centrale de la toiture est construite telle une série de segments en forme de cônes tronqués qui s'alternent et dont la partie extérieure est revêtue de surfaces en aluminium atteignant une hauteur de 40 mètres. Cette dernière est supportée par les deux arcs en acier intérieurs et sur lesquels s'appuie aussi la toiture principale qui se déploie, à la manière d'ailes d'oiseau, de part et d'autre du hall. Les arcs extérieurs participent également à supporter le reste de la toiture, qui s'élance en porte-à-faux au-delà de ces appuis sur une largeur totale de cent mètres et dont les charges sont transférées aux appuis en béton.



VUE ET DÉTAIL DE LA STRUCTURE DE LA TOITURE PRINCIPALE

## APPUI PRINCIPAUX



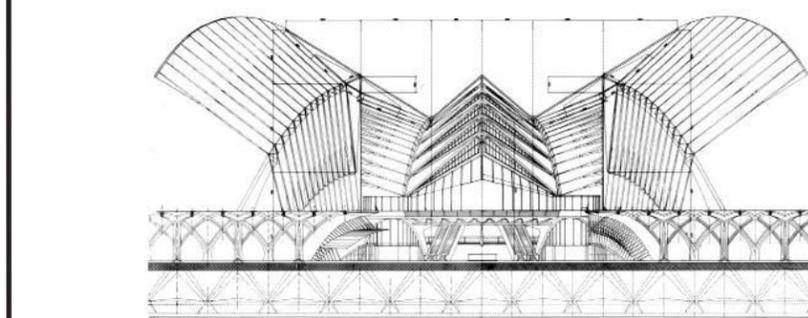
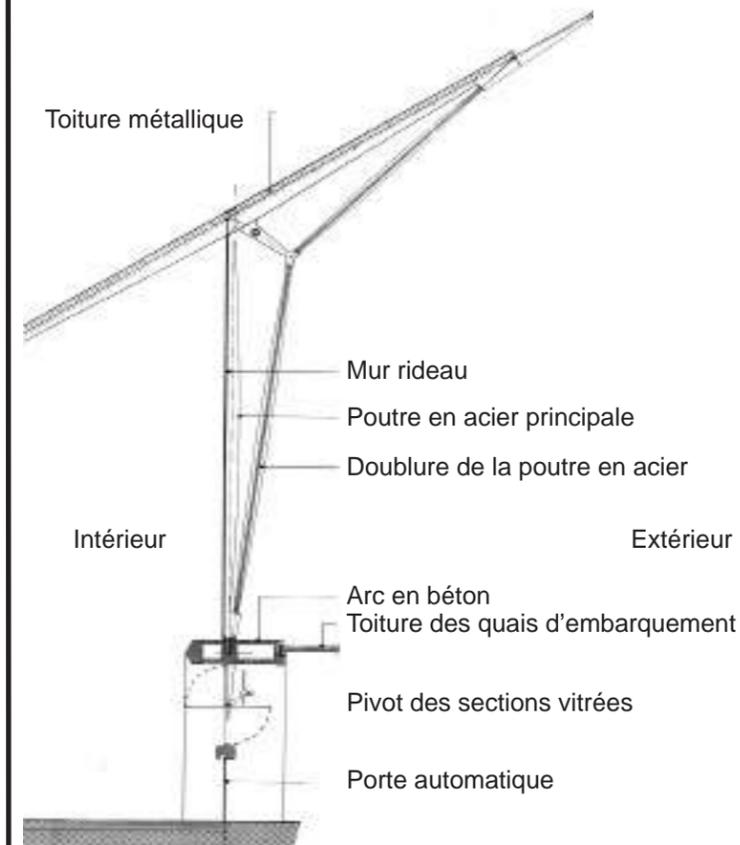
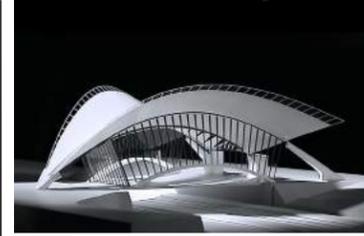
Tous les appuis de ce projet, qu'ils se situent à l'intérieur ou à l'extérieur de la gare, sont exprimés en béton blanc. L'utilisation du sable blanc local dans le mélange, lui procure une couleur naturelle. Ainsi, il est possible de remarquer que la transmission des charges du bâtiment s'effectue par un passage des éléments structuraux en acier, aux différents appuis en béton qui s'ancrent au sol.

Des poutres inclinées en acier aux hauteurs variables et s'appuyant sur les arcs en béton, sont espacées à intervalle régulier d'environ 2.5 mètres et viennent former les façades latérales de la gare. Les sections entre ces poutres sont constituées de vitrage qui permet de créer un grand hall entièrement ouvert vers l'extérieur. Afin de supporter les sections de toiture qui se déploient en porte-à-faux, des éléments en acier triangulés viennent doubler les poutres inclinées tel qu'illustrer par le détail et la coupe transversale de droite.



VUES DE L'APPUI PRINCIPAL EN BÉTON BLANC LORS DE LA CONSTRUCTION  
ARC-6021 - LA PENSÉE CONSTRUCTIVE EN ARCHITECTURE | Semestre A-11

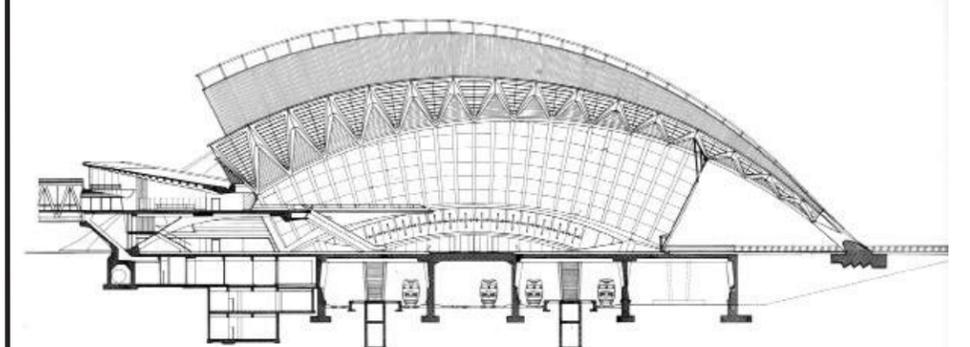
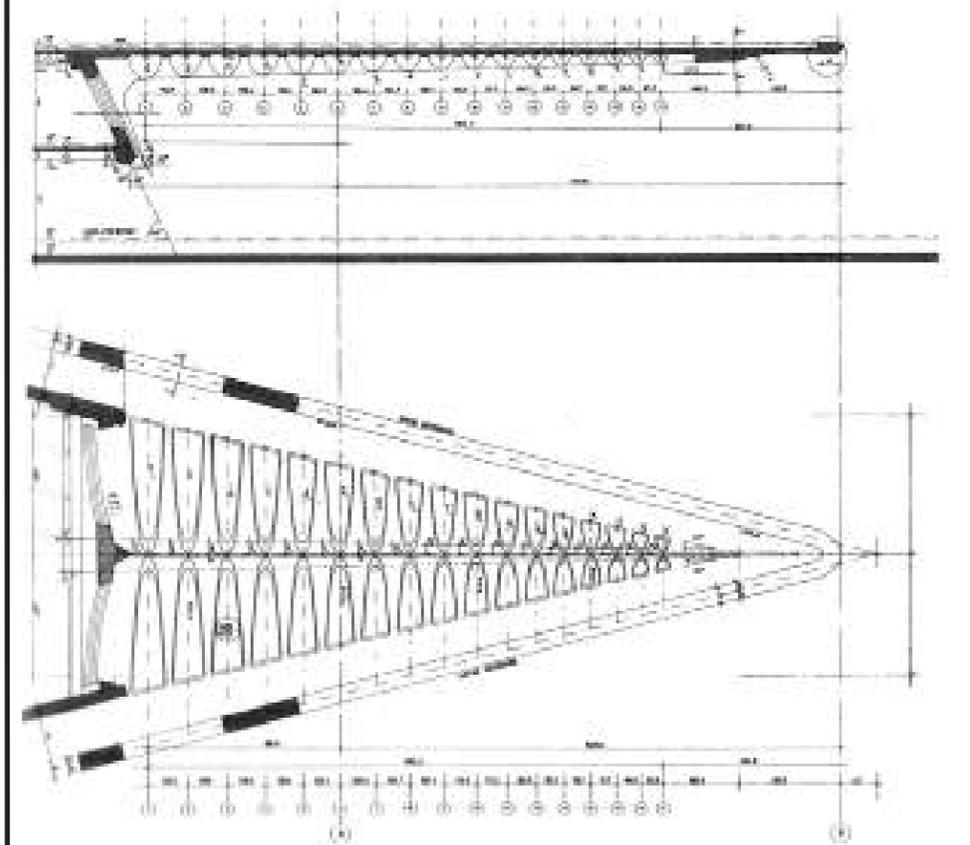
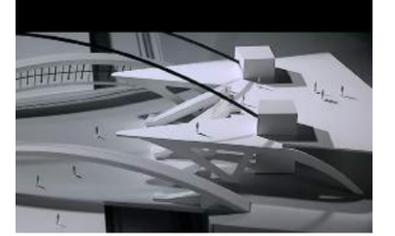
## POUTRES DE FAÇADE INCLINÉES



DÉTAIL DE LA COMPOSITION DES FAÇADES ET COUPE TRANSVERSALE GÉNÉRALE

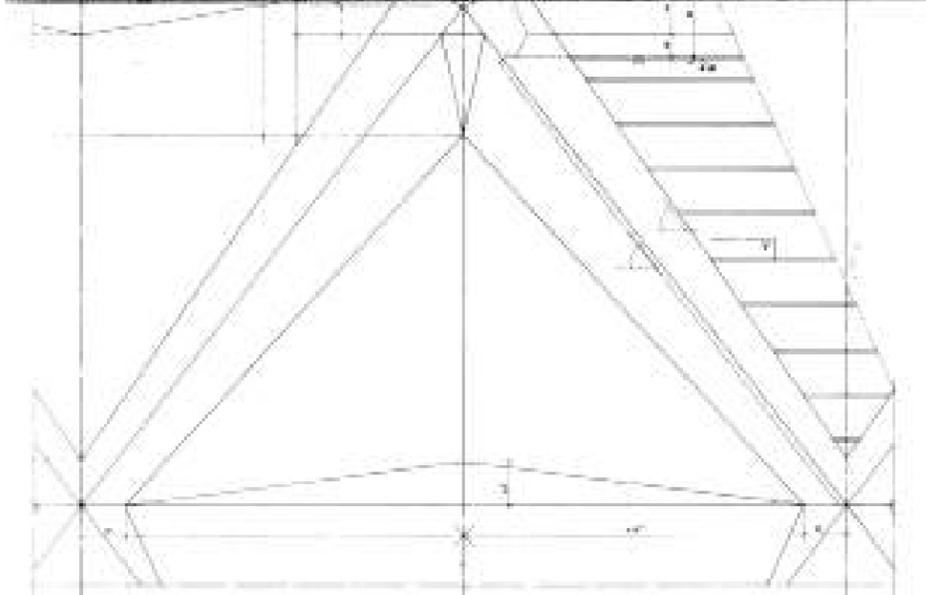
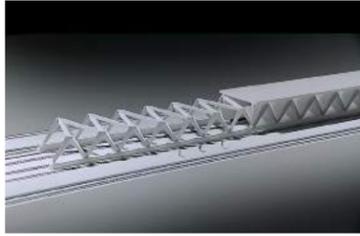
## TERRASSES INTÉRIEURES EN PORTE-À-FAUX

Deux grandes terrasses, qui desservent des boutiques et restaurants situés à l'étage, s'élancent en porte-à-faux vers le hall et au-dessus des espaces des billetteries. Il est possible de remarquer le rétrécissement de la structure des terrasses à leur extrémité.



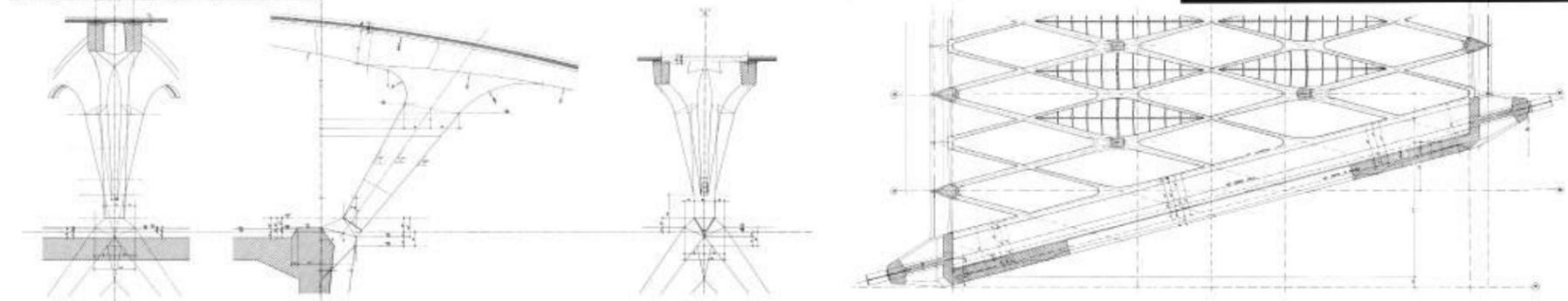
DÉTAILS DES TERRASSES ET COUPE LONGITUDINALE GÉNÉRALE

## TUNNEL CENTRAL



VUE ET DÉTAIL DE LA COMPOSITION DES MURS DU TUNNEL  
ARC-6021 - LA PENSÉE CONSTRUCTIVE EN ARCHITECTURE | Semestre A-11

## TOITURE DES QUAIS D'EMBARQUEMENT

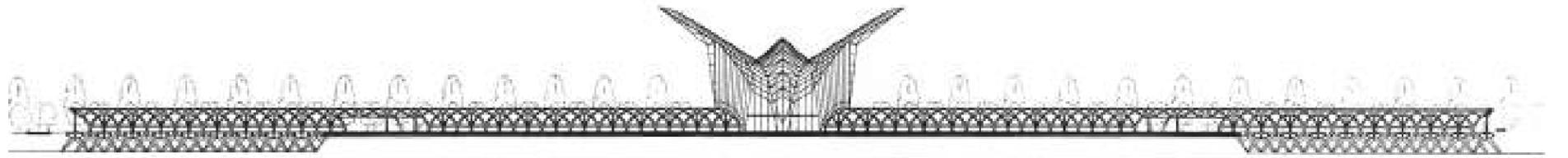


VUES ET DÉTAILS DE LA STRUCTURE DES QUAIS D'EMBARQUEMENT

La plate-forme du hall s'étend sous la forme d'un caisson clos qui renferme les deux voies réservées aux trains qui y passent à grande vitesse. Cette enveloppe permet de créer une barrière efficace contre les ondes des chocs à l'intérieur de la gare lorsque les trains circulent à grande vitesse. Les parois de ce tunnel sont composées de motifs identiques à la structure des appuis qui lui sont latéraux et qui poursuivent le rythme sur une longueur plus grande que celle du tunnel fermé. Dans la phase de conception, la structure a été soumise à des tests rigoureux dans le tunnel, ce qui conduit à des modifications au niveau de sa surface, de sa forme et de sa géométrie. Le dessus de ce tunnel crée une allée rectiligne qui permet d'accéder aux escaliers mécaniques qui desservent les quais d'embarquement. Ainsi, quatre voies, deux de chaque côté de celles du TGV, composent l'ensemble du réseau ferroviaire de la gare.



La structure qui porte la couverture des quais d'embarquement est elle aussi fait de béton coulé sur place à l'aide d'imposants systèmes de coffrages aux formes complexes pour donner les silhouettes escomptées. Au-dessus des voies, la matrice de ce toit est ouvert vers le ciel et au-dessus des plates-formes, il est soit vitré ou remplis de béton et qui composent les seuls éléments en béton préfabriqués pour ce projet. À l'instar des autres éléments structuraux en porte-à-faux, Calatrava a imaginé que ces appuis qui supportent la toiture des quais reposent presque entièrement sur le tunnel situé en-dessous de manière à ce que les parties latérales ne reposent pas sur les murs extérieurs, mais qu'ils les maintiennent en place tel un système de pince (Copans: 2001).



COUPE LONGITUDINALE PRINCIPALE AU NIVEAU DES QUAIS D'EMBARQUEMENT

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

### Le point de repère

Le bâtiment central exprime l'image symbolique de la fuite, facilitant ainsi son intégration et son association avec la nature de la région par l'expression de l'idée d'un paysage alpin avec celle de l'impulsion du progrès. La gare prend forme tel un gigantesque oiseau levant sur la voie ferrée et marque, par une image forte, le territoire sur lequel elle s'implante. Au même titre que l'organisation de l'aéroport avec sa tour de contrôle qui s'élève plus haut que les ailes d'embarquement qui sont situées de part et d'autre, le hall de la gare joue le rôle de point de repère dans le paysage. Même en se situant à une distance trop grande pour deviner la présence des longs quais d'embarquement qui caractérisent également la gare, on peut remarquer la présence du bâtiment par ce point de repère et que Calatrava souhaitait mettre en valeur par un élancement vers le ciel et les arcs majestueux qui contrastent avec la ligne d'horizon. Ce contraste avec l'horizon est amplifié par la topographie du site qui est particulièrement linéaire. Comme Tzonis l'explique, Calatrava a profité de la topographie simple et non accidentée pour attribuer au bâtiment une grande expression formelle qui se manifeste par «les ailes de l'oiseau». En plus, Tzonis (2005) souligne :

« [...] l'esprit de synthèse de Calatrava et son désir de rattacher entre eux des éléments disparates [lui] permet de concilier génie civil et sculpture, science et art. Il montre ainsi comment la conception parvient à unifier l'environnement et à faire valoir le paysage naturel. »



### Création par analogie

Issu d'une démarche de recherche création par croquis et réalisations sculpturales, la forme du hall de la gare est intimement lié à une réalisation sculpturale qui réinterprétait les lignes formelles d'un œil. Toutefois, la réalisation architecturale de la gare inspire et laisse présager aux utilisateurs l'anatomie d'un oiseau. Dans la littérature, le bâtiment est d'ailleurs décrit de cette façon. Inspirant un oiseau qui prend son envol, on peut distinguer la partie centrale comme étant le corps d'un oiseau encadré par deux grandes ailes qui se déploient dans l'espace. Cette analogie est poussée jusque dans les jonctions structurales, situés à l'entrée du bâtiment, les arcs qui constituent la base formelle de l'analogie se rassemblent en un détail rappelant un bec

d'oiseau. Calatrava pousse la ressemblance plus loin en exprimant la structure comme le squelette d'une bête. Référant à un être vertébré, les unités qui composent la toiture se détaillent à la façon d'une suite de vertèbres qui font la jonction entre les différentes sections de toiture.

« Mon travail se veut plus figuratif qu'organiciste, en cela que je me concentre sur des associations précises sculpture-anatomie, toujours basées sur des modèles statiques extrêmement puristes. Travailler avec des structures isostatiques mène inévitablement à des schémas de la nature. » - Santiago Calatrava.

### Expression de la structure

#### Matérialité

On remarque que pour l'ensemble du projet, les matériaux sont réduits presque exclusivement au béton, à l'acier et au verre. Cette volonté de l'architecte peut s'expliquer par l'importance de la structure dans l'aspect final du bâtiment, comme s'il ne s'agissait que d'un squelette qui évoque sa composition et son fonctionnement. Ainsi, il n'y a pas de parois qui viennent couvrir cette ossature, celle-ci est magnifiée et dévoilée. Comme le souligne Richard Copains: « [...] celle-ci (la structure) est apparente, ce qui porte est vue, visible, désignée ».

En effet, il est possible d'observer que Calatrava utilise un langage qui procure à l'ensemble du projet une cohérence structurale. Ainsi, il est possible de remarquer que la transmission des charges du bâtiment s'effectue par un passage des éléments structuraux en acier qui agissent en flexion et compression, aux différents appuis en béton qui s'ancrent au sol et agissent en compression. Calatrava privilégie l'utilisation de cette matière particulièrement pour les caractéristiques plastiques qu'elle permet d'atteindre, pour l'architecte le béton est: « La matière qui se laisse former, [il s'agit] de pétrir dans la masse du béton. » (Calatrava, In Copains 2001)

#### Souligner les appuis

Que l'on se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur de la gare, l'utilisation d'appuis en béton blanc permet de recevoir les charges qui sont transférées au sol. Dans le cas où convergent les arcs de la toiture du grand hall et qui marque l'entrée principale, Calatrava a voulu souligner l'appui en béton non pas comme un bec d'oiseau, mais bien comme le résultat de calculs précis



et complexes des forces structurales. Comme il l'explique, cela s'est matérialiser en s'efforçant de réduire la masse à ce point particulier, mais sans réelle intention zoomorphique. En effet, il s'agit non seulement d'un point de confluence des arcs structuraux de la toiture principale, mais aussi des conduits d'évacuation de l'eau. On remarque donc que c'est l'ensemble de ses préoccupations qui ont guidé la conception de cet élément et qu'il n'est évidemment pas le simple résultat d'un geste formel.

#### Exprimer la légèreté

L'utilisation d'éléments en acier pouvant supporter les charges qui combinent flexion et compression permet de générer des espaces généreusement ouverts vers l'extérieur et se démarquent par leur impression de légèreté. En effet, pour parvenir à cette intention de dualité qu'exprime la finesse des éléments en acier par rapport à celle de massivité qu'évoquent les composantes en béton, Calatrava a généreusement employé le vide ou le verre en complémentarité avec les éléments en acier.

### Le point critique

*La dynamique de l'équilibre : limite du déséquilibre par l'utilisation des porte-à-faux.*

L'une des idées que Calatrava explore régulièrement dans le projet de la gare, est le principe du porte-à-faux. À différentes échelles, l'architecte maîtrise et exploite cette volonté d'amener la matière à cette limite qui lui permet de rester en équilibre. Par exemple, à l'intérieur du grand hall épuré, deux terrasses s'élancent vers le vide donnant l'impression de défier les lois physiques. Il s'agit comme le mentionne Richard Copains de l'une des représentations que Calatrava utilise fréquemment; celle d'un demi-pont qui pousse les forces à la limite du déséquilibre. Cette limite s'affirme par un étrécissement de la structure des terrasses à leur extrémité.



### Optimisation du matériel

Les modèles mathématiques qu'utilisent Calatrava lui permettent de concevoir des structures optimisées qui sont à la limite du rapport poids-performance. Cette volonté de rationaliser la matière en fonction des charges qu'elles supportent génèrent des formes poétiques qui mettent en valeur la notion de point critique que souhaite exprimer l'architecte. Comme on peut le voir sur les appuis en béton plus large à leur base où l'effort est maximum et dont la dimension permet de réaliser l'élément en porte-à-faux qu'il supporte.



### Décomposition du mouvement

Calatrava s'intéresse également à la notion du mouvement comme source d'inspiration technologique et poétique pour la composition de ces projets au travers l'évocation d'élan, d'accélération et de stabilité. L'architecture de la gare de Lyon-Satolas n'y échappe pas. Pour illustrer cette idée dans le projet étudié, il s'est inspiré entre autre de la vitesse du train. En effet, au niveau des quais d'embarquement, on peut remarquer que le mouvement fait partie intégrante de l'espace. La répétition d'une forme dans la masse de béton, celle de la silhouette d'un humain dont les membres sont en extension, permet de générer un rythme dynamique à cette masse. Il s'agit alors d'une dualité entre le mouvement et la présence d'éléments statiques qui font partie de la structure même du bâtiment et que Calatrava réussit habilement à donner vie. L'architecte propose même d'en épurer la matière où moment où le tunnel n'a plus besoin d'être entièrement clos et de mettre en évidence ces formes répétitives et leurs connexions entre elles. Ainsi, en plus de fournir un apport de lumière naturelle, les ouvertures qui donnent sur les voies de TGV mettent en évidence cette relation du mouvement qui unit la forme et les intentions conceptuelles et vient théâtraliser cet espace.



Au même titre, l'utilisation de poutres en zigzag qui relient les colonnes inclinées de la zone d'embarquement engendrent cette impression de mouvement par la connexion des éléments en quinconces. Cela crée une continuité entre eux et une incitation au déplacement par rapport à des poutres qui auraient été perpendiculaires aux voies ferrées et discontinues entre elles. Comme l'explique Copains : « Un esprit à la recherche du mouvement, une tentative de suspendre le temps. »



## CONCLUSION

Grâce à sa formation universelle et multidisciplinaire, Santiago Calatrava n'hésite pas à franchir les frontières entre l'architecture, l'ingénierie et les arts plastiques. Ses créations architecturales sont des ensembles complexes nés d'un dessin ou d'une sculpture, annonciateurs de sa réalisation architecturale. Cette notion artistique est une des clés de lecture importante dans son œuvre. On trouve dans son travail une omniprésence de références organiques et zoomorphiques.

Pourtant Santiago Calatrava ne recherche pas le mimétisme formel. Sa stratégie esthétique est à la fois analytique et analogique et son intention conceptuelle est puisée dans un répertoire formel inspiré de la nature et qui constitue sa recherche et son expérimentation. Il y ajoute un aspect très important : le mouvement. Avec ses projets, Calatrava défie la gravité et la stabilité des matériaux. Généralement un mouvement d'envol comme à l'image d'un oiseau dans le projet de la gare de Lyon Satolas, est ajouté à la fragilité du projet. Mais c'est bien là le défi de cet architecte : trouver des solutions techniques à ses idées esthétiques les plus folles.

Comment envisager le corps comme un édifice ? Comment s'y prendre pour signifier l'analogie ? Pour Calatrava, la réponse se trouve dans ses ébauches de silhouettes qui invitent à considérer sous un autre angle structures et enceintes. Composées de parties élémentaires, souvent des cubes ou des prismes, des tiges, des câbles ou des surfaces planes repliées, elles représentent un premier stade matériel permettant à Calatrava d'assortir formes et idées et d'élaborer des métaphores mentales.

Ensuite, en appliquant à la conception des méthodes pragmatiques – cerner un problème et le résoudre -, Calatrava met en place des plans optimaux où un minimum de ressources produit un maximum de résultats. Nous avons vu qu'il recourt systématiquement au profilage, modelant; et contour de chaque composant structurel, lui assignant un matériau adéquat et tenant compte des transferts de forces en tension et en compression.

Ce profilage est à l'origine des formes qui caractérisent les œuvres de Calatrava, ces figures renflées en leur milieu et en leurs angles, fuselées en leurs extrémités. Il fait un usage tout aussi méthodique de la différenciation, identifiant les composants structurels selon leur fonction au sein de l'édifice, laquelle détermine également leur matériau.

Ainsi, malgré les contraintes techniques, Calatrava conserve une marge de liberté suffisante pour exprimer sa personnalité. Plus que de résoudre des problèmes techniques de l'ordre de l'ingénierie, Santiago Calatrava pousse la réflexion plus loin. Il recherche l'équilibre subtil, le « point critique » entre les critères scientifiques, l'efficacité fonctionnelle et l'innovation esthétique. La combinaison mesurée de ces trois objectifs fait le succès du travail de l'architecte.

Finalement, comme on l'a vu dans le projet de la gare, la pensée constructive de Calatrava est exploitée selon les thèmes suivants : le points de repère, la création par analogie, l'exploitation du point critique et le mouvement. Ces éléments constituent la ligne directrice qui guide Calatrava dans ces décisions conceptuelles et constructives qui donnent lieu des projets oniriques qui sortent de l'ordinaire.

## BIBLIOGRAPHIE

Calatrava, Santiago. *Dynamic equilibrium, recent projects*. Zürich, Artemis, 1992.

Günther Feuerstein. *Biomorphic Architecture*. London, Edition Axel Menges, 2002.

Jodidio, Philip. *Calatrava*. Berlin, TASCHEN 2003.

McQuaid, Matilda. *Santiago Calatrava, Structure and expression*. New York, The museum of modern art, 1993.

Sharp, Dennis. *Architectural Monographs No 46, Santiago Calatrava*. New York. Acadamy Editions, 1996.

Tischhauser, Anthony et Moos Von, Stanislaus. *Calatrava : public buildings*. Basel ; Boston, Birkhäuser,1998.

Tzonis, Alexandre. *Santiago Calatrava, The complete work*. New York, Rizzoli, 2007.

Tzonis, Alexandre. *Santiago Calatrava, la poétique du mouvement*. Paris, Flammarion, 2005.

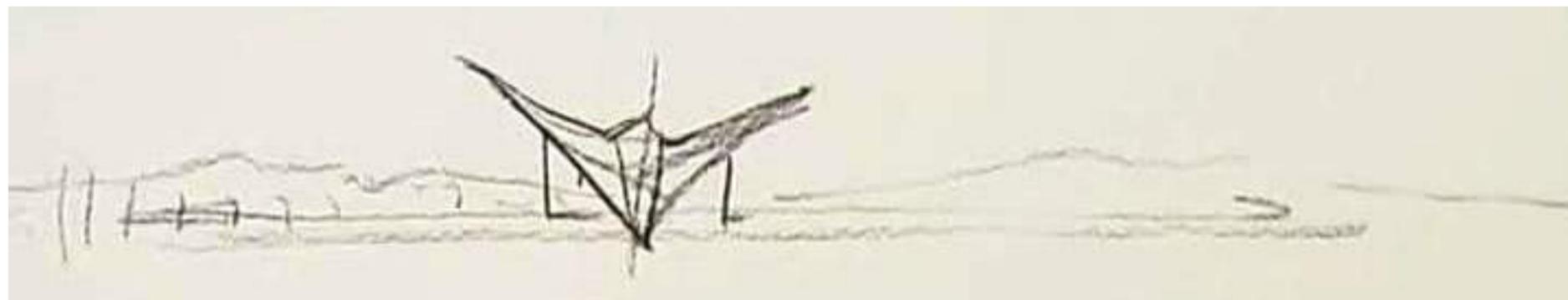
### Vidéo

Copans, Richard et Neumann, Stan. *Architecture. Volume 2*. France, ARTE France, 2001.

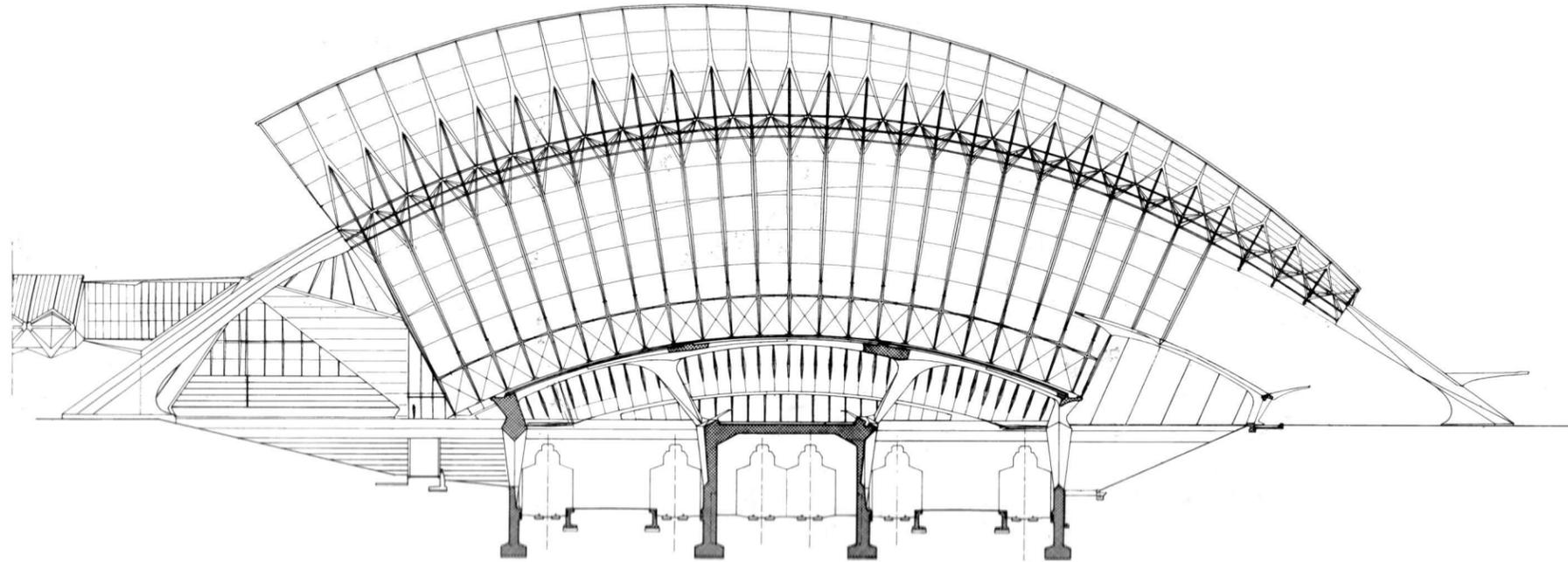
### Images

Les images des plans, coupes, élévations et détails techniques sont issues du livre:

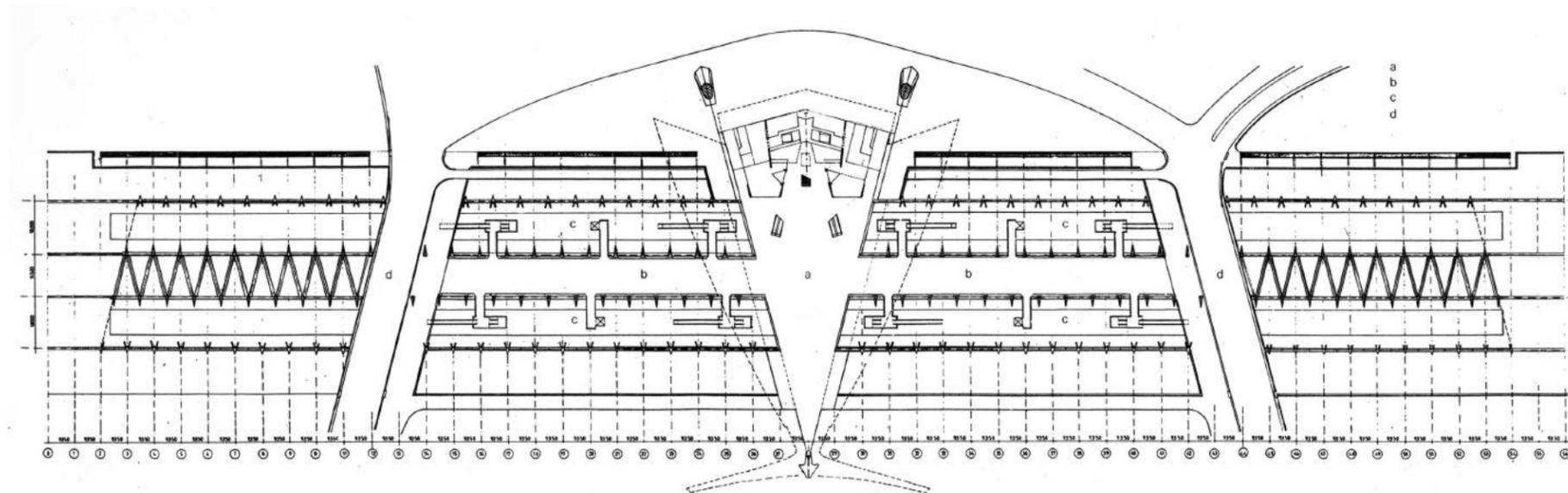
Tischhauser, Anthony et Moos Von, Stanislaus. *Calatrava : public buildings*. Basel ; Boston, Birkhäuser,1998.



ANNEXE



COUPE TRANSVERSALE DU HALL PRINCIPAL



PLAN GÉNÉRAL DE LA GARE AU NIVEAU DU REZ-DE-CHAUSÉE



ÉLÉVATION OUEST  
ARC-6021 - LA PENSÉE CONSTRUCTIVE EN ARCHITECTURE | Semestre A-11