

02/04 steeldoc

Losanges –
construction et
ornement



Losanges – entre structure et ornement

par Alois Diethelm

Les appuis inclinés sont de nouveau à la mode. Ils constituent des structures qui sont justifiées par leur fonction, présentant en même temps des qualités ornementales. Les barres diagonales comprimées, disposées de façon croisée dessinent des losanges. Cette forme impressionnante fait souvent oublier que, du point de vue statique, il s'agit de triangles.

On demande à toute construction de résister aux vents et aux tremblements de terre. Mais les conséquences de cette exigence au niveau de l'expression architectonique sont variables. Dans le cas de constructions massives, les dalles et les pans de mur, même percés de nombreuses ouvertures, constituent des plaques et remplissent par là des fonctions de raidisseur. Par contre, le raidissement horizontal des structures composées de barres nécessite des mesures supplémentaires. L'élément raidisseur le plus fréquent et le plus visible d'une ossature est la diagonale. Associée à un appui et à une poutre, elle constitue un triangle rigide jouant le rôle d'une plaque, tout en offrant un maximum de transparence et en utilisant un minimum de matériaux.

Une ossature compte – par étage et par façade – au moins un champ raidi par une diagonale, tantôt masquée par un revêtement, tantôt laissée apparente. Comparés aux autres champs, ils donnent l'impression d'une exception voire de quelque chose de surajouté. Si l'on veut éliminer cet effet, deux possibilités s'offrent : éliminer l'exception en rendant les nœuds entre poteaux et poutres rigides (effet Vierendeel) ou ériger l'exception en règle. Il ne s'agit pas de munir tous les champs de diagonales statiquement superflues, mais de rendre les diagonales aptes à reprendre les charges verticales et éliminer ainsi les poteaux. Un regard sur l'histoire de l'architecture montrera que ceci n'est pas un idée nouvelle. Cependant une série de réali-

sations récentes ou encore en cours d'exécution illustrent le retour dans l'actualité du poteau incliné ou de la diagonale.

Renaissance de la diagonale

Le moment de la redécouverte de la diagonale ne paraît pas fortuit. Après le minimalisme restrictif des années quatre-vingt-dix et un sursaut dans la direction de l'opulence tendant à l'arbitraire, les structures non orthogonales réunissent à parts égales justification objective et joie renouvelée de l'ornement. Jadis, les assemblages rivetés des structures métalliques – parce que techniquement nécessaires – étaient acceptés comme esthétiques même par les puristes. En ce début du XXI^e siècle, la construction en acier et l'ornement se retrouvent de nouveau associés. Cependant, ce ne sont plus les assemblages qui sont au centre de l'attention mais les structures elles-mêmes, qui écartent la primauté de l'angle droit et – pour des raisons statiques, économiques et/ou architectoniques (élançement) – sont réalisées principalement en acier. Ces structures ne doivent pas nécessairement avoir un caractère ornemental à l'état de gros œuvre, mais peuvent se prêter à l'élaboration des détails de l'aménagement ultérieur. On entend par là la saisie d'une forme conditionnée par sa fonction structurale laquelle, transformée dans ses dimensions et répétée, sera perçue comme un ornement. Alors que la répétition de rectangles nécessite une variation dans les couleurs, les textures ou les matériaux pour nous donner l'idée de décoration ou d'ornement, nous attribuons déjà une qualité ornementale à la simple répétition de figures s'écartant du rectangle (triangles, nids d'abeille, trapèzes ou losanges). Cette différence nous est peut-être suggérée par notre connaissance de l'ornementation artisanale ou des pierres précieuses taillées à facettes.



Fabrique de chocolat Menier à Noisiel (Seine-et-Marne, France), 1873, Jules Saulnier architecte. Les appuis sont cachés derrière le mur de la façade, les diagonales servent comme raidisseurs seulement.

Losange ou triangle ?

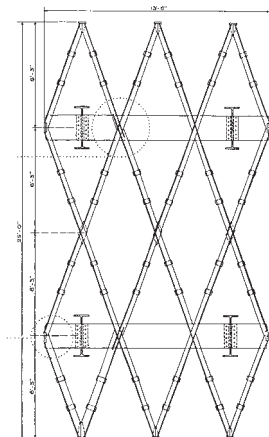
Dans ce cahier, nous allons présenter deux ouvrages dont les façades ont des ouvertures en forme de losange et dont la structure porteuse est constituées d'appuis inclinés. Si, de façon identique à première vue, l'articulation serrée de la façade du magasin Epicentre de Prada correspond à la trame de la structure porteuse derrière elle, dans le cas de la tour de Swiss Re, il s'agit en fait d'une démultiplication de cette trame. Dans le premier cas, un étage comprend deux losanges en hauteur ; dans le second cas, un losange mesure quatre niveaux du bâtiment. Il y a encore d'autres différences entre ces deux constructions, mais elles ont en commun le fait de faire apparaître des losanges alors qu'en réalité il s'agit de triangles. Si Norman Foster, l'architecte de la tour de Swiss Re à Londres (2004), recourt à la couleur noire pour faire reculer à l'arrière-plan les éléments horizontaux par rapport aux diagonales blanches, les architectes Herzog & de Meuron placent les tirants horizontaux dans le plan des dalles de l'Epicentre de Prada à Tokyo (2005). Dans les deux cas, on a donc cherché une différenciation, ici par la couleur, là par la disposition dans l'espace.

Déjà Jules Saulnier, architecte de la fabrique de chocolat Menier à Noisiel (Seine-et-Marne, France, 1875), dissimulait certains membres de l'ossature métallique en faisant apparaître les diagonales – qui n'ont ici qu'une fonction de raidisseur – comme des losanges. A se fier aux plans de cette construction à colombage, celle-ci comprend davantage de poteaux que ne laisse deviner le remplissage en maçonnerie. L'emplacement varié des profilés dans la façade et le remplissage, basé sur le principe de revêtement extérieur et intérieur, rendent floue la conception statique. Non seulement certains poteaux sont cachés mais encore



Tour IBM à Pittsburgh (Etats-Unis), 1963, Curtis & Davis, architectes.

Une des premières façades de bâtiments à étages multiples, sans appuis verticaux.



La façade de la tour IBM est constituée d'éléments de 4 m sur 8 m.



Direction générale de la Swiss Re à Londres (Royaume-Uni), 2004, Foster & Partners.

La structure porteuse de la façade trouve son prolongement à la base de l'immeuble dont l'affectation diffère pourtant. Les barres comprimées en diagonale sont peintes en blanc alors que les membres horizontaux, tendus, le sont en noir.

L'emplacement des dalles reste invisible. Bien que l'usine chocolatière de Noisiel, construite sur quatre niveaux, constitue le premier exemple d'une ossature à étages multiples et comme telle soit souvent citée, son architecte n'a pas échappé aux critiques en raison précisément de l'absence de lien entre sa structure et son expression architectonique. Ainsi, déjà en 1878, l'architecte Konstantin Lipsius a pu remarquer, dans une conférence tenue à l'association allemande des architectes et ingénieurs, que la structure en fer apparaît ici comme le renforcement d'une maçonnerie endommagée.

Du temps de Saulnier, c'était encore une question de priorités. Mais un siècle plus tard, en 1965, les architectes Curtis & Davis ont construit les bureaux d'IBM à Pittsburgh (Etats-Unis) : un des premiers bâtiments à étages multiples avec des façades porteuses sans appuis verticaux. Les innombrables diagonales qui se croisent en angle obtus forment une grille de losanges laquelle assure non seulement le raidissement mais porte aussi, en conjonction avec le noyau de l'immeuble, les dalles de 16 m de portée. Munie d'un revêtement de façade en relief et en acier inoxydable – lequel a pour fonction de limiter la taille des fenêtres et de leur donner de l'ombre, pour des raisons techniques de climatisation – la construction en cornières affiche un élancement qui rappelle, de façon inattendue, l'ouvrage de Saulnier. Alors que la structure porteuse de la façade de Swiss Re est basée sur des tubes ronds réunis dans les noeuds spécialement conçus, et que la construction de Prada l'est sur des diagonales avec des pièces soudées, la façade de la tour IBM est subdivisée en losanges de 8 m de haut et 4 m de large. Les éléments joints à la mi-hauteur des étages réunissent huit losanges et disposent encore de deux tirants horizontaux auxquels sont fixés les

poutres des dalles – ici encore : des triangles ! Une autre particularité de l'époque a été le recours à cinq différentes sortes d'acier. Au lieu de varier l'épaisseur de la paroi des profilés (Swiss Re et Prada), on a utilisé des aciers de qualité différente qu'on appelle « la quatrième dimension de la construction en acier ». Parmi celles-ci se trouvait aussi le type d'acier USS T-1 lequel a trouvé une première application dans une structure principale dans le cas de la tour IBM. En comparaison avec une construction conventionnelle, quelque 200 tonnes d'acier ont pu être économisées.

Le rez-de-chaussée entre rupture et continuité

Par son importance pour la vie de la cité et comme accès aux utilisateurs des étages supérieurs, le rez-de-chaussée doit souvent répondre à des exigences particulières. Abrisant des magasins et des restaurants, lesquels demandent à être vus, au niveau de la rue, on souhaite qu'il dispose de façades plus transparentes. La trame serrée des appuis, bien adaptée aux niveaux des bureaux, apparaît ici plutôt comme un obstacle à une ouverture généreuse. Dans de tels cas, il est habituel d'introduire une modification de la structure porteuse. La division du volume en deux parties qui en découle est souvent bien assumée – elle est soit mise en valeur par une construction en forme de table, soit atténuée pour obtenir une impression de flottement.

Quant à l'utilisation différente du rez-de-chaussée, les constructions en losanges de Norman Foster et de Curtis & Davis présentent des solutions qu'il est difficile d'interpréter dans le cadre des notions de « continuité » et « abandon », mais qui ont néanmoins un dénominateur commun. Ainsi, dans le cas de la tour IBM, les façades reposent sur deux pylônes dont la

forme résulte du prolongement des diagonales. Sur la façade allongée, ces pylônes se succèdent à des intervalles serrés, alors que sur la façade étroite ils sont répartis de façon régulière. Les angles du bâtiment restent libres, ce qui, souligné encore par les vitres transparents du rez-de-chaussée, prête aux niveaux supérieurs une tension ambivalente. Par là, le volume principal du bâtiment apparaît autant comme un volume autonome que reposant sur le sol. Si l'on considère les pylônes de Pittsburgh comme des éléments de façade nés de l'abandon de parties inutiles, les différences avec la tour de Swiss Re à Londres paraissent moins grandes. Bien que, ici, la structure porteuse ne subisse pas de modification – car ses mailles larges avec des appuis distants de 9 m sont suffisamment transparentes – on a quand même appliqué le principe de la suppression. En effet, la façade rideau, laquelle est enfilée comme un bas sur le bâtiment, ne touche le sol que ponctuellement. Un zigzag de triangles supprimés orne le bord, lequel, dans la zone de l'entrée, est relevé de la hauteur d'un losange et permet de saisir la structure dans l'espace.

Losange et forme du bâtiment

Outre le comportement statique des structures diagonales, on peut s'interroger sur leur importance pour la volumétrie du bâtiment. Si l'on s'en tient aux exemples énumérés jusqu'ici, seule la tour de Swiss Re présente un rapport entre structure et forme. L'immeuble IBM est un parallélépipède, et, dans le cas de l'Épicentre de Prada, si on néglige le fait que le toit suit l'inclinaison de l'alignement des losanges, les diagonales n'ont pas d'influence sur la géométrie du bâtiment. Avec la grille de losanges qui recouvre la totalité de l'Épicentre de Prada, le choix s'est porté sur une structure qui rétablit une continuité formelle entre les surfaces brisées du volume prismatique.

Tour IBM à Pittsburgh (États-Unis), 1963, Curtis & Davis, architectes.

Alternance de la structure porteuse à la base de l'immeuble – les pylônes naissent du prolongement des diagonales.





Epicentre de Prada Aoyama à Tokyo (Japon), 2003, Herzog & de Meuron.
Les losanges constituent des bandes inclinées; du côté de l'entrée, le bord du toit suit l'inclinaison des bandes.
Le coude au coin droit du bâtiment ne se remarque guère.

Si une arête du bâtiment ne suit pas une ligne parallèle à la trame des fenêtres, cet écart n'est guère remarqué en raison de l'enveloppe dominée de toute façon par des lignes obliques. Dans le cas de divisions orthogonales, les champs ne sont considérés que dans leurs relations horizontales et verticales. Il en va tout autrement avec les losanges, même alignés verticalement ou horizontalement, puisqu'ils constituent des bandes obliques lesquelles rendent difficile l'attribution d'une direction claire. La structure en grille de l'Epicentre de Prada apparaît à tel point dépourvue de hiérarchie qu'elle n'entre jamais en conflit avec la disposition du volume du bâtiment.

Conséquences pour l'espace intérieur

Dans le cas de la tour de Swiss Re de Norman Foster, on devine que la structure en losanges a été retenue comme moyen de construire un ellipsoïde de révolution avec des barres droites. A première vue, on peut comparer cette structure à la maison en verre que Bruno Taut a réalisée pour l'exposition du «Werkbund» allemand à Cologne en 1914. Sa coupole présente un réseau composé uniquement de diagonales, à l'exclusion des méridiens et des parallèles. Toutefois, à Londres, il y a des anneaux qui apparaissent comme des arêtes pour pouvoir revêtir la façade avec des panneaux de verre plans. Les sommets horizontaux des losanges sont en effet plus éloignés du centre que les sommets de base et de tête. Disposés en hauteur de la dalle les joints horizontaux servent non seulement à laisser entrer l'air frais mais ils divisent aussi en deux la moitié des losanges pour des raisons géométriques. L'effet de spirale que produit la formation déjà mentionnée de bandes, ne constitue pas une interruption, ne serait-ce que parce que les diagonales de la structure primaire sont plus marquantes. Si Bruno Taut laisse au spectateur de décider s'il veut

Direction générale de Swiss Re à Londres (Royaume-Uni), 2004, Foster & Partners.
Le mouvement de rotation est souligné par les verres foncés des «Lightwells».



y voir un mouvement de rotation à gauche ou à droite, Norman Foster ne laisse pas de choix : les verres foncés indiquent une rotation dans le sens des aiguilles d'une montre. Celui qui n'y verrait qu'un choix arbitraire se trompe. Derrière ces verres foncés se trouvent des zones s'étendant sur plusieurs niveaux, des «Lightwells», créées par des découpes en forme de coin des dalles. Suivant l'inclinaison des appuis, ces découpes sont décalées de 5° par étage. Ainsi le squelette triangulaire n'est pas seulement en rapport avec l'apparence extérieure du bâtiment, mais les appuis inclinés fournissent également des critères pour générer des formes à l'intérieur (il faut noter ici que le sommet de la tour a une structure différente). Ce potentiel n'a pas été exploité dans le cas du bâtiment IBM. Dans le cas de l'Épicentre de Prada, on retrouve l'interdépendance de l'intérieur et de l'extérieur dans les «Tubes» dont la section correspond à la jonction de quatre losanges.

La déformation comme potentialité

Des structures que l'on ne peut pas appliquer sur tout le bâtiment, des losanges qui se révèlent être des triangles, et des hiérarchies cachées : toutes ces observations n'étaient pas nécessaires dans le cas de la maison en verre de Taut – pense-t-on – puisque la coupole est formée de panneaux de verre en forme de losanges tenus par une grille en béton armé. Pas tout à fait : car vers le sommet, les losanges ont la forme de «cerfs-volants»! Le losange «pur» ne paraît alors pas vraiment bien adapté ni comme revêtement, ni comme structure porteuse. Du point de vue des mathématiques, le losange appartient à la famille des quadrilatères et son potentiel se trouve dans sa déformabilité. Partant d'un carré placé sur un de ses sommets, par extension et compression de ses diagonales, ses proportions varient presque impercepti-

blement; d'autres déformations conduisent à des parallélogrammes ou à des trapèzes. Dans cette catégorie, l'angle droit est l'exception et l'angle aigu la règle – un vocabulaire de formes où les triangles trouvent aussi facilement leur place : les triangles qui représentent une réalité statique ou une fonction stéréométrique.

A la fin, on peut se demander pourquoi les architectes créent des losanges plutôt que des triangles ? Comme dans le cas des structures orthogonales, c'est une question de hiérarchie : qui doit dominer : les horizontales ou les verticales, les dalles ou les poteaux ?

Maison de verre à l'exposition du Werkbund à Cologne (Allemagne), 1914, Bruno Taut. Spirales à gauche ou à droite ? La coupole a été conçue en fer mais réalisée en béton armé.



Impressum

steeldoc 02/04, juin 2004
Construire en acier
Documentation du Centre suisse de la construction métallique

Editeur:
SZS Centre suisse de la construction métallique, Zurich
Evelyn C. Frisch, Directrice

Conception graphique:
Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zürich

Rédaction et mise en page:
Alois Diethelm (ad)

Photos:
Couverture, p. 8 (à gauche), 19, 20, 21, 23, 26: Christian Richters, Münster
p. 3, 10: Grant Smith (Bell-Pottinger, Londres)
p. 4: Kurt Ackermann (édit.), Industriebau, Stuttgart 1994
p. 5, 7: Carnegie Library, Pittsburgh (USA)
p. 6, 12, 15 (en bas): Schmidlin AG, Aesch
p. 8 (en bas), 13, 15 (en haut): Victor Buyck – Hollandia Joint Venture Ltd, Wraysbury
p. 9: Akademie der Künste (édit.), Bruno Taut 1880–1938, Berlin 1980
p. 11: Nigel Young (Bell-Pottinger), Londres
p. 24, 25: Takenaka Corporation, Tokyo

Administration:
Andreas Hartmann, SZS

Impression:
Kalt-Zehnder-Druck AG, Zoug

ISSN 0255-3104

Abonnement annuel CHF 40.–
Numéros isolés CHF 15.–
Changements de tarif réservé

Construire en acier / steeldoc® est la documentation d'architecture du SZS Centre suisse de la construction métallique et paraît quatre fois par an en allemand et en français. Les membres du SZS reçoivent l'abonnement ainsi que les informations techniques du SZS gratuitement.

Toute publication des ouvrages implique l'accord des architectes, le copyright des photos est réservé aux photographes. Une reproduction et traduction même partielle de cette édition n'est autorisée qu'avec l'autorisation écrite de l'éditeur et l'indication de la source.