

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne - 2016.

Infrastructure, sujet d'architecture ?

Enoncé théorique
Alban Rozier

Tous mes remerciements

à Bruno Marchand, qui a accepté de diriger ce travail, pour son implication chaleureuse et toujours riche d'enseignements,
et à son assistante, Sonia Curnier ;

à Renato Salvi, pour la richesse du temps partagé ensemble sur ce beau projet de la Transjurane ;

à Stefano Moor, architecte à Lugano, pour son intérêt pour mon travail et la qualité de nos échanges autour d'excellents cafés ;

à Nicola Navone, directeur adjoint des Archives Modernes de l'Académie d'Architecture de Mendrisio, pour son guidage enthousiaste et pour la foule d'informations précieuses qu'il m'a transmises ;

à Valerio Galli, responsable du projet infrastructure SBB CFF FFS, qui a su m'ouvrir en un temps record, dans l'adversité, les portes de l'inac-

cessible centre d'exploitation de Pollegio ;

à Andrea Pedrazini, ingénieur civil à Lugano, qui m'a fait partager sa passion de l'ingénierie dans son magnifique bureau ;

à mes parents.

<i>Introduction</i>		<i>Objets d'étude</i>		<i>Conclusion</i>	
Problématique	11	Construire le territoire. Autoroute de la Transjurane. Renato Salvi.	17	Choix du sujet	231
Les objets d'étude	13	Signal ferroviaire. Centre d'exploitation CFF de la ligne ferroviaire Alptransit, Pollegio. Bruno Fioretti Marquez.	127	Synthèse	232
		Infrastructure urbaine et territoriale. La centrale énergétique Forsthaus, Berne. Graber Pulver Architekten.	163	Enseignements	233
		Construire le paysage. Réservoir d'eau Bruderholz, Bâle. Berrel Berrel Krautler Architekten.	215	Bibliographie	239

Introduction

Infrastructure, sujet d'architecture ?

Problématique

Autoroutes, tunnels, parkings, usines, réservoirs, barrages, lignes ferroviaires, autant de programmes trop souvent privés de réflexion architecturale, car considérés avant tout comme fonctionnels. Ce constat surprend si l'on note que ces infrastructures, par leur grande échelle, génèrent un fort impact dans le territoire. De plus en plus intégrées dans un tissu urbain en constante expansion, elles sont des repères essentiels, éléments structurants dans les villes. Souvent localisées au long des axes de mobilité en raison de contraintes économiques et fonctionnelles, elles ont une visibilité importante et par leur durabilité, elles contribuent à forger l'identité des villes et des territoires.

Il est donc temps d'offrir à ces infrastructures un point de vue architectural, de joindre la compétence des architectes à celle des ingénieurs.

Prenons l'exemple de l'autoroute. Est-ce une simple liaison, commode et rapide, pour se rendre d'un point à un autre dans une zone géographique donnée ? Ne doit-on pas dépasser cette considération purement fonctionnelle et considérer l'autoroute comme un véritable lieu de traversée d'un territoire, qui participe à façonner son identité ? Une infrastructure dont les ouvrages offrent un regard nouveau sur le paysage ? Une réponse adéquate à des problématiques d'échelles, de limites, de rapport à la vitesse, et de bien-être des usagers ?

Dans ce mémoire, nous nous proposons d'étudier des programmes d'infrastructures dont la dimension technique et mono fonctionnelle est telle qu'elle introduit une ambiguïté sur la nature du projet : architecture ou génie civil ? Nous conditionnons volontairement notre étude à l'existence de cette ambiguïté. Ainsi, les constructions telles que les gares, les aéroports, les stades,

les centres commerciaux sont écartées, car il n'y a pas de doute sur leur nature d'architecture. Ces projets de grande complexité programmatique ont en effet intrinsèquement une dimension de pôle d'échange, de symbole pour la collectivité, de rayonnement à l'échelle territoriale : le recours à un architecte pour les concevoir est automatique.

Dans le cas de l'infrastructure ferroviaire par exemple, ce n'est pas l'architecture d'une gare en elle-même qui retiendra notre attention, mais celle de l'ensemble du réseau qui relie les villes en traversant des territoires.

Nous convoquons ces projets pour explorer les frontières de l'architecture, questionner le rôle de l'architecte, montrer comment il est capable d'assumer, de valoriser puis de dépasser la dimension technique (que l'on aurait plutôt tendance à cacher) pour révéler d'autres qualités. Les questions sont nombreuses. Quel

est le champ d'action de l'architecte dans de tels programmes ? Est-il possible d'aller au-delà des caractéristiques techniques des infrastructures pour donner au projet une dimension supplémentaire, architecturale ? Comment y parvenir ? L'infrastructure pourrait-elle être au centre d'une réflexion sur la structure, la géométrie, l'espace, la lumière, la matière, le territoire ? Les contraintes techniques ne pourraient-elles pas être vues en fait comme des potentialités réelles pour une nouvelle spatialité et pour une architecture radicale, allant à l'essentiel ?

Nous tentons de répondre à ces questions par l'analyse de programmes d'infrastructure projetés par des architectes. Nous analysons ces projets en portant un intérêt premier au rôle de la structure et en étudiant comment la structure, au delà de ses qualités constructives, permet de régler des problématiques spatiales, formelles, programmatiques, et contextuelles.

Les objets d'étude

Cette recherche étudie quatre projets, selon un enchaînement débutant par des infrastructures linéaires qui s'étendent dans le territoire, pour terminer avec des objets plus ponctuels et urbains, en se rapprochant des villes.

La première étude concerne une infrastructure autoroutière, l'autoroute de La Transjurane construite dans le Jura par Renato Salvi. Cette étude occupe une part importante de l'énoncé théorique, en raison de la richesse des sujets liés à notre thème, du grand nombre d'ouvrages mis en jeu, et de l'indispensable mise en perspective avec l'autoroute du Tessin de Rino Tami.

Nous poursuivons avec l'infrastructure ferroviaire, et notam-

ment le centre d'exploitation de réseau CFF de Pollegio, Tessin, construit par les architectes Bruno Fioretti Marquez.

Vient ensuite l'étude d'une infrastructure urbaine et territoriale, la centrale énergétique Forsthaus à Berne, des architectes Graver Pulver.

Nous terminons avec une infrastructure paysagère urbaine, avec le réservoir d'eau de la ville de Bâle, conçu dans le parc Brudholz par les architectes Berrel Berrel Kräutler.

Ces projets sont tous localisés en Suisse, pour une raison simple de proximité : il était important de pouvoir les pratiquer, et d'échanger avec leurs auteurs et utilisateurs. Ainsi, de nombreux autres projets auraient pu être présentés, mais ont été écartés pour des raisons géographiques. C'est le cas par exemple de la

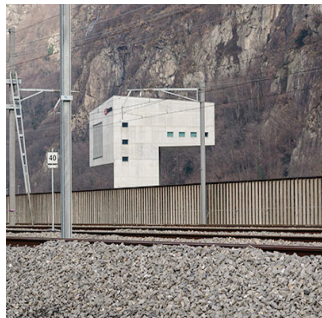
centrale hydroélectrique de Foz Tua au Portugal, qui témoigne pourtant d'une maîtrise remarquable de la mesure d'échelle de l'infrastructure et du paysage, dépassant la fonction primaire de barrage -coupure, pour devenir un véritable élément de liaison entre les deux parties d'une vallée.

Autoroute de la Transjurane. Renato Salvi.

Centre d'exploitation CFF de la ligne ferroviaire Alptransit, Pollegio. Bruno Fiorretti Marquez.

Centrale énergétique Forsthaus, Berne. Graber Pulver Architekten.

Réservoir d'eau Bruderholz, Bâle. Berrel Berrel Krautler Architekten.



Construire le territoire.

Autoroute de la Transjurane. Renato Salvi.

¹ Luigi Snozzi, Leçons du Thoronet, le mur oublié

Avant de se pencher sur le cas d'étude de l'autoroute de la Transjurane, il est nécessaire de donner quelques généralités sur l'infrastructure autoroutière, et en particulier de montrer qu'elle n'est pas seulement un outil fonctionnel.

Un lieu offrant un autre regard sur le territoire.

L'autoroute, comme moyen de transport efficace irriguant le territoire, a rendu les lieux de plus en plus accessibles et a eu une influence sur leur développement urbain, économique et social. En la considérant bien plus qu'un simple moyen de transport reliant efficacement des points d'un territoire, l'autoroute questionne au-delà de ses paramètres techniques et fonctionnels de base.

L'infrastructure autoroutière est une intervention lourde, qui peut être vue comme une agression, une blessure dans le pay-

sage existant. Elle constitue un objet paradoxal, car elle relie et rapproche des territoires tout en s'imposant comme un élément brutal qui les scinde. Elle pose aussi des problématiques complexes de ruptures, de sauts d'échelles et d'altération de sites.

L'autoroute ne doit pas être considérée comme un non lieu, mais plutôt comme un espace construit pour l'homme, dont les préoccupations ne se réduisent pas à l'utilité. « *Quand tu projettes une rue ou un parking, penses-y ! Au volant il y a toujours un homme !* »¹. C'est un espace qui a la capacité de s'ouvrir sur un territoire et d'établir des relations privilégiées avec le paysage. La traversée d'une région par l'autoroute peut être considérée comme une expérience révélatrice de son identité.

Ce rapprochement entre autoroute et contexte peut sembler contradictoire au premier abord.

D'un point de vue fonctionnel, l'autoroute peut paraître comme un système introverti qui se distancie du territoire ; à l'inverse d'une route ou d'un chemin, elle canalise l'automobiliste dans une trajectoire quasiment linéaire dont la rareté des issues, couplée à la vitesse, empêche toute halte ou tout détour pour découvrir un lieu précis. Ses points d'entrée et de sortie, reliant les villes à l'autoroute, sont les seuls points de contact direct avec le milieu dans lequel elle s'inscrit. Les nombreux dispositifs de sécurité (glissières, clôtures et murs anti-bruit) accentuent cette distanciation entre automobiliste et contexte.

Il est important de saisir que les particularités de l'infrastructure autoroutière permettent en fait de considérer cette distanciation non pas comme une rupture, mais comme une forme de recul, permettant à l'automobiliste un regard différent sur le territoire. Tout d'abord, la surface plane du ruban autoroutier, en générant

un vide profond et large, libère le champ de vision de l'automobiliste de tout obstacle proche. Elle lui offre des vues lointaines sur le paysage qu'il traverse, contrairement à une route classique dont le tracé traverse essentiellement des zones urbanisées, où bâtiments et arbres empêchent toute vue large, privilégiant plutôt des rapports de proximité.

D'autre part, les ouvrages constituant l'autoroute (murs de soutènement, viaducs et tunnels), par leurs grandes dimensions et leurs situations privilégiées, peuvent engendrer des vues sur le paysage que nul autre bâtiment, chemin, ou route sinueuse ne peut offrir. Par exemple, la sortie d'un tunnel devient une fenêtre sur le paysage. Autre exemple, d'un point de vue externe à l'automobiliste : le tablier d'un pont associé à ses piles génère un cadrage sur la vallée qu'il franchit.

Ainsi, l'autoroute a la capacité de permettre des vues larges et lointaines sur le territoire. Par contre, il est intéressant de constater que la grande vitesse à laquelle l'automobiliste la pratique lui impose de ne capter que de brèves vues du paysage au lieu de panoramas statiques détaillés. Cette contrainte, qui demande à l'automobiliste de ne saisir que les principales caractéristiques du contexte en un temps restreint, peut en fait être perçue comme une qualité : l'autoroute révèle les traits principaux qui façonnent l'identité d'un territoire dans une échelle de temps courte liée à la voiture en mouvement, par le biais d'une succession de « vedutas ».

Au delà des vues lointaines, la confrontation entre l'artificiel des ouvrages et le naturel du site dans lequel ils s'implantent est une autre manière de révéler les singularités d'un projet autoroutier. Les lignes tendues d'un mur de soutènement peuvent par

exemple affirmer les courbes d'une colline. De plus, l'expérience phénoménologique de l'automobiliste parcourant l'autoroute peut également permettre de voir émerger les particularités d'un territoire. Ainsi avons-nous tous vécu la traversée linéaire d'un haut viaduc à grande vitesse, au cours de laquelle la sensation de vertige, s'intensifiant, rend compte de la profondeur de la vallée qu'il traverse.

Du point de vue de l'automobiliste, l'autoroute n'est donc pas à considérer comme un « non lieu » aux caractéristiques purement fonctionnelles générant une rupture entre l'homme et le site qu'elle traverse. Au contraire, elle possède une réelle spatialité avec le potentiel d'établir un autre regard sur le paysage et de révéler ses structures majeures dans un rapport quasiment cinématographique.

Structurer le territoire.

L'autoroute acquiert une importance considérable car elle fait partie des infrastructures de sol qui modifient la topographie et apportent une géométrie dans le territoire. Elle se réfère aux oeuvres de l'homme qui témoignent de son besoin récurrent de modifier le territoire pour l'adapter à ses usages. L'homme a dépensé beaucoup d'énergie pour le modeler, en instaurant à chaque fois un dialogue harmonieux entre les infrastructures qu'il construit et les sites dans lesquels elles s'insèrent. Les murs de soutènement créant des terrasses cultivables, les digues le long des fleuves rendant accessible de vastes terres inondables et changeant le rapport entre ville et fleuve, les ouvrages d'art des lignes ferroviaires, sont autant de constructions qui démontrent la capacité de l'homme à s'adapter à des sites complexes tout en respectant les contraintes qu'ils imposent, et en les modelant

dans une volonté permanente de construction du territoire. Un véritable équilibre entre construction et site s'établit, créant une relation de réciprocité.

Ces constructions de sol persistent à travers les périodes et deviennent des éléments structurants des villes et des territoires. Flora Ruchat décrit le rôle considérable de ces infrastructures dans la structuration des villes, au travers des propos de Rino Tami : « *Il nous avait expliqué la structure complexe de Rome, où les épisodes de l'histoire se superposent et restent simultanément présents souvent dans un seul et même édifice, voire parfois dans un même mur. Il nous avait fait comprendre combien la ville et son environnement étaient marqués non pas tant par tel ou tel bâtiment, mais plutôt par des formes initiales, durables et issues de la topographie, par la lumière et par les matériaux, vaisseaux du souvenir, anciens et nouveaux : tracés,*

² Flora Ruchat, Rino Tami et l'autoroute

rues, murs, conduites d'eau, portes, escaliers, rangées d'arbres, ... monuments. Ils tissent des liens, déterminent des espaces précis, signalent des passages, ... Je crois qu'il s'agit là d'éléments du paysage, qu'il soit urbain ou non, qui satisfont non seulement le besoin fondamental de l'homme de se reconnaître là où il se trouve, mais qui correspondent aussi à un désir esthétique de façonner ce paysage, de lui donner de l'ordre, de l'harmonie et un visage reconnaissable partout où l'homme est en mesure de percevoir un paysage »².

L'autoroute fait partie de ces infrastructures fondamentales pour la structuration du territoire.

Vers un projet unitaire et territorial.

Avant l'arrivée des autoroutes, la construction d'une route faisait souvent l'objet d'un projet total. Le principe et le dessin des principaux ouvrages étaient fixés, de telle sorte que si la réalisation s'étalait sur une longue durée, les différents exécutants pouvaient se référer aux premiers ouvrages bâtis pour conserver une continuité sur l'ensemble de la construction. C'est à cela que l'on doit par exemple l'unité de la route du col du Grand Saint-Bernard.

Les autoroutes sont rarement issues d'une pensée par projet faisant place aux architectes, leur conception étant plutôt confiée à des groupes d'ingénieurs qui se fondent sur des principes idéologiques techniques dirigés prioritairement vers des valeurs de fonction, efficacité, et économie et non d'unité architecturale.

Par exemple, c'est le cas de l'autoroute du Soleil en Italie, reliant Bologne à Florence, dont les ouvrages n'entretiennent pas de relations entre eux, par manque d'unité, que ce soit dans l'utilisation des matériaux (béton et acier), dans les procédés de construction, ou dans les formes des ouvrages (seulement dictées par des contraintes fonctionnelles).

On peut alors considérer l'autoroute comme un agrégat de fragments d'ouvrages épars, correspondant chacun à autant de mandats attribués à autant de mandataires en charge de se conformer à des normes techniques de qualité et de sécurité, et à des contraintes constructives. Le dialogue entre infrastructure et paysage n'existe pas, il n'y a plus d'équilibre entre la connaissance des contraintes et des caractéristiques d'un site et la recherche d'une figure esthétique unitaire qui contribuerait à la construction, et non à la destruction, d'un paysage.

L'autoroute considérée uniquement sur la base de critères fonctionnels perd toute sa dimension territoriale : « *Les architectures et les constructions auxquelles on peut réserver le qualificatif de territoriales sont celles auxquelles on assigne un deuxième rôle, exogène, en plus du premier (utile fonctionnel et économique) un deuxième rôle qui transcende le premier et qui organise et coordonne les architectures et les constructions dans l'espace. Non pas en termes d'aménagement du territoire qui est un concept dépassé mais dans l'acceptation augmentée de « construction du territoire qui pense les finalités de l'aménagement en termes d'espaces où se représente l'idée que l'homme donne à une certaine conception du « vivre ensemble en société »* »³.

Nous savons concevoir des ouvrages de haute qualité qui dépassent leur rôle primaire fonctionnel pour accéder à une autre dimension. De nombreux ponts, viaducs bien connus en té-

³ Vincent Mangeat.
Les ouvrages d'art de
la transjurane A16,
un défi,

⁴ Vincent Mangeat.
Les ouvrages d'art de
la transjurane A16,
un défi

moignent. Mais ils demeurent des oeuvres individuelles, qui ne s'inscrivent pas chacune dans la globalité d'une infrastructure. Et c'est là que réside toute la difficulté de réussir ce type de projet : construire des ouvrages ponctuels en s'imposant de les intégrer dans l'unité d'un parcours traversant des territoires différents.

L'autoroute doit donc être pensée comme un projet architectural plutôt qu'une suite ou une juxtaposition de résolutions de problèmes réglés par des techniciens spécialisés. En pensant la géométrie, la structure, l'espace, la topographie, la lumière et la matière, l'architecte est capable d'amalgamer des contraintes techniques, économiques et constructives tout en les liant à des problématiques spatiales et contextuelles, en vue de construire une infrastructure unitaire. « *Établir un projet c'est mettre en accord la forme de la terre, le paysage qui est déjà la construction*

de l'homme et un ensemble d'ouvrages capables de satisfaire à l'un ou l'autre besoin de l'homme. Établir un projet c'est encore concevoir des ouvrages qui n'en font qu'un, qui ne forment qu'une seule oeuvre pensée par un concepteur et réalisée par lui ou par d'autres. Un concepteur présent partout dans la longue durée mais, le cas échéant, visible nulle part. » ⁴.

Les autoroutes conçues par des architectes sont rares, mais certains décideurs politiques ont pris conscience de l'intérêt d'associer les savoirs techniques et scientifiques des ingénieurs aux préoccupations spatiales, esthétiques et territoriales des architectes. Certaines réalisations témoignent par leurs qualités de l'importance du rôle de l'architecte. C'est le cas de l'autoroute A16 de la Transjurane située dans le Jura Suisse à la frontière avec la France, qui a été projetée par l'architecte Renato Salvi, en collaboration avec Flora Ruchat pour la première phase.

Ce projet, dont la construction a débuté en 1987 pour s'achever en 2016, s'inspire, tout en se démarquant, des principes élaborés par Rino Tami dans l'autoroute A2 du Tessin. Oeuvre majeure de référence, qui depuis sa construction en 1968, a installé dans le Tessin une culture architecturale forte, imposant la consultation d'un architecte pour la majorité des projets d'infrastructure.

Le projet de la Transjurane tire ses qualités des fondamentaux introduits par Rino Tami : d'une part, recherche permanente d'unité dans les ouvrages élaborés, en appliquant des principes géométriques clairs et en utilisant un matériau unique — le béton coulé en place ; d'autre part, prise en compte d'une réflexion qui n'est pas uniquement centrée sur la voiture, mais qui considère une multitude de points de vue et d'échelles (en partant du point de vue de l'automobiliste et sa perception des ouvrages et du paysage, jusqu'à l'intégration de l'infrastructure au sein du paysage).

L'étude de l'autoroute de la Transjurane, mise en perspective avec l'autoroute du Tessin, sera l'occasion de démontrer en quoi le rôle de l'architecte est nécessaire pour que l'infrastructure autoroutière n'apparaisse pas comme une suite de structures disparates, mais comme un ensemble harmonieux, dont l'unité formelle des ouvrages, leur intégration dans le paysage et leur capacité

à dialoguer selon des échelles et des points de vue différents,
construisent un projet identitaire doté d'une véritable dimension
territoriale.



L'unité dans le projet territorial

Plan du tracé de La
Transjurane

Dans cette première partie il est question de comprendre comment l'architecte intervient sur l'autoroute pour construire un projet unitaire.

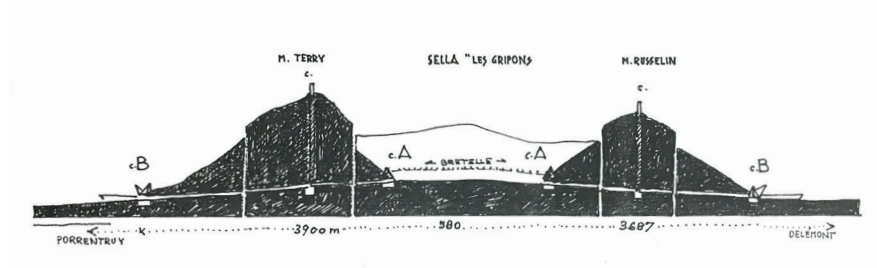
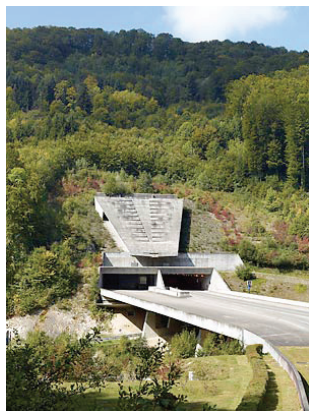
Le champ d'intervention des architectes

Quel est le champ d'action de l'architecte dans la conception d'une autoroute ?

Le travail de l'architecte ne doit pas bien sûr concerner l'autoroute dans son ensemble car d'une part, dessiner le moindre détail n'est pas en rapport avec l'échelle de l'infrastructure, et d'autre part, les contraintes économiques, politiques et techniques pèsent. Il s'agit donc pour l'architecte d'intervenir là où il est nécessaire, de faire des choix pour mobiliser les énergies sur les problématiques majeures.

Les éléments considérés comme fondamentaux sont les portails de tunnels (accompagnés ou non de leurs centrales de ventilation) et les têtes de ponts ou de viaducs. Ces ouvrages sont importants, car ils expriment à chaque fois un moment essentiel de transition dans la linéarité de l'autoroute. Par exemple, les portails des tunnels sont des éléments transitoires entre le milieu extérieur et le milieu souterrain lors de la traversée d'un massif. Également, les têtes d'un pont marquent le passage du milieu terrien de la montagne à celui aérien de la vallée qu'il franchit. Ces transitions sont généralement brutales, car elles ne sont pas du tout gérées. Dans le cas de la Transjurane, par contre, il y a une obsession permanente de les rendre progressives.

S'intéresser essentiellement aux extrémités des ouvrages est une manière de qualifier l'entre-deux des choses, de construire des espaces contenus entre des intervalles, qui s'ouvrent sur le paysage.



Gauche : portail de Boncourt

Milieu : portail des Gripons

Droite : coupe des tunnels sur le Mont Terry et le Mont Rus-selin

Il est donc important de travailler ces transitions, mais l'enjeu est de dépasser la ponctualité des interventions pour les inscrire dans une démarche globale à toute l'autoroute.

En tenant compte des aspects topographiques, fonctionnels et économiques, Renato Salvi a composé l'ensemble de ces ouvrages en adoptant une réflexion particulière sur des géométries précises, fondatrices d'un langage commun. Ainsi, portails de tunnels, centrales de ventilation, piles et culées de viaducs, constituent une récurrence géométrique et forment des séquences spatiales qui sont perçues tant par l'automobiliste que par l'observateur extérieur comme autant d'éléments structurants de l'autoroute. La répétition d'un même langage à travers les constructions participe à l'édification d'une oeuvre unitaire plutôt que d'une série de fragments épars sans relations entre eux.

Traverser la montagne Unité et portails des tunnels

L'autoroute de la Transjurane relie la frontière franco-suisse à Delle-Boncourt (Territoire de Belfort-Canton du Jura) à Biel-Bienne (Canton de Berne) en un tracé de 85 km. La première section construite a fait l'objet d'un concours remporté par Renato Salvi et Flora Ruchat. La collaboration entre les deux architectes a duré 10 ans, puis Renato Salvi se chargea de projeter les sections restantes du tracé de l'autoroute, construites durant les 20 dernières années.

Dans le cadre de la traversée du Mont Terry et du Mont Rus-selin, 4 portails de tunnels ont été projetés dans des sites très différents. Disposées face à face de part et d'autre de l'échangeur des Gripons, 2 entrées de tunnels pénètrent dans les pentes ro-



Gauche : portail de Courgenay

Droite : portail de Boncourt

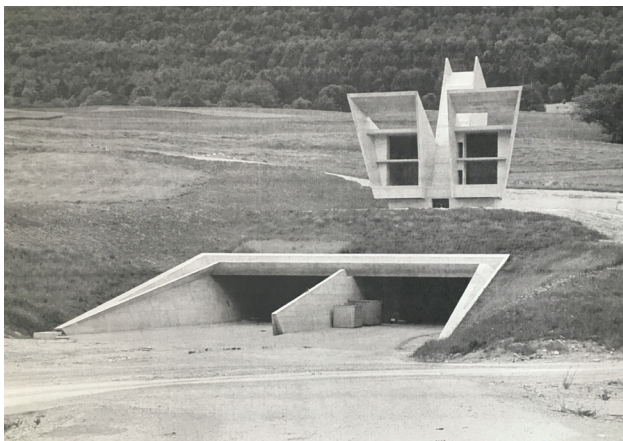
cheuses accidentées et de forte déclivité des versants nord et sud du Mont Russelin et du Mont Terry respectivement (portails A sur la coupe), tandis qu'à leurs extrémités les deux autres entrées Russelin Sud et Terri Nord s'enfoncent dans les paysages de plaine de Boncourt et Courgenay, marqués par des pentes plus douces (portails B sur la coupe).

Une règle géométrique commune

Étudions et décrivons ces portails pour comprendre la règle adoptée par les architectes pour les dessiner.

Commençons par celui du Russelin Sud (également Terri Nord car ils sont analogues). Il comprend deux murs latéraux de chaque côté de la chaussée, qui longent la pente en une ligne diagonale pour atteindre leur hauteur maximale au contact de la couverture du tunnel. L'ensemble résultant de la rencontre des murs et

de la couverture construit le portique, signifiant la pénétration de l'autoroute dans la montagne. La présence de ces murs latéraux s'explique tout d'abord par le besoin de retenir les terres pour garantir la planéité de la chaussée en créant une cassure dans la pente. Mais, derrière cette caractéristique fonctionnelle se cachent plusieurs raisons qui apportent une réelle qualité à l'ouvrage. Ces éléments latéraux naissent dans le plan horizontal de la chaussée, en tant que murets, et croissent progressivement, en adoptant une géométrie triangulaire, pour devenir murs puis véritable paroi du tunnel en fin de course. Cette géométrie permet d'étirer les murs au loin devant l'entrée du tunnel pour insérer le portail avec continuité dans la topographie et créer une transition entre le milieu extérieur de la vallée et l'espace creusé de la montagne, entre la luminosité et l'obscurité, l'ouverture et le confinement, l'horizontalité de la chaussée et la verticalité du versant. Ces murs génèrent une dynamique guidant l'automobi-



Gauche : portail de Courgenay

Droite : portail de Boncourt

liste vers l'intérieur du tube. Cette manière de coudre l'entrée du tunnel à son contexte évite de la percevoir comme une face coupée de la montagne, que l'on pénètre brutalement.

Les formes qu'adoptent ces murs ne sont pas anodines, elles sont issues de relations étroites entre des contraintes fonctionnelles, spatiales et contextuelles. Ces murs possèdent de nombreuses subtilités géométriques qu'il est intéressant de relever.

Tout d'abord, ils ne se dressent pas verticalement mais s'inclinent vers l'extérieur. C'est ce que l'on appelle le fruit du mur, habituellement utilisé par les ingénieurs pour garantir une meilleure réaction à la poussée des terres. Mais Renato Salvi et Flora Ruchat ont volontairement accentué cette inclinaison pour mieux maîtriser les proportions et l'intégration de l'ouvrage. En effet, cette inclinaison des murs permet d'insérer l'ouvrage de

façon plus harmonieuse dans la pente du talus latéral, puis d'introduire un dynamisme dans sa composition. Elle permet également de corriger des déformations optiques : si les murs étaient parfaitement verticaux, la perspective due à la profondeur de l'autoroute, couplée à la vitesse de déplacement de l'automobiliste, aurait eu pour effet de les incliner visuellement vers l'intérieur de la chaussée, créant chez l'automobiliste l'impression que les murs tombent. Cette sensation d'écrasement aux abords du tunnel est donc éliminée.

Ces principes de corrections optiques ne sont pas sans rappeler ceux établis dans le Parthénon, comme par exemple la légère concavité de l'entablement, qui a pour but de conserver visuellement son horizontalité, ou l'entasis des colonnes (renflement du fût), qui permet de redresser les verticales de leurs arêtes.



Il est intéressant de constater comment les architectes se saisissent de la technique de l'ingénieur (inclinaison des murs) et la dépassent pour la sublimer à travers l'expression du dessin géométrique.

Ces mêmes murs se plient en leur sommet en deux faces, l'une inclinée vers la chaussée dans un rapport perpendiculaire à la pente du terrain, l'autre comme le prolongement de la base du mur. Cette déformation fabrique une longue gouttière en V qui longe les murs et se retourne ensuite sur la couverture du portail, avec une face également inclinée vers l'avant, perpendiculaire au versant sur lequel elle s'inscrit.

Cette déformation de la tranche du mur résout à elle seule plusieurs problématiques. De manière pragmatique, elle permet de récupérer l'eau de pluie et de fonte des neiges pour la canaliser, évitant qu'elle ne tombe sur les voitures à l'aplomb du portail.

Mais aussi, la hauteur de cet élément lui permet de remplir la fonction de garde-corps, empêchant les animaux de chuter sur la chaussée. Cette fonction de parapet règle le problème du grillage de protection, qui vient habituellement parasiter l'ouvrage en s'installant le long des murs. Grâce à cette réflexion, l'architecte se donne la liberté de rendre la clôture quasiment inexistante en la plaçant en retrait à quelques dizaines de mètres du portail. Ainsi les problématiques fonctionnelles, qui peuvent paraître secondaires a priori, sont anticipées en amont dans la conception.

Au-delà des considérations techniques, la gouttière joue un rôle majeur dans l'expression du portail. Sa distorsion est une manière habile et harmonieuse de gérer avec continuité le retournement du mur sur la toiture du tunnel. Cette relation permet d'éviter de lire les éléments qui constituent le portail comme indépendants, elle les inscrit dans une figure unitaire.



De plus, en épaississant la tranche des murs et de la toiture, la gouttière permet de donner du corps à l'ouvrage, de l'inscrire avec force dans le paysage. En effet, dans le cas des infrastructures d'autoroute, il faut être conscient du saut d'échelle qui s'opère face à l'immensité du paysage : la mesure de ces infrastructures diffère totalement de celle de l'architecture courante. Ainsi, un mur de 25 cm d'épaisseur apparaît comme une feuille de carton sans consistance dans un paysage, il doit être épaissi.

La question de la tranche du mur et de la dalle de la toiture est une problématique fondamentale, car c'est elle qui donne ou non une épaisseur à l'ouvrage. Il sera intéressant par la suite de comprendre l'évolution de la manière dont cet élément est traité dans les diverses constructions de la Transjurane.

La gouttière s'élargit au fur et à mesure qu'elle se rapproche de

l'entrée du tunnel. Cette géométrie particulière se justifie encore une fois par une volonté de correction optique : en l'absence d'élargissement, la gouttière paraîtrait plus fine au niveau de l'entrée du tunnel, produisant une perception visuelle de fragilité de l'ouvrage, non sécurisante pour l'automobiliste.

Un troisième mur complète l'entrée du tunnel. Situé au milieu de la chaussée entre les deux tubes, il a pour fonction, en cas d'incendie, d'empêcher que les fumées expulsées d'un des tunnels ne soient aspirées dans l'autre. Pour ne pas subir la présence de cet élément technique (lié à la norme d'incendie), les architectes travaillent sa forme par le dessin de détails soignés : l'arête supérieure du mur rencontre la tranche de la toiture avec un léger décalage au-dessous de celle-ci. Cet abaissement du mur par rapport au portail a pour conséquence de laisser filer au-dessus de celui-ci la tranche de la toiture, comme un unique élément



franchissant la totalité des deux voies.

Dans la majorité des autoroutes, cette contrainte est totalement subie par les ingénieurs, et la présence du mur s'impose comme un élément de séparation franche des tunnels, scindant l'ouvrage en deux portiques distincts. Ce mur adopte souvent un profil en « trompe d'éléphant » calqué sur une courbe mathématique basée sur les normes de hauteurs minimales de murs à respecter en fonction des distances par rapport à l'entrée du tunnel. Dans d'autres cas, le mur peut être dissimulé dans un talus végétal.

Au contraire, les architectes de la Transjurane répondent à la contrainte de manière frontale par le dessin du mur, plutôt que par l'esquive. Notons également l'inclinaison de la tranche du mur, faisant reculer la base en arrière pour en alléger la présence. Tous ces détails donnent l'impression que le mur glisse sous le

portail. Il apparaît comme un élément secondaire, sa fonction séparatrice est diminuée.

Par son travail sur une gouttière réunissant continûment murs et toiture, par son intégration du mur de séparation, l'architecte nous donne à lire le portail comme un seul ouvrage unitaire, à l'apparence géométrique d'un U enveloppant les deux tunnels, dont la largeur étalonne l'autoroute, qui apparaît ainsi comme un ruban déployé indiquant la trajectoire à suivre. L'autoroute est un support de voyage, et non un système d'allers-retours entre deux points.

Le portail de tunnel Russelin Sud possède une réelle spatialité réglée par les murs, dont la géométrie, fondée sur des lignes tendues et des rapports de confrontation, l'inscrit avec force dans le paysage. Il ne s'agit pas de s'effacer mais de s'affirmer en



se confrontant au territoire pour en révéler les caractéristiques propres.

Les architectes ont su jouer avec cet éléments a priori fonctionnels pour composer les portails de l'infrastructure dans tout son ensemble. Ces murs se concrétisent dans le Transjurane par un jeu géométrique subtile composé de lignes parallèles à la chaussée, parallèles à la pente ou perpendiculaires. Cette association constitue la base d'un langage commun à l'ensemble des ouvrages de l'autoroute, qui permet de résoudre des problématiques fonctionnelles de manière pragmatique, mais surtout d'y apporter des qualités spatiales et de relations contextuelles. Ce vocabulaire instaure une impression d'unité sur tout le long du parcours.

Entre norme et adaptation au territoire

Passons à l'étude du portail situé à l'autre extrémité du tunnel, dans versant sud du Mont Terri, sur le site des Gripons. L'ouvrage reprend les caractéristiques majeures du langage géométrique élaboré dans le portail de Russelin Sud : le léger fruit des murs latéraux, leurs profils qui suivent la pente du terrain ou qui s'y opposent, le linteau de la toiture réunissant les deux tunnels dont le plan s'incline vers l'avant pour gagner en épaisseur et prendre la fonction de garde corps, ainsi que le mur médian prenant naissance sous la toiture pour assurer l'unité de l'ouvrage. Par contre, le principe de gouttière construisant la tranche des murs et de la toiture a été abandonné au profit d'autres solutions, car la construction et la mise en place des coffrages étaient trop délicates. La question de la tranche assurant la continuité entre les éléments a été travaillée autrement. Mais d'autres dif-



férences sont plus notables. Ce portail s'insérant dans les pentes plus raides du Mont Terry, les murs latéraux s'étirent moins que dans le portail Russelin Sud, ils s'adaptent au profil du site. Enfin, contrairement au précédent, ce portail est directement couplé avec une station de ventilation. Ce point sera développé dans une autre partie.

Cette diversité de traitement des portails montre qu'il ne s'agit pas de produire des clones dans le paysage, mais au contraire des ouvrages qui s'adaptent aux particularités du site dans lequel ils s'insèrent. C'est toute la force du langage architectural adopté, il permet à la fois d'instaurer une régularité entre les différents éléments qui composent l'autoroute et de permettre des variations typologiques liées à la morphologie du contexte.

Que le tracé de l'autoroute rencontre le versant perpendiculai-

rement ou de biais, que les pentes soient fortes ou plus douces, les typologies des portails diffèrent tout en s'inscrivant dans la règle.

Étudions le cas du portail Saint Jean, faisant partie d'une série d'ouvrages projetés durant la deuxième période. Celui-ci adopte une typologie qui s'adapte à un site marqué par la présence d'une falaise abrupte. Rencontrant le versant avec un angle oblique pour s'adapter à l'étroitesse de la vallée, le tracé de l'autoroute ne pouvait permettre la composition symétrique du portail que l'on avait dans les cas précédents. Un mur de soutènement latéral s'adosse contre le versant à gauche, suivant le profil de la pente. Il rejoint la toiture du portail dont l'avancement par rapport à la falaise est davantage prononcé que dans les autres ouvrages. Ce dévers du portail apporte un dynamisme dans la composition et exprime clairement la pénétration du



versant, en lien avec la vitesse de l'automobiliste. Outre ses qualités spatiales, sa présence est également liée à la nécessité de protéger la chaussée d'un risque d'éboulement plus élevé sur ce site. Le besoin de retenir les terres n'étant pas présent du côté droit de la chaussée, le second mur recule jusqu'à la falaise au lieu de s'avancer.

Au-delà de résoudre habilement des problèmes pragmatiques, ces murs, en s'orientant dans des directions et des inclinaisons opposées, génèrent des tensions qui donnent une spatialité à l'ouvrage et fabriquent une relation particulière avec le paysage. Ainsi, en s'adossant contre la pente, le mur de gauche ferme l'espace pour l'ouvrir de l'autre côté vers la vallée grâce au retrait de son opposé. La géométrie de ce mur de soutènement, très élancée vers le haut, est une manière de révéler l'étroitesse de la cluse dans laquelle le portail s'insère. Il s'agit donc d'orienter l'espace,

de guider le regard de l'automobiliste par une mise en scène du paysage. L'autoroute dévoile l'identité du site qu'elle traverse.

Les fondements de la règle géométrique

Cette manière de composer l'autoroute de la Transjurane doit incontestablement être reliée au travail de Rino Tami dans l'autoroute A2 du Tessin.

Dans ce projet reliant Airolo à Chiasso, Rino Tami avait posé les bases de la réflexion sur l'autoroute pour aboutir à une oeuvre unitaire, en définissant des principes clairs, que l'on retrouve par la suite dans la Transjurane : adoption d'une règle pour composer l'ensemble des ouvrages, utilisation du béton comme unique matériau, et développement d'une réflexion qui ne néglige aucun



point de vue, depuis la façon dont l'automobiliste perçoit l'autoroute jusqu'à son intégration dans le paysage.

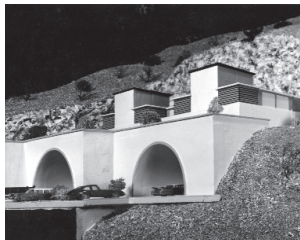
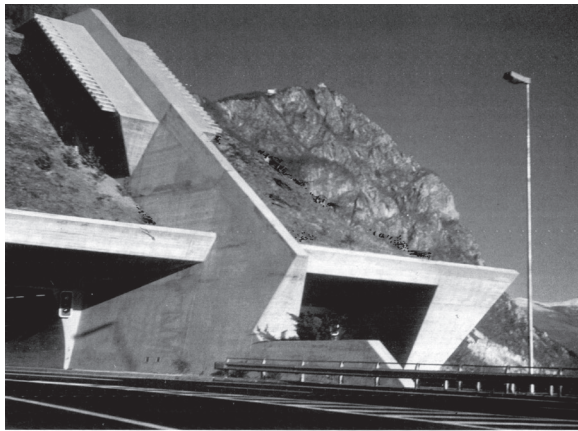
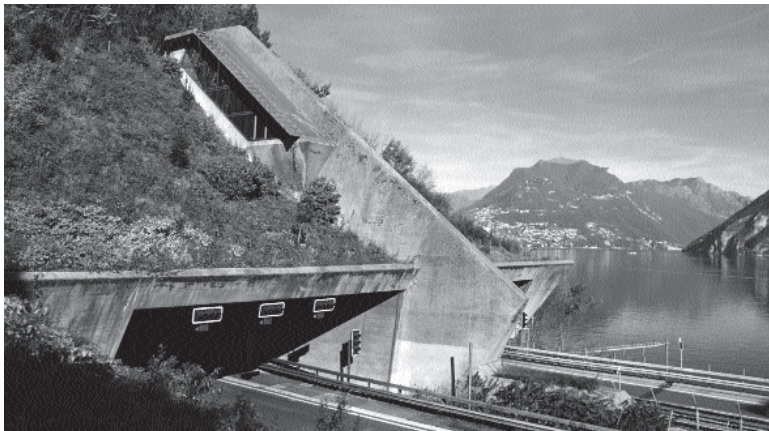
En se référant à l'oeuvre de Rino Tami, il est possible de voir d'une part quelle a été son influence sur l'autoroute de la Transjurane, et d'autre part en quoi Renato Salvi a su se détacher de certains des principes établis, dans l'idée de les faire évoluer constamment.

Rino Tami exclut majoritairement toute ligne verticale, car celle-ci entretient peu de rapports avec la pente du paysage et la vitesse de l'automobiliste. Il réalise que pour insérer fortement ses ouvrages dans la pente, il doit adopter une géométrie qui lui est perpendiculaire : s'y confronter pour mieux la révéler. Tami instaure pour cela une règle géométrique dont la force est qu'elle permet, avec seulement trois types de lignes et la

présence d'angles récurrents de 30 et 60 degrés, de dessiner la totalité des ouvrages de l'autoroute du Tessin. Ces mêmes lignes se retrouvent dans la Transjurane, celles dessinées parallèlement à la chaussée, en suivant la pente ou en s'y opposant.

L'analyse du portail de Melide Grancia, ouvrage de l'autoroute du Tessin situé à proximité de Lugano, permet encore de voir des relations évidentes entre ces deux infrastructures.

On retrouve l'essence de cette composition géométrique notamment dans la manière de traiter la tranche de la toiture du portail. En s'inclinant vers l'avant elle se confronte à la pente dans une géométrie similaire à celle du portail Saint Jean, et à la gouttière du portail Russelin Sud. Mais cette inclinaison n'est pas qu'un moyen formel pour apporter des tensions à l'ouvrage. En effet, cet encorbellement a pour conséquence de provoquer



Gauche : portail Melide Grancia

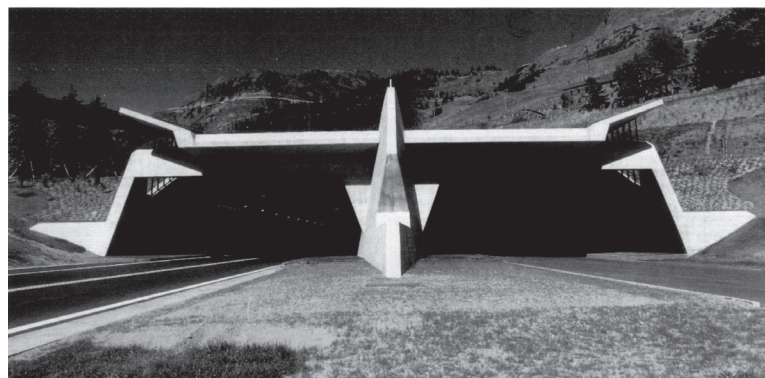
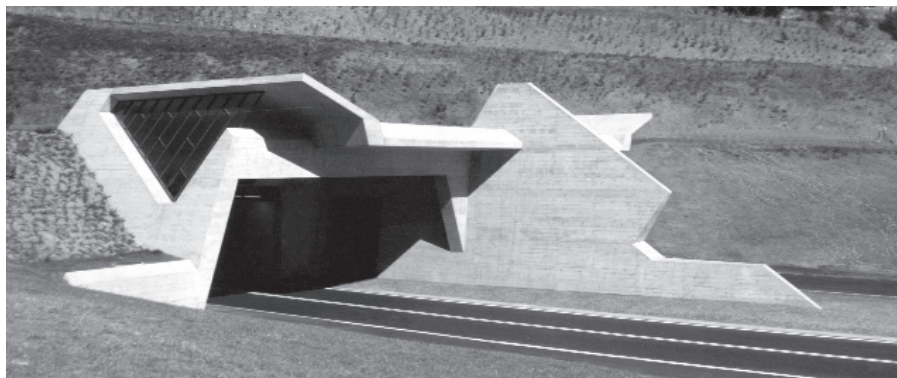
Droite : avant-projet des ingénieurs

une ouverture latérale sur le paysage du lac de Lugano, que l'autoroute traverse. Cette ouverture résout en outre des problèmes pragmatiques, en permettant à la lumière d'entrer plus progressivement dans la cavité que dans un tunnel classique. Cela atténue le phénomène de rupture brutale pour l'automobiliste lors du passage entre l'obscurité de la galerie et la lumière extérieure. En plus d'empêcher que les éboulements n'atteignent la chaussée, cette forme élancée vers l'avant fait ainsi office de bouclier anti-éblouissement pour l'automobiliste. Il y a donc chez Tami une réelle volonté de traiter le portail en tant qu'élément de transition.

Il est intéressant d'analyser la manière dont Rino Tami traite la problématique du mur de séparation. Ce mur se prolonge au-delà de la couverture du tunnel, jusqu'à la partie émergente de la centrale de ventilation située quelques mètres en amont. Cette

géométrie permet de lier entre eux les éléments (centrale de ventilation, mur, et portail), afin qu'ils appartiennent à une figure unique. Les bords latéraux de la cheminée sont découpés en ailettes, en vue d'adoucir visuellement la transition entre l'ouvrage en béton et le terrain. De plus, le mur est marqué par une cassure dans sa partie inférieure, permettant, sans altérer la base de l'ouvrage, de conserver un lien visuel entre les deux chaussées, et surtout d'atténuer l'expression de sa fonction séparatrice. Ainsi, en jouant avec la contrainte de la norme et en la maîtrisant par le dessin, Rino Tami transcende un élément technique dont la fonction primaire est de séparer, en le transformant en un élément liant les différentes entités de l'ouvrage. On retrouve cette idée dans la Transjurane.

Lorsque Rino Tami a été appelé pour dessiner les portails de l'autoroute, certains des ouvrages avaient déjà été projetés par



des ingénieurs. Le résultat comportait de nombreuses faiblesses, conséquences d'une absence totale d'ambition de surpasser les problématiques techniques. La comparaison entre le projet de base des ingénieurs et le projet revu par Tami permet de se rendre compte de la plus-value apportée par l'architecte. Par exemple, Tami a permis de rendre imperceptible la dissymétrie et le décalage des entrées des deux galeries, en adoptant une composition symétrique du portail. Il a absorbé l'irrégularité du tracé dans l'épaisseur de l'ouvrage. Cette épaisseur génère une ombre qui permet de noyer la géométrie circulaire du tunnel dans celle rectangulaire du portail. L'ombre est un « joint » entre des éléments différents.

Pour revenir au mur de séparation du tunnel de Melide, les changements de géométrie qui s'opèrent à ses extrémités marquent le début et la fin de la ligne qui dessine l'ouvrage (cette ligne est

visuellement tenue par deux éléments).

Ceci s'exprime encore davantage dans le portail du tunnel du Saint Gothard, marqué par une plasticité forte pour mettre en scène l'accès au nord de l'Europe depuis le Tessin, où une seule ligne continue dessine l'ouvrage en le parcourant avec différentes inclinaisons et l'unifie en une figure unique.

Cette manière d'englober l'ouvrage par un seul élément est tout aussi présente dans la Transjurane, elle traduit la volonté de maîtriser par la géométrie les problématiques techniques, spatiales et paysagères.



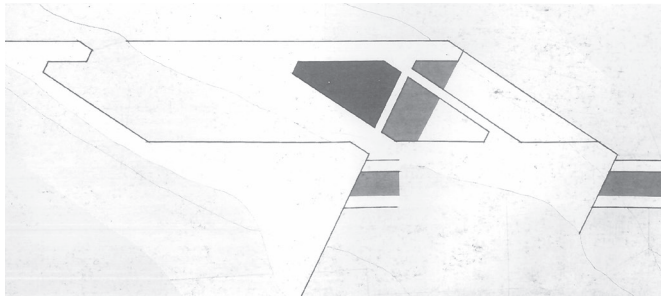
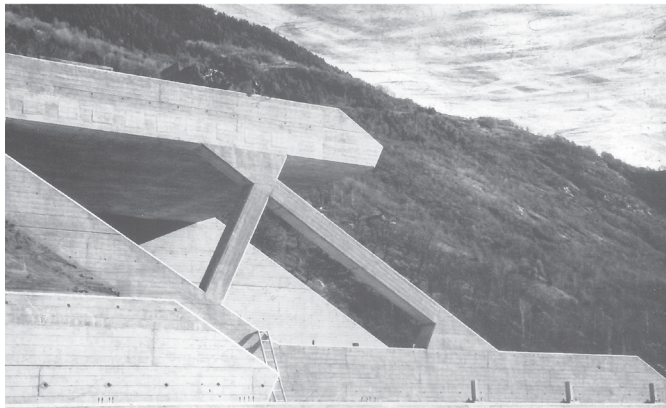
Un lieu pour regarder le paysage

Au portail de Pardorea sur l'autoroute du Tessin, le viaduc Piotta Negra pénètre le versant de la montagne avec un angle biais. Pour s'adapter à cette contrainte, le portail adopte une typologie décalée et asymétrique. Grâce à la règle établie, l'architecte joue avec la géométrie des murs. Ces murs qui s'avancent d'un côté et reculent de l'autre pour fermer et ouvrir ne sont pas sans rappeler ceux du portail Saint Jean de la Transjurane, dont les contraintes sont similaires. Les murs de soutènement latéraux adoptent un profil qui suit la pente du terrain dans leur partie supérieure et changent de direction avec un angle perpendiculaire à la pente dans leur partie inférieure, pour former les volumes des culées du viaduc.

Quand aux murs opposés, au lieu de les faire avancer de la même

manière pour obtenir une composition symétrique de l'ouvrage, l'architecte les dessine dans une géométrie qui les fait reculer, pour que le portail génère une ouverture sur la vallée tout en s'adaptant à la pente. La solution symétrique aurait été faible, conséquence d'une mauvaise lecture du site et d'une incapacité de vouloir projeter avec. Là où le portail de Melide s'ouvre latéralement par son dévers, le portail de Pardorea le fait d'une manière plus accentuée grâce au profil du mur qui découpe un vide dans la paroi du tunnel, construisant une fenêtre sur le paysage.

La géométrie que prend cette ouverture n'est pas une démarche formaliste ou stylistique, mais est au contraire issue d'une pensée qui synthétise technique, espace et rapport au paysage : l'ouverture est formée dans le premier tiers par le recul du mur vers l'intérieur du tunnel en suivant la pente du terrain ; dans les deux tiers suivants, le mur change de direction en s'avan-



Gauche : portail nord
du Ceneri

Droite : élévation du
portail nord du Ce-
neri

çant perpendiculairement à la pente pour se joindre à la toiture qu'il soutient. Ce changement de direction du mur vers la toiture évite toute présence de porte-à-faux démesuré, sachant que l'avancée de cette toiture par rapport au terrain est nécessaire pour les raisons identiques aux autres ouvrages cités précédemment (protection des éboulements, bouclier anti-éblouissement et transition progressive entre lumière et obscurité).

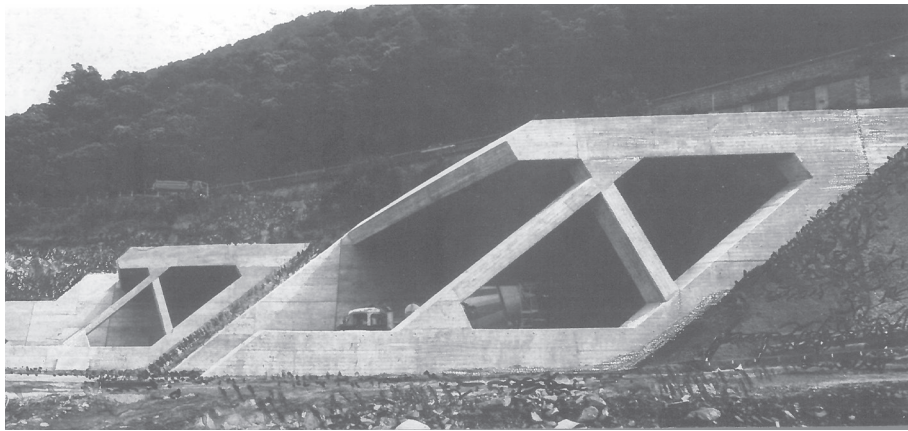
Un détail est à constater : la toiture n'est pas directement reliée au mur par la diagonale de son profil, mais par une courte section horizontale. Celle-ci permet de générer un retrait, pour accentuer l'effet de découpage d'une fenêtre sur la vallée. Comme expliqué précédemment avec le mur de séparation du tunnel de Melide, ce retrait horizontal est également une manière de donner une fin au profil du mur, pour assurer la jonction avec la toiture.

Dans les portails Nord de Biaschina et du Ceneri, l'ouverture latérale des ouvrages est encore plus prononcée, et permet d'éclairer davantage l'intérieur du tunnel.

Pour l'automobiliste à l'approche de la sortie, la paroi du tunnel ainsi éclairée lui donne la perception d'un appel de lumière progressif générant une transition vers l'extérieur, avant de se confronter à la vue imprenable sur le paysage.

Tami adopte donc une réflexion sur la manière d'entrer et de sortir d'un tunnel, à savoir comment l'automobiliste perçoit le portail au fur et à mesure qu'il s'en approche, et comment il perçoit le paysage en le quittant. Parcourir un portail est une progression de l'ombre vers la lumière ou de la lumière vers l'ombre.

La construction de poteaux est nécessaire pour éviter que l'avancée importante de la toiture ne soit en porte-à-faux. Encore une fois, Tami prend en compte cette contrainte pour la maîtriser



Gauche : portail nord
du Ceneri

Droite : portail nord
de Biaschina

en y répondant par le dessin de la structure, insérée par sa géométrie dans l'unité du portail. Les poteaux n'apparaissent pas comme une pièce rapportée. Dans le dessin des pleins et des vides, notamment au niveau de la jonction entre les poteaux et l'ouvrage, remarquons l'ajout de matière en triangle pour donner du corps à la structure et éviter toute perception de fragilité. Il s'agit de casser les angles aigus pour les rendre absents.

Étudier la manière dont sont composés les portails de l'autoroute du Tessin permet de comprendre comment l'adoption d'un principe géométrique régulier a la capacité d'adapter l'ouvrage aux conditions singulières du site, tout en instaurant une relation équilibrée entre la construction d'une spatialité propre à l'ouvrage, une réflexion sur la structure et la résolution de problèmes fonctionnels.

Cette étude permet d'identifier l'influence sur le langage architectural des ouvrages de la Transjurane. En particulier, cette référence historique pose les bases d'une idée poursuivie dans la Transjurane, selon laquelle la construction d'un portail d'autoroute est l'occasion unique de provoquer une ouverture sur le paysage. Le portail de tunnel n'est plus considéré comme une coupe du tunnel avec une logique de rapport uniquement frontal et mono directionnel. En s'ouvrant latéralement, il devient un espace tridimensionnel. L'autoroute est un lieu dans le quel on regarde le paysage.



Jouer avec la règle pour résoudre les contraintes

Les portails de Pardorea et du Ceneri de l'autoroute du Tessin sont décalés et séparés pour des raisons liées aux contraintes du site (les viaducs attenants dissociés en deux voies dictaient l'emplacement des portails). La question du traitement du mur de séparation était donc éludée.

Renato Salvi reprend ce principe en le faisant évoluer, notamment dans le portail du tunnel de Banné Ouest, en décalant les deux galeries tout en évitant de dissocier le portail en deux parties distinctes. Il profite en fait de ce décalage, en l'accentuant pour insérer le mur de séparation dans la structure du portail. Ainsi, le mur de séparation se trouve absorbé par l'ouvrage, il n'apparaît pas comme un élément « rajouté » mais devient totalement indissociable du reste. Dans les premiers portails

construits, Russelin Sud et Terri Nord, le mur de séparation était traité avec intelligence, mais il donnait encore la perception d'un objet indépendant du corps de l'ouvrage. La contrainte n'était pas totalement contrôlée. En revanche, dans le portail de Banné Ouest, la relation entre structure, contrainte technique, espace et géométrie est forte. Encore une fois, pour projeter le portail, Renato Salvi se sert d'une contrainte technique en la magnifiant plutôt qu'en la subissant.

Le mur médian recule et s'efface presque dans l'ombre du tunnel par l'inclinaison de sa tranche, générant un porte-à-faux de 6m. (Cette masse en dévers n'est pas sans rappeler celle du portail de Melide-Grancia de l'autoroute du Tessin). Cette géométrie minimise la surface de contact du mur au sol pour atténuer sa présence, dans un souci de souligner fortement le pourtour du portail dessiné par les murs latéraux et la tranche de la toiture.



Comme dans la majorité des portails de la Transjurane, ces murs latéraux s'étirent et inscrivent l'entrée du tunnel dans le site vallonné en donnant à voir la pente qu'ils épousent. Leur inclinaison, se confrontant à celle du mur central, génère des tensions entre les éléments de l'ouvrage, accentuant l'expression de la pénétration du versant.

La tranche de la toiture, plus épaisse que dans les portails du début, se plie également en deux plans opposés, l'un incliné dans le prolongement du mur de séparation, l'autre en continuité avec les murs latéraux. Ainsi, la toiture se matérialise comme la partie où se rencontrent ces deux géométries qui composent le portail. (De façon plus abstraite, ces deux forces visuelles — l'une signifiant la pente du terrain et l'autre s'y opposant — s'équilibrent à ce niveau).

Cette cassure de la toiture a plusieurs fonctions. Tout d'abord, au même titre que les autres portails, en prolongeant l'inclinaison des murs latéraux sur la toiture, elle permet la continuité entre ces deux éléments pour exprimer clairement la ligne de contour unifiant l'ouvrage dans une figure unique. Ensuite, elle permet de régler les proportions de la toiture en fonction des murs latéraux. La dalle de la toiture étant d'une épaisseur conséquente (jusqu'à 1m20 suivant les portails) il est nécessaire de casser son épaisseur pour la diminuer, plutôt que de laisser apparaître le nez de dalle à 90 degrés, alourdissant la composition.

Cette typologie de portails de la seconde période du projet possède une plus grande épaisseur que ceux de la première période avec Flora Rucha. Les murs deviennent des masses de béton que l'automobiliste traverse.



Atteindre la bonne mesure

Selon Renato Salvi, il y a une recherche d'épaisseur avec les premiers portails (voir notamment le travail sur la gouttière en V), mais ces constructions possèdent encore une certaine fragilité face au paysage, car elles ont une dimension encore très « architecturale ». Ainsi, tout au long du projet, les portails vont prendre de la force et se détacher de leur statut d'architecture. Ils deviennent plus massifs mais aussi plus minimalistes, plus essentiels. Ils s'insèrent avec plus de radicalité dans le paysage. Avec des lignes plus directes, plus dynamiques, qui expriment davantage le rapport à la vitesse, les portails de la Transjurane se détachent également de ceux Rino Tami tout en conservant l'essence même du principe géométrique.

Renato Salvi explique d'ailleurs que cette évolution est la ré-

ponse à la difficulté d'une recherche permanente dans ce type d'infrastructure, pour trouver la bonne mesure. Il faut souligner également que les premières constructions de la Transjurane correspondent au début de la carrière de Renato Salvi, et qu'il y a naturellement dans une oeuvre de jeunesse la délicatesse d'éviter de construire des portails trop imposants. C'est l'expérience et le recul qui amènent Renato Salvi à prendre conscience du fait que l'autoroute est un geste violent dans le paysage, que l'on doit assumer en dessinant des ouvrages autant violents et minimalistes. Étonnamment, cette radicalité permet de bien mieux intégrer les ouvrages dans le paysage.

Ainsi Renato Salvi atteint dans ses derniers ouvrages un juste équilibre entre mesure et force : par leur mesure les ouvrages s'insèrent dans le paysage, et par leur force leur présence est perçue par l'automobiliste en assurant une réelle fonction de transition.















Tessin/ Transjurane : deux manières de marquer le site

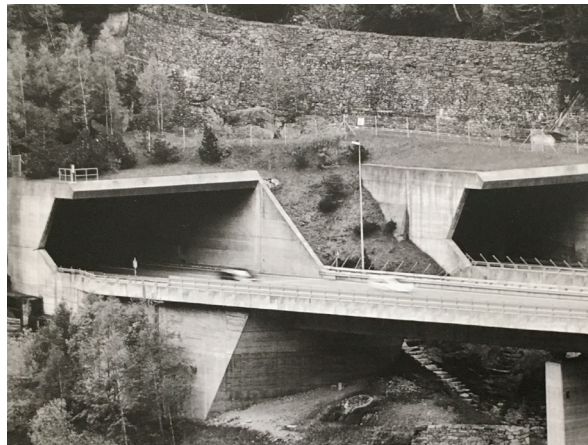
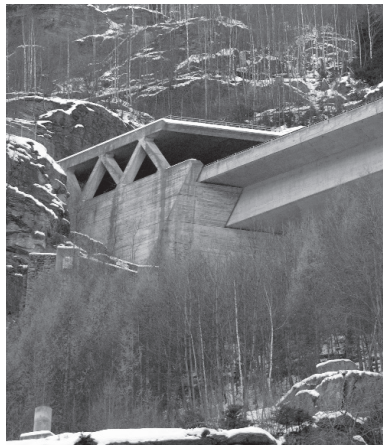
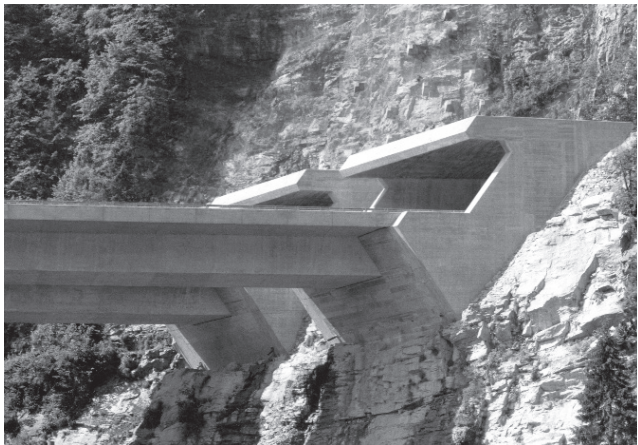
Rino Tami s'était donné une règle pour intervenir ou non sur les portails en fonction du site que l'autoroute pénètre. Lorsque le tracé de l'autoroute rencontrait perpendiculairement la montagne, il n'intervenait pas, de telle sorte qu'il conservait la forme cylindrique habituelle du tunnel ; tandis que lorsque l'autoroute rencontrait le versant de biais, pour éviter d'avoir une déformation du cylindre en une ellipse, il intervient en dessinant les portails pour faire disparaître le cylindre dans l'ombre de la géométrie rectangulaire des ouvrages.

Cependant, les portails de Melide-Grancia et du tunnel du Gothard à Airolo échappent à cette règle, bien qu'ils rencontrent pourtant le versant perpendiculairement. Cette esquivé est due au fait qu'il était important qu'ils se démarquent clairement dans le paysage, pour symboliser l'entrée de l'autoroute à Lugano pour

le premier et la traversée vers l'Europe du nord pour le second.

Dans la Transjurane, tous les portails sont dessinés, quelle que soit la manière dont l'autoroute rencontre la montagne. Cette différence d'approche par rapport à Rino Tami (hiérarchisant son intervention en marquant un paysage plus qu'un autre) s'explique en particulier par le fait que le territoire du Tessin est marqué par différentes séquences dont les contrastes amènent plus facilement à justifier les choix d'intervenir ou non, contrairement au paysage du Jura plus constant.

En outre, Renato Salvi différencie les géométries en fonction de la nature des tunnels. Par exemple, le portail de Develier prend la forme d'un arc tendu car il ne s'agit pas d'un véritable tunnel (foré par un tunnelier) mais d'une tranchée couverte. En effet, lorsque le tunnel n'est pas assez profond et que le sol n'est pas



Gauche : portail nord
du viaduc de Sciaresc

Milieu : portail sud
du viaduc de Monte

Droite : portail de
Pardorea

assez dur, le forage n'est pas possible. Il est alors plus simple de creuser une grande tranchée dans la colline qui accueille ensuite les parois de béton du tunnel coulées en place, puis recouvertes de terre pour reconstituer la colline. Au lieu de creuser un tunnel, on le construit dans un vide pré-établi. Le portail souligne cette différence.

Franchir le vallée, rencontrer la montagne Unité et culées des viaducs

Une question fondamentale est liée à la manière de traiter la rencontre d'un viaduc et d'un portail de tunnel. Gérer la relation entre ces deux ouvrages est une problématique récurrente dans l'autoroute de la Transjurane. Renato Salvi tire des enseigne-

ments du travail de Rino Tami et propose une évolution.

Dans l'autoroute du Tessin, le portail est à la fois entrée du tunnel et culée du viaduc. C'est le cas par exemple du portail du tunnel contre l'extrémité nord du viaduc de Sciaresc, où une seule figure permet de gérer le lien entre ces deux ouvrages. Cette relation, simple et continue, permet d'affirmer avec puissance la géométrie de la culée perpendiculaire à la falaise, instaurant une confrontation entre naturel et artificiel. Mais, autant cette relation est très claire et réussie dans ce portail, autant elle l'est beaucoup moins dans celui de Pardorea. En effet, quelques ambiguïtés fragilisent l'ensemble : le tablier du pont est à la fois en contact avec les murs du portail et en retrait de la culée, élément faisant pourtant partie du portail. De plus, la culée, en devenant plus grande et plus épaisse que les murs du portail, affaiblit visuellement celui-ci. Au contraire, dans le cas de



Gauche : portail des
Gripons

Droite : portail Ban-
né est

Sciaresc Nord, le coté latéral de la culée absorbe le tablier dans une relation claire. Les deux ouvrages se rencontrent avec une géométrie radicale.

Cette problématique a amené Renato Salvi à trouver une solution qui permette de s'adapter quelque soit la typologie du portail et du viaduc sans perdre la clarté de leur rapport. L'élégance de la solution de Tami dans le portail Sciaresc nord est qu'elle donne un aspect monolithique de la jonction entre la culée et le tablier du viaduc. Pourtant, la liaison entre ces deux éléments n'est pas faite par encastrement (n'est pas ce qu'on appelle des « cadres ») : le tablier repose sur des appuis simples qui permettent d'accepter les dilatations de l'ouvrage. Cela signifie qu'il y a un joint entre la culée et le tablier : il y a bien des appuis simples derrière cette masse de béton, qui est en fait creuse. Ce détail de retour de la culée crée l'illusion d'un encastrement. Par

contre, il est assez complexe à coffrer et complexifie la maintenance (accès, changement des joints et des appuis).

Dans la Transjurane, la contrainte de devoir utiliser des appuis simples, et donc de devoir travailler avec des ouvrages forcément dissociés pour qu'ils puissent bouger, était la même. Dans une démarche différente de Rino Tami, Renato Salvi amplifie cette contrainte : il exprime davantage cette séparation en dissociant le tablier du viaduc et le portail du tunnel par un vide important. Cet écart entre ces deux éléments fabrique un joint creux donnant l'impression que le viaduc pénètre dans l'ombre du tunnel, sans que les deux ouvrages ne se touchent. Ce glissement entre les ouvrages permet une relation claire, légère et élégante. L'ombre est un moyen de composition pour l'architecte : le contraste qu'elle génère avec les volumes massifs de béton permet de gérer les transitions, d'une part entre le rectangle du



Viaduc et portail de
Bure

portail et le cercle de la galerie, et d'autre part entre deux ouvrages différents.

Lorsque l'extrémité d'un viaduc ne débouche pas sur un tunnel mais sur le tracé de l'autoroute en plein air, la culée adopte une géométrie semblable à celles projetées par Rino Tami avec des murs inclinés perpendiculairement à la pente. Vue depuis un point de vue externe, la culée permet, au delà de reprendre les efforts du viaduc, de gérer la transition entre la pente de la vallée traversée et la planéité de l'autoroute.

Instaurer deux typologies de raccords (viaduc/tunnel et viaduc/tracé en plein air de l'autoroute) permet de clarifier les relations que le viaduc entretient avec les différents sites qu'il traverse. Le viaduc de Bure est un bon exemple pour illustrer les différentes relations qu'un tel ouvrage peut entretenir avec ses extrémités

lorsqu'elles sont marquées par des conditions de site différentes. Côté plaine, la culée formée par de longs murs élance avec dynamisme l'ouvrage dans la vallée, tandis qu'à l'autre extrémité le portail laisse l'autoroute glisser délicatement dans la montagne, sans manquer de force.

Construire le territoire

Unité des murs

L'élément mur est particulièrement important dans la constitution des ouvrages de l'autoroute. Pourquoi ? De manière pragmatique, construire une autoroute, c'est avant tout réaliser une surface plane, de déclivité faible et dont le tracé est le plus linéaire possible, dans le but de traverser un territoire à grande vitesse. L'autoroute doit donc garantir une régularité dans un site irrégulier. Elle y parvient en s'adaptant et en modifiant le sol qu'elle traverse. Par conséquent, la construction d'une autoroute qui s'insère dans une topographie élevée est assimilable à un travail de terrassement et de franchissement. Elle est à la fois construction du vide et construction du plein. Elle fabrique un nouveau sol en modifiant la topographie par des déblais/remblais, et elle traverse les vides d'une vallée. Ainsi la construction

de tunnels, de ponts et de viaducs permet au ruban bitumeux de traverser sereinement le territoire.

Mais pour s'adapter et pallier la pression des sols dont le fragile équilibre statique est rompu, la construction de murs de soutènement est nécessaire. Une autoroute s'inscrivant dans un relief important est donc marquée par la présence forte de murs, en plus de celle des ponts. Les murs retiennent les terres, stoppent les éboulements, surélèvent, séparent, assurent des continuités, gèrent les différences d'altimétrie, construisent des transitions entre l'horizontalité de la chaussée et l'oblique de la pente « naturelle », et se joignent et se combinent pour construire les portails des tunnels. Il est possible de dire que le mur construit et structure l'autoroute. L'architecte, par la cohérence de sa règle de projection, en fait un « liant » de l'infrastructure.

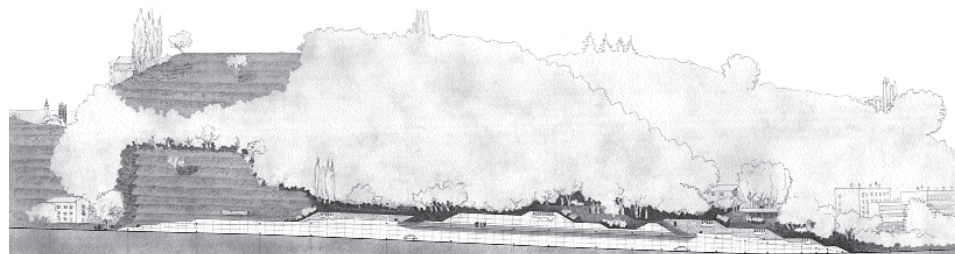
Les murs de soutènement de l'autoroute du Tessin

L'infrastructure tessinoise traverse des paysages de montagne escarpés et marqués par une forte topographie, rendant nécessaire la construction de murs de soutènement pour adapter le tracé au territoire. Il est intéressant d'étudier ce travail sur les murs car il apporte une grande qualité à l'autoroute du Tessin.

Habituellement, les murs des autoroutes de montagne adoptent un profil qui suit un peu par hasard la morphologie du territoire, sans suivre de règle. Ils subissent les contraintes topographiques, en se calquant sur les variations de pente de manière irrégulière. Cette hétérogénéité complexifie la perception de l'autoroute par l'automobiliste ainsi que l'intégration de l'infrastructure dans le paysage.

Au contraire, Rino Tami intègre cette contrainte comme une opportunité pour pousser au plus loin l'unité de l'autoroute. De même que pour les portails, il adopte une règle géométrique fondée sur des angles de 60 et 30 degrés pour composer l'ensemble des murs de la manière suivante : le profil supérieur est constamment parallèle à la surface de la chaussée ; lorsqu'il rencontre une différence de topographie, il « grimpe » en dessinant une diagonale inclinée à 60 degrés par rapport à la chaussée, pour atteindre un second palier dans une géométrie horizontale. Le mur gère donc les différentes altimétries du terrain par une alternance d'horizontales et de diagonales.

Ce principe apporte des qualités dans le rapport des murs avec le site et avec l'automobiliste. D'une part, la régularité de ce principe permet d'encaisser les irrégularités du territoire tout en dégageant une impression d'unité, de manière comparable aux



Gauche : vue des murs de soutènement de Capolago

Droite : élévation des murs de soutènement de Capolago

⁵ Luigi Snozzi, Leçons du Thoronet, le mur oublié

viaducs des anciennes lignes ferroviaires, où le principe constructif de l'arche agit également comme module géométrique, répété autant que possible le long du réseau pour construire avec régularité l'infrastructure tout en l'adaptant aux différents profils des sites traversés.

La répétition d'une même géométrie n'uniformise pas, au contraire elle fabrique une unité et permet de révéler les particularités du territoire. « *La diversité est le prélude à la monotonie. Si tu veux l'éviter, répète ton élément* »⁵.

D'autre part, l'alternance de géométries biaisées et horizontales crée un rythme, que l'automobiliste intègre de manière quasiment inconsciente en parcourant l'autoroute à grande vitesse. Ce rythme génère un sentiment d'unité et de sérénité tout au long du parcours. Pour l'anecdote, Luigi Snozzi m'a expliqué qu'il s'est fait retirer plusieurs fois son permis de conduire pour

avoir pratiqué l'autoroute à 150 km/h car, selon lui, c'est en atteignant cette vitesse que la « mélodie » des murs se ressent le mieux !

Cette manière de composer les murs s'illustre clairement dans le passage de l'autoroute au dessus de Capolago. Il est également intéressant de remarquer le surplomb de la chaussée, qui réduit visuellement l'encombrement du mur dans la pente, et détermine avec son ombre une ligne de référence pour l'ensemble de l'infrastructure. Lorsqu'il est nécessaire de construire des murs d'une grande hauteur, Tami les sépare en deux plans verticaux disposés parallèlement afin de réduire leur caractère imposant, laissant entre eux la possibilité d'y glisser l'une des deux voies, ou éventuellement un cheminement externe à l'autoroute.

Une autre expression des murs dans la Transjurane

Dans l'autoroute de La Transjurane, Renato Salvi n'a pas eu la possibilité d'apporter une réflexion à ce sujet, pour des raisons techniques et économiques. La présence d'une géométrie claire dans les murs de la Transjurane s'exprime davantage dans les portails. La topographie étant plus faible que dans l'autoroute du Tessin, leurs murs ne pouvaient adopter le profil de 60 degrés de Tami, qui aurait engendré un effet trop brutal par rapport aux faibles pentes du terrain. Renato Salvi a donc dû étirer au maximum les murs. Cet allongement prononcé des murs caractérise l'autoroute de la Transjurane. Il permet d'obtenir une transition plus progressive entre l'extérieur et l'intérieur du tunnel que dans l'autoroute du Tami. Également, cet allongement permet de mieux gérer la transition entre les deux géométries du portail et de la galerie : des portails plus profonds génèrent une

ombre plus importante, dissimulant plus facilement le passage de la géométrie rectangulaire du portail au cercle du tunnel. De l'extérieur, la transition entre ces deux formes est quasiment imperceptible. Cette utilisation de l'ombre comme un joint pour gérer la rencontre de deux géométries contradictoires était aussi présente dans les raccords entre les viaducs et les portails.

Unité et béton

L'utilisation du béton pour l'ensemble des ouvrages de La Transjurane renforce son esthétique unitaire.

En effet, la caractéristique disparate des ouvrages d'autoroute est souvent liée au fait qu'ils sont construits différemment, non seulement car les matériaux sont divers mais aussi et surtout parce que chaque choix de matériau génère une forme particu-

lière liée à sa construction, sa mise en oeuvre et son principe structurel.

Le béton possède des caractéristiques qui accentuent l'unité du projet. Tout d'abord, il est issu d'un processus de coulage et non d'assemblage, ce qui confère à l'ouvrage un caractère monolithique, où structure et forme sont indissociables. Le moulage permet en outre d'obtenir des géométries précises et radicales qui, on l'a vu, insèrent les ouvrages avec force dans le paysage.

Ensuite, le béton est un matériau minéral, c'est une « pierre artificielle » dans la continuité de la pierre naturelle qui constitue nombre d'ouvrages construits, tels que par exemple les murs de soutènement de routes historiques ou de lignes de chemin de fer. Cette nature commune de matériau confère à l'ouvrage en béton une proximité naturelle avec un ouvrage ancien, et on ne peut

demeurer insensible à la beauté du dialogue entre les ouvrages de béton de l'autoroute du Tessin et les murs de soutènement en pierre de l'ancienne ligne ferroviaire du Gothard.

Du point de vue de la fabrication, il y a une réelle beauté dans le travail du béton, liée à l'élaboration et au caractère furtif du coffrage qui disparaît une fois l'ouvrage construit, mais laisse toutefois sa marque dans le béton. Les coffrages témoignent d'un savoir faire, d'une ingéniosité de la pensée de la contreforme, remarquables. Ils sont de réelles constructions temporaires.

Enfin, le béton (contrairement à l'acier) s'inscrit en Suisse dans une vraie logique territoriale économique liée à toute une filière, ce qu'un architecte ne doit pas ignorer.



Stations de ventilation : transcender la technique

Haut : station de ventilation des Gripons

Bas : station de ventilation de Boncourt

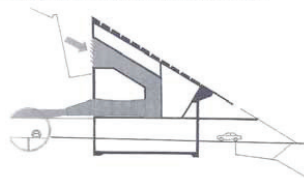
Dans cette partie, il est question de comprendre comment l'architecte traite les ouvrages possédant une forte dimension technique, notamment les stations de ventilation des tunnels, en les considérant au-delà de leur statut primaire de « machine », pour qu'elles s'insèrent et participent au projet territorial de l'autoroute.

Les centrales de ventilation sont des ouvrages importants dans l'architecture de l'autoroute car elles peuvent avoir un plus grand impact dans le paysage que les portails des tunnels. La manière dont elles sont traitées par les architectes de la Transjurane témoigne d'une volonté particulière de se confronter à la question technique en adoptant une réflexion sur la structure, la forme, l'espace et le territoire.

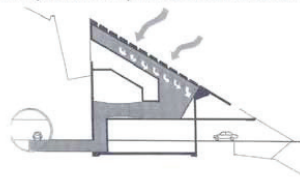
Bien qu'elles fonctionnent suivant le même principe technique

de ventilation, les centrales ont des typologies différentes. Ainsi, aux Gripons, deux centrales jumelles, reliées aux portails des tunnels Russelin Nord et Terry Sud, s'insèrent dans un terrain pentu, ne laissant émerger du sol que leur toiture. Les centrales apparaissent depuis l'autoroute comme de grandes dalles de béton, qui s'inscrivent en toute continuité avec la pente du versant et les portails. La quasi totalité du dispositif technique de ventilation est enterrée. Au contraire, les centrales de Boncourt et Courgenay situées au Sud et au Nord du Mont Russelin et du Mont Terry, se dressent dans les pentes douces de la plaine, en se détachant de leurs portails respectifs.

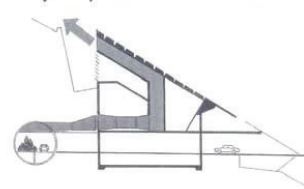
A. Injection d'air frais dans la calotte



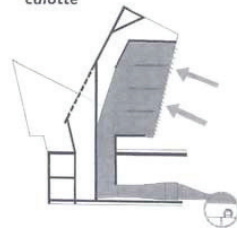
B. Injection d'air frais dans le canal souterrain



C. Rejet de fumées en cas d'incendie



A. Injection d'air frais dans la calotte



B. Injection d'air frais dans le canal souterrain



C. Rejet des fumées en cas d'incendie



Dompter la contrainte technique

Pour comprendre ces différentes relations entre technique et géométrie, étudions le fonctionnement technique de ces ouvrages. Les stations de ventilation des tunnels servent à la fois à renouveler l'air au sein des tubes et à évacuer les fumées en cas d'incendie. Plus exactement, une centrale type est équipée de trois ventilateurs dont deux fonctionnent en continu. L'un insuffle de l'air frais dans la calotte du premier tube, l'autre dans le canal souterrain du deuxième tube (voir schémas). Le premier ventilateur est réversible et assure l'évacuation des fumées en cas d'incendie, par le biais d'un clapet qui dévie la fumée. Un troisième ventilateur est prévu pour anticiper d'éventuelles évolutions. Les différents ventilateurs n'ont pas les mêmes besoins en air (30 m² de surface d'aération pour l'un, 60 m² pour l'autre) ; ils exigent donc des gaines et des locaux de tailles différentes.

Ces contraintes rendent difficile la projection de géométries régulières. Bien souvent, ces centrales apparaissent comme des constructions dénuées d'unité, aux formes disparates dictées par les différents dimensionnements des quantités d'air à ventiler. Ne souhaitant pas subir cette contrainte, Renato Salvi et Flora Ruchat prennent le problème à l'envers dans leur traitement des stations des Gripons. Dans une idée de maîtrise de la géométrie, plutôt que de différencier les flux d'air dès la surface de la station, ils font entrer par des ouvertures régulières une quantité d'air commune à l'ensemble des différents ventilateurs (correspondant à la somme des différents besoins). Ce flux d'air se glisse dans une chambre de mixage située sous la toiture, et se répartit ensuite dans les différentes gaines des ventilateurs selon leurs besoins. L'irrégularité de la technique se retrouve ainsi encadrée par la géométrie. Les prises d'air des ventilateurs non réversibles se font latéralement sous le porte-à-faux de la dalle.



La prise d'air du ventilateur réversible, couplé à la cheminée, se situe à l'arrière, le plus loin et le plus haut possible afin d'éviter tout court-circuit avec les prises d'air latérales. La centrale prend alors une forme allongée.

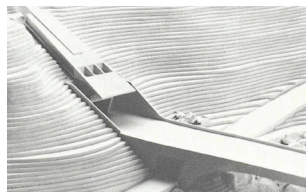
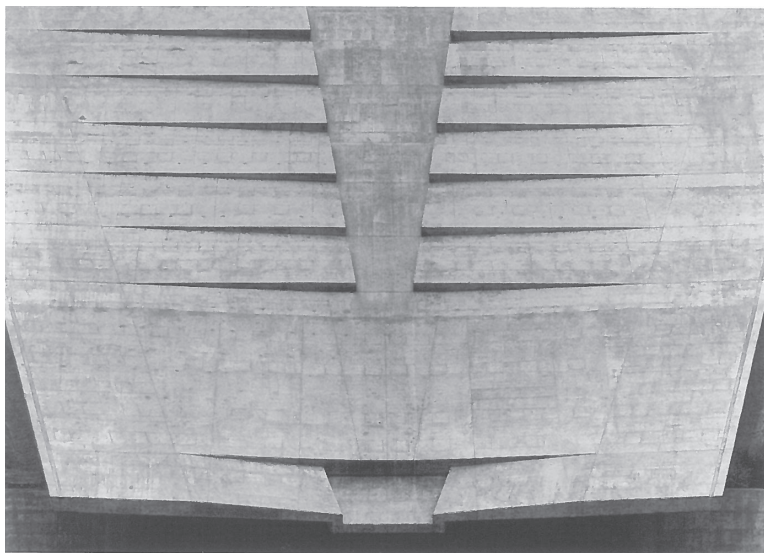
Toujours dans un souci de trouver la bonne géométrie, un travail de corrections optiques, semblable à celui effectué pour les portails, permet de régler les proportions de la centrale. La forme en V que prend la dalle de la toiture permet de compenser l'effet de perspective qui aurait tendance à élargir sa base et raccourcir son extrémité haute. Cette correction redresse les verticales.

De plus, la dalle est prolongée dans sa partie inférieure par un porte-à-faux, dans le but d'équilibrer le raccourcissement optique dû à son inclinaison dans la pente par rapport au point de vue de l'automobiliste.

Notons que le léger retrait de la dalle sur toute sa périphérie génère une ombre accentuant la lecture non pas d'un volume mais d'un plan incliné s'inscrivant dans la pente.

La surface de la toiture est striée d'arrêtes horizontales. Celles-ci permettent d'une part d'éviter que la neige ne glisse, et d'autre part de gérer l'écoulement de l'eau en la ralentissant latéralement et en la canalisant dans la partie centrale jusqu'à la mettre en scène en formant une cascade dans sa partie basse.

Mais la présence de ces stries répond d'abord en fait à une problématique de relation entre structure et géométrie. La dalle de la toiture étant précontrainte dans les deux directions afin d'assumer ses grandes portées, sa surface prend une légère forme concave. Ainsi les stries horizontales traversent les courbes de la dalle pour les compenser. Elles la structurent, et rendent sa déformation quasiment imperceptible.



Gauche : station de ventilation des Gripons

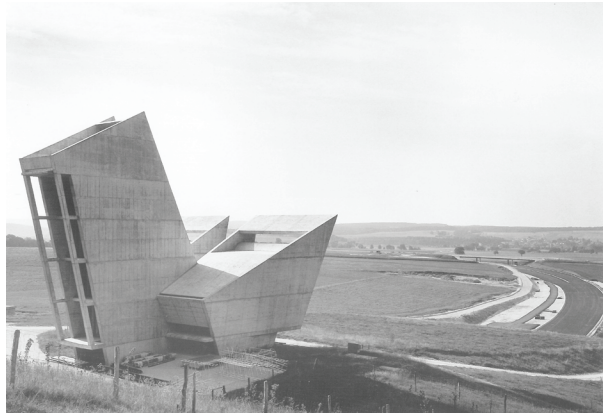
Droite : projet du concours, station des Gripons

Cette analyse de la centrale de ventilation amène une réflexion intéressante sur les relations entre structure et paysage.

Construire un bâtiment de ce type dans une pente nécessite de construire des murs de soutènement pour retenir les terres durant les travaux de terrassement (parois berlinoises composées de tirants). Une fois les travaux préparatoires terminés, la construction s'insère généralement indépendamment des murs de soutènement qui restent en place définitivement, laissant ainsi entre les deux ouvrages un vide interstitiel non géré.

Au contraire, les architectes clarifient la relation entre la centrale de ventilation et la pente en intégrant les murs de soutènement dans la station de ventilation. Ainsi, la structure interne du bâtiment est composée de voiles transversaux qui viennent en butée contre le versant pour le soutenir. Les murs de soutè-

nement deviennent des éléments provisoires, leur fonction étant relayée par la station elle-même. Les architectes synthétisent les fonctions au maximum dans un seul ouvrage.



Gauche : station de ventilation de Boncourt

Droite : station de ventilation de Boncourt

Magnifier la contrainte technique

Les centrales de Boncourt et Courgenay adoptent une typologie dissociée de leurs portails (Russelin Sud et Terry Nord), bien qu'elles possèdent le même système de ventilation.

Cette différenciation s'explique par une contrainte fonctionnelle. Les ingénieurs exigeaient que les stations de ventilations soient séparées d'une certaine distance des entrées des tunnels, afin d'éviter que l'air s'échappant de la galerie ne soit directement aspiré par la centrale (cette exigence n'avait pas pu être respectée aux Gripons à cause du manque de place lié à la forte pente). Ne pouvant pas reproduire la typologie des Gripons à Boncourt et Courgenay, les architectes inventent une nouvelle forme de station de ventilation. L'édifice émerge au-delà du portail et se dresse comme une fleur dans les pentes douces du paysage juras-

sien. Sa structure composée de voiles se déployants dans l'espace, construit trois volumes dont les faces prismatiques sont traversées par des vides favorisant le mouvement ascendant de l'air. La forme est donc directement inspirée par la géométrie des flux d'air en présence.

Les deux bouches à l'avant indiquent clairement l'aspiration de l'air, a contrario de la longue cheminée d'évacuation des fumées se dressant à l'arrière avec une géométrie opposée. De manière similaire à la centrale des Gripons, la composition symétrique de l'ouvrage cache dans sa structure interne l'irrégularité du système de ventilation.

Les trois volumes qui composent l'ouvrage atteignent un équilibre géométrique, statique et fonctionnel. Rien n'est superflu, tout est essentiel, la relation entre forme, fonction, structure et espace est totale.



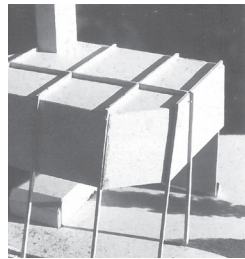
Gauche : site de Bon-
cours

Droite : site des Gri-
pons

L'ensemble composé de la station de ventilation et du portail, situé quelques dizaines de mètres avant, joue avec le paysage. En effet, le portail (premier ouvrage décrit dans notre étude), inséré avec minutie le plus horizontalement possible dans le terrain de la plaine, est contrebalancé en arrière par la centrale qui se démarque de la montagne en lui servant d'appui visuel.

L'ensemble issu de cette relation exprime la transition de la plaine à la montagne. De manière différente, les centrales et les portails des Gripons s'adossant en vis-à-vis contre la pente, révèlent l'étroitesse du paysage du Mont Terry et du Mont Russell.

La contrainte technique qui imposait de différencier les centrales des Gripons et celles de Boncourt et Courgenay, est finalement transformée en l'opportunité de révéler les particularités propres de ces deux sites.



Gauche : station de ventilation de Motto di Dentro

Droite : avant-projet des ingénieurs, station de Motto di Dentro

Les fondements d'une relation entre technique, structure, forme et territoire dans la centrale de ventilation de Motto di Dentro, Tessin

Cette relation intime entre forme, technique, structure et paysage que l'on trouve dans les centrales de ventilation de la Transjurane, est également présente dans celles de l'autoroute du Tessin, notamment à Motto di Dentro.

Située en montagne, cette centrale permet de ventiler le tunnel du Gothard. Un avant-projet avait été réalisé par les ingénieurs, qui avaient proposé de construire un mur en amont du bâtiment afin de constituer un bouclier protecteur face aux avalanches.

Lorsque Rino Tami intervient sur l'autoroute, il revoit totalement le projet des ingénieurs et adopte une solution permettant

de supprimer ce mur. En effet, plutôt que de chercher à tout prix à s'opposer à l'avalanche en accumulant des dispositifs de protection dont la présence ne se justifie que par cette unique fonction, Rino Tami accepte le risque d'avalanche en projetant un bâtiment qui a la capacité de l'encaisser. Ainsi, la centrale acquiert une géométrie triangulaire qui permet à l'avalanche de poursuivre sa course sans causer de destruction.

Cette géométrie triangulaire permet également de répondre à la contrainte de fonctionnement de la centrale, en séparant au maximum les flux d'extraction et de rejet de l'air : la base du triangle assure la fonction de prise d'air et la pointe devient cheminée d'extraction des fumées.

La pointe de la cheminée s'élève par rapport au profil général de la centrale : il s'agit de protéger l'ouverture de l'arrivée de la neige mais également de « terminer » la forme du bâtiment



Station de ventilation
de Motto di Dentro

en jouant sur sa géométrie. De la même manière que dans ses portails, Tami « casse » les extrémités de la ligne qui dessine le contour du bâtiment pour gérer les rapports entre la forme et la pente.

La forme triangulaire insère la centrale dans le paysage en réagissant différemment avec celui-ci en fonction du point de vue adopté : de loin, elle apparaît comme une dalle qui s'inscrit dans la continuité de la pente et révèle la dimension de la vallée ; de près, elle se présente comme un volume qui s'ouvre au visiteur. Vue de côté, elle exprime une forme minimaliste opaque dialoguant essentiellement avec la pente.

Ainsi, les architectes parviennent à dompter les contraintes techniques et naturelles du site pour construire un projet liant harmonieusement espace, forme, structure et territoire.



Interroger tous les points de vues

Station de ventilation
des Gripons

Dans cette troisième partie, il est question de comprendre en quoi l'autoroute de la Transjurane peut être perçue sous différentes échelles, convoquant ainsi des points de vue multiples.

Comme cela a été vu, la qualité du projet de la Transjurane est liée au fait qu'il prend en compte la manière dont l'automobiliste en mouvement perçoit les ouvrages, lui procurant une sensation d'unité et de sérénité tout au long de son parcours.

Mais il possède une autre qualité fondamentale. Non exclusivement centré sur l'automobiliste, il convoque des points de vue externes à l'autoroute, du plus proche au plus lointain, jouant à la fois sur la manière dont les ouvrages sont insérés dans leur site, et sur la capacité de certains, de se démarquer dans le grand paysage.

Au plus près de l'autoroute

La Transjurane témoigne d'une réflexion sur le point de vue du très proche. Celui permettant à tout promeneur, automobiliste ou cycliste, de découvrir l'autoroute de manière transversale en parcourant les routes secondaires ou les chemins qui la croisent. La découverte de l'infrastructure depuis ces points de vue est différente, plus lente, en longeant les ouvrages, en passant dessous ou en les enjambant. Dans ce rapport se dévoilent des éléments de l'infrastructure et du contexte qui ne peuvent être perçus par l'automobiliste sur l'autoroute.

La construction des ouvrages de l'autoroute est un prétexte à une mise en valeur des éléments naturels du paysage. Tel est le cas avec la centrale des Gripons, où la géométrie de la toiture fait jaillir en cascade les eaux de ruissellement, mettant ainsi en scène la force des averses.



Sous-face des ouvrages

Autre détail de ce même portail, une longue fente tracée dans sa paroi de béton, laissant jaillir librement l'eau d'un ruisseau. Ainsi, le travail sur le détail permet aux architectes de livrer un autre regard sur l'autoroute.

Mais il est important de signaler que les détails d'infrastructure ne doivent pas être traités pour autant comme des détails d'architecture : dessiner les détails d'une centrale de ventilation de la même façon que les détails d'une maison serait d'une grande incohérence au vu de l'échelle de l'autoroute. Chaque échelle de construction possède son échelle de détail. L'infrastructure autoroutière a besoin d'une certaine brutalité du détail pour aller à l'essentiel. Par exemple, la toiture de la station ne comporte pas de ferblanteries, ni de chéneau, elle laisse couler l'eau directement sur la dalle du béton.

Renato Salvi n'a pas négligé l'espace du dessous de l'autoroute. Ce lieu situé entre l'ouvrage et le terrain est souvent peu considéré, sous prétexte qu'il n'est pas visible par la majorité des utilisateurs de l'autoroute. Il apparaît comme un espace résiduel délaissé.

Renato Salvi considère au contraire ce lieu comme doté de réelles qualités spatiales. Ainsi apporte-t-il un grand soin au dessin des raccords entre les viaducs et les portails des tunnels : la paroi du portail se prolonge sous le tablier, l'englobant totalement pour accentuer l'impression de pénétration de l'ouvrage dans le tunnel. Ce dispositif clarifie le rapport que l'infrastructure entretient avec le sol. L'architecte accorde autant d'importance à la sous-face qu'à la surface de l'ouvrage. Ainsi, la rencontre de volumes de béton à géométrie précise avec le sol, sous des jeux d'ombre et de lumière, apporte une réelle qualité spatiale à ce



lieu. Qualifier ces espaces interstitiels permet de mieux accepter la brutalité de l'infrastructure dans le paysage.

Toujours dans un souci de traiter le point de vue proche et externe à l'automobiliste, un travail significatif est réalisé dans les ouvrages latéraux permettant de traverser l'autoroute par le biais de passages souterrains. Ceux-ci ponctuent le tracé de l'infrastructure et contribuent avec la même importance que les ouvrages plus imposants, à l'insérer dans le paysage et à lui façonner une identité visuelle propre. Tels les portails des tunnels, ces passages sont construits par des jeux de murs formant un ensemble continu dont la dissymétrie brise le caractère souvent fermé de ce type d'espaces. Un mur s'avance dans la direction de l'automobiliste, le guidant sous l'autoroute ; l'autre se dresse frontalement, évoquant la traversée du talus.

Au plus loin de l'autoroute

A grande échelle, le travail des architectes a aussi porté sur le point de vue lointain, qui dévoile la relation entre l'infrastructure et le grand paysage. Certains ouvrages se démarquent particulièrement des sites qu'ils occupent.

Dans le portail Saint Jean par exemple, la puissance du paysage minéral caractérisé par la présence de la falaise a imposé de réagir avec une attitude radicale, pour éviter que l'ouvrage ne semble écrasé. La masse de béton, délimitée par une géométrie nette, se détache clairement du rocher en signifiant l'opposition de l'artificiel au naturel. L'homme, par son ouvrage, exprime son dialogue et sa volonté de force face à la nature qui domine.

À l'inverse, un paysage plus doux (ou plus horizontal) impose de traiter l'ouvrage plus discrètement. C'est le cas de celui de Banné Ouest, dont les murs épousent subtilement avec légèreté



Droite : portail Banné ouest

Pages suivantes : station de ventilation de Boncourt, et cheminées d'extraction du Mont Terri et du Mont Russelin

les lignes du terrain. Du point de vue frontal de l'automobiliste (décrit dans les parties précédentes) cependant, ces mêmes murs projettent dans le ciel d'imposants volumes de béton. Un même ouvrage peut ainsi apparaître différemment, selon qu'il est abordé frontalement ou latéralement.

D'autres ouvrages ponctuent les plaines de la campagne jurassienne, c'est le cas des stations de ventilation. En se démarquant, elles constituent une référence spatiale qui confère une orientation au paysage.

Celles de Boncourt et Courgenay s'élèvent et signalent l'autoroute en la jalonnant.

Celles situées à mi-parcours des tunnels du Mont Russelin et du Mont Terri jaillissent au milieu des collines, avec leurs socles in-

tégrés à la pente par leurs lignes obliques, tels des promontoires. Leurs cheminées d'extraction hautes de 35 m sont des repères pour le promeneur mais elles signifient aussi une présence invisible, celle de leurs puits profonds de 300 m...







Recoudre une cicatrice dans le paysage

Portail et viaduc
Fontenais, avant et
après remblais

⁶ Renato Salvi, entretien avec Renato Salvi, le 17 décembre 2015

Cette dernière partie développe la manière dont l'architecte traite la question de l'impact de l'autoroute dans le paysage.

Maitriser un impact dans le territoire

La construction d'une autoroute impose des travaux d'excavation titanesques durant le chantier. Ils modifient l'équilibre interne des sols et génèrent une réelle cicatrice dans le paysage. Le rôle de l'architecte consiste à minimiser l'impact du chantier, en reconstituant le terrain naturel une fois les ouvrages terminés. « *C'est une opération à cœur ouvert, on ouvre les entrailles de la terre et ça saigne partout ; et puis après vous essayez de poser les choses dedans ; et enfin on essaie de coudre le paysage pour ne pas que la blessure soit visible. Et là c'est comme un bon chirurgien, si on a la main légère on verra moins que si on a la main lourde. Mais c'est intéressant car on sent la souffrance du*

paysage quand vous allez et que vous creusez, et il vous le rend bien si il crache de l'eau, si les talus redescendent, si ça s'affaisse. C'est assez génial à ce niveau là, car malgré les moyens techniques incroyables que l'on a, ça reste difficile, on ne maîtrise pas tout, c'est vivant. »⁶.

L'intensité de cette intervention se lit particulièrement aux abords de la construction d'un tunnel. Pour construire un tunnel dans un site caractérisé par des pentes faibles, il est d'abord nécessaire de creuser une tranchée en plein air afin d'obtenir la profondeur de sol nécessaire pour que le tunnelier puisse forer. Creuser cette tranchée (de quelques centaines de mètres de long) est un travail gigantesque d'excavation, qu'il faut stabiliser durant le chantier par la construction d'ouvrages de soutènement en béton (parois berlinoises et mise en place de tirants). Une fois le tunnel construit, la dernière étape consiste à recouvrir



Gauche : chantier à proximité du tunnel de Court est

Milieu : tranchée tunnel Choindez

Droite : chantier du passage souterrain de Chevenez

Pages suivantes : chantier de la tranchée couverte du tunnel Bois Montaigne

l'ouvrage de terre pour rendre l'intervention quasiment imperceptible. Il s'agit de remodeler le terrain pour établir une relation harmonieuse entre la partie émergente de l'ouvrage (le portail) et le site « naturel ». Pour l'architecte, ce travail de fermeture de la cicatrice du paysage est souvent plus conséquent que celui de dessiner les ouvrages en béton des portails. Paradoxalement, son résultat est quasiment imperceptible lorsque le chantier est terminé et que la nature a repris ses droits. Mais s'il ne se voit pas c'est qu'il est réussi.

Pour la construction d'un tunnel contre une falaise, le versant doit d'abord être découpé à la dynamite pour obtenir un profil régulier permettant au tunnelier d'entamer le forage de la roche. Il s'agit d'un réel travail de sculpture de la montagne, dont la qualité variable du résultat a imposé à Renato Salvi de réagir en fonction. Si la découpe de la roche effectuée est propre,

l'intervention de l'architecte se limite au portail de béton, la confrontation entre celui-ci et la falaise étant claire. En revanche, une découpe approximative du versant (géométrie irrégulière non maîtrisée) entraînerait un rapport ambiguë avec l'ouvrage construit. Dans ce cas, l'architecte intervient en reconstruisant un profil harmonieux corrigeant la fracture du chantier.







Vers une autre démarche ?

Le constat de l'ampleur des moyens nécessaires à la reconstitution du paysage amène à se poser la question suivante : plutôt que de vouloir à tout prix dissimuler la trace du chantier, ne faudrait-il pas la laisser en l'assumant ? Ne faudrait-il pas se diriger vers une démarche qui prendrait davantage en compte les contraintes du chantier pour qu'elles deviennent les matériaux du paysage ? Agir au niveau des causes plutôt que réparer les conséquences ?

Cette question a été soulevée par Renato Salvi lui-même durant un échange :

« Aujourd'hui je ferais le contraire, j'aurais le courage de laisser la blessure ; j'extrais mon tas de terre, ça fait une paroi

anti-bruit, il pleut ça fait un lac, je le laisse, on verra bien ce qui pousse dedans. Prévoir la blessure comme un futur nouveau paysage, un peu à la Gilles Clément, pas pour y faire pousser des choses mais pour lui donner une image globale, je pense que ça me plairait bien ; bon après, on n'a pas le même Jura, c'est sûr c'était une nécessité, c'est purement intellectuel, mais je trouve quand même intéressant de me poser la question. Quand on voit l'effort gigantesque, monstrueux, qu'il faut pour remettre en place le tout, on peut se dire qu'on pourrait faire différemment, et je trouve ça assez fascinant ; aussi parce qu'il y a des photos de chantiers qui sont magnifiques, vous en voyez avec l'eau, des tas de graviers différents, un peu de terre où pousse n'importe quoi, des coquelicots, si vous faites ça dans votre jardin c'est ridicule mais à l'échelle de l'autoroute c'est tellement vaste, vous avez un autre monde qui apparaît, je trouve ça assez fascinant. Il y a une sorte de connexion plus grande entre l'ouvrage d'art et le



Gauche : portail et viaduc Fontenais

Milieu : remblais du portail Neubois

Droite : remblais de la cheminée de ventilation de Bure

⁷ Renato Salvi, entretien avec Renato Salvi, le 17 décembre 2015

paysage qui est réinventé ; alors que là on ne fait que prendre le paysage et de s'y insérer, je prendrais le défi à l'envers, je n'hésiterais pas, mais bon, ... au bout de 30 ans. »⁷ Cette démarche se rapprocherait de celle du Land Art.

Une telle démarche, qui viserait à prendre en compte les contraintes du chantier comme matériau pour construire le paysage, constitue une ouverture supplémentaire à notre réflexion sur la signification de l'autoroute en tant qu'élément structurant du territoire.

Conclusion

Cette étude de la Transjurane a permis de montrer en quoi l'infrastructure autoroutière n'est pas un élément technique à considérer comme nuisible, qu'il faudrait à tout prix combattre et cacher, mais qu'en assumant ses contraintes techniques, l'architecte peut lui donner des qualités spatiales et de rapport au paysage insoupçonnées. Construire une autoroute est l'occasion exceptionnelle de structurer le territoire, en apportant un témoignage culturel et constructif contemporain. Mais pour que ce témoignage soit de valeur, l'infrastructure doit être forte et unitaire.

De tels projets sont construits sur des temps longs, où chaque ouvrage est lié à un mandant différent, confié à une entreprise différente dont les techniques de construction lui sont propres, et évoluent. Malgré ces changements, l'architecte et sa vision globale permet d'assurer la continuité et l'unité du projet sur le

long terme. L'architecte garantit cette unité en mettant en place des règles qui guident l'ensemble du projet, un langage architectural commun à l'ensemble des ouvrages.

L'unité des ouvrages permet de donner une identité à l'autoroute, et révéler un paysage. La construction de chaque portail de tunnels, culée de viaduc, mur de soutènement, station de ventilation, pose des questions singulières complexes que l'architecte est capable de résoudre dans la globalité d'un projet : chaque ouvrage est la synthèse entre des problématiques techniques, spatiales, contextuelles, structurelles, et d'intégration dans la globalité du projet et du paysage.

L'architecte ne néglige aucun point de vue sur l'infrastructure et aucune échelle : du proche au lointain, du statique au rapide, de l'intérieur à l'extérieur. Cette réflexion globale permet à

l'infrastructure d'acquérir une dimension territoriale. Il n'y a plus de dissociation entre infrastructure et paysage : le paysage fait partie intégrante du projet et le projet construit un nouveau paysage.

Signal ferroviaire.

Centre d'exploitation CFF à Pollegio. Bruno Fioretti Marquez Architectes.

Le centre d'exploitation de Pollegio, construit par les architectes Bruno Fioretti Marquez, est situé dans le Tessin. Il fait partie des quatre centres qui commandent l'ensemble du réseau ferroviaire Suisse. Il contrôle la partie sud du pays. Les autres (Lausanne, Olten et Zurich) gèrent respectivement les secteurs ouest, centre et est.

Jusqu'à présent, le pilotage de l'infrastructure ferroviaire Suisse était assuré à partir d'une centaine de sites régionaux. Les CFF ont voulu centraliser ces fonctions dans un nombre réduit de centres, afin de mieux gérer l'exploitation du développement du trafic. Grâce à l'utilisation de techniques de communication modernes, chacun des quatre centres assure pour son secteur la planification, les opérations et l'information aux voyageurs, ainsi que la surveillance et la gestion des interventions sur l'infrastructure technique. Le regroupement de ces tâches permet d'amélio-

rer la collaboration et le soutien mutuel en cas de dérangement.

Habituellement, les postes de commandes sont implantés en zones urbaines près des gares. Ils se fondent dans les diverses infrastructures ferroviaires qui marquent la proximité des gares, ou ils sont installés dans des immeubles de bureaux.

Le centre d'exploitation CFF de Pollegio se distingue par sa forme et sa position : monolithe de béton, structure élancée en porte-à-faux, il émerge dans un site peu urbanisé.

Quelles sont les raisons de la présence d'un tel objet aux formes atypiques dans ce site pour un programme de bureaux ?

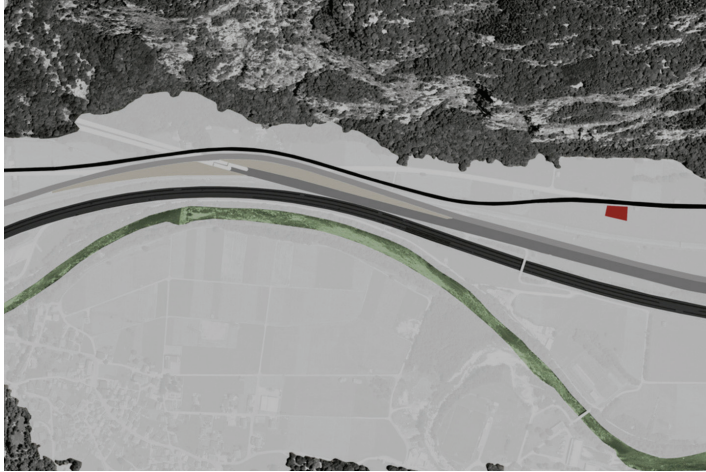
Les architectes n'auraient-ils pas cherché à dépasser la fonction primaire de bureau pour donner au projet une dimension supplémentaire ? Ce projet ne découlerait-il pas d'une réflexion sur des



relations avec le paysage et l'infrastructure ferroviaire ?

C'est ce que nous allons expliciter au cours de cette étude.

Ce projet exprime des relations fortes entre sa structure, sa fonction, ses qualités spatiales et sa dimension territoriale. Nous verrons comment, à travers ces relations, le bâtiment est devenu un signal de l'infrastructure ferroviaire, une expression de sa fonction dans le territoire et un médium qui, en articulant les échelles, instaure un lien fort entre l'homme et la vallée dans laquelle il s'insère.



Marquer l'infrastructure ferroviaire dans la vallée

Gauche : plan de situation avec le bâtiment en rouge et le tunnel du Gothard à proximité

Droite : vue aérienne de la vallée avec ses infrastructures

Les raisons d'une implantation atypique

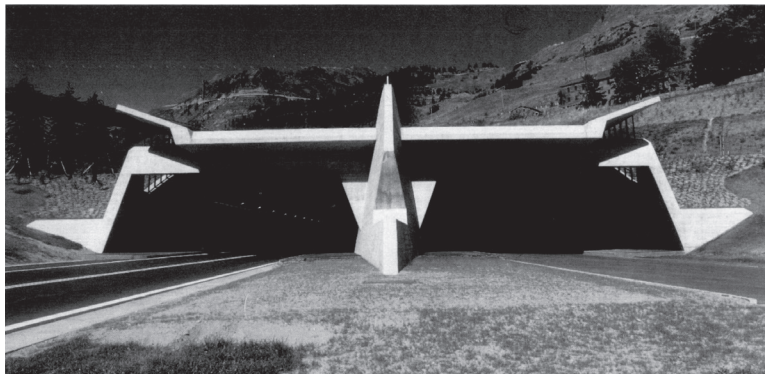
Ce bâtiment est implanté dans un site où des infrastructures linéaires construisent la vallée. Dans cette zone, le Tessin, le chemin de fer, l'autoroute et la route cantonale se côtoient en suivant la morphologie du site. Mais surtout, ce lieu est marqué par la récente construction du nouveau tunnel ferroviaire du Gothard (57 kilomètres de long), dont l'entrée se situe à 200 m du bâtiment. Ce tunnel s'inscrit dans le projet de liaison ferroviaire à grande vitesse (AlpTransit) reliant le nord et le sud de la Suisse par la traversée des Alpes. La nécessité d'assurer la gestion et la sécurité du tunnel explique une implantation locale du centre de contrôle, qui acquiert ces responsabilités en plus de celle de gérer le secteur sud du réseau ferroviaire suisse.

Mais ce choix d'implantation ne se réduit pas à la seule réponse

fonctionnelle de proximité avec le tunnel. En effet, sa situation permet au bâtiment d'exprimer (par sa forme) la présence de l'infrastructure ferroviaire dans la vallée, et de signaler son entrée dans le Gothard.

Un projet inscrit dans une réflexion globale sur l'infrastructure ferroviaire

La conception du bâtiment découle d'une relation étroite avec la ligne à grande vitesse et de la perception que l'utilisateur a de cette infrastructure. Cette intervention ponctuelle s'inscrit donc plus largement dans la globalité du projet ferroviaire AlpTransit. Pour appréhender ces relations, il est nécessaire de comprendre quelles sont les problématiques architecturales posées par la conception d'une telle infrastructure ferroviaire.



A Gauche : portail du tunnel autoroutier du Gothard

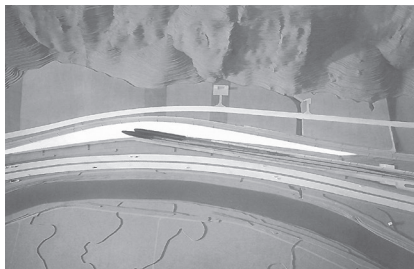
A droite : portail du tunnel ferroviaire du Gothard

L'élaboration d'un projet de voie ferroviaire à grande vitesse pose des questions différentes de celles que l'on trouve dans la construction d'une autoroute. Par rapport à l'automobiliste, l'usager du train a une perception très différente de l'espace, de l'infrastructure et du paysage, puisque le point de vue n'est pas le même : frontal pour la voiture et latéral pour le train. La manière d'appréhender les ouvrages qui constituent l'infrastructure n'est donc pas la même. Sur l'autoroute, le rapport frontal permet à l'automobiliste de découvrir les ouvrages progressivement, au fur et à mesure qu'il s'en approche. C'est cette perception frontale qui a guidé la conception des ouvrages de la Transjurane et de l'autoroute du Tessin : par exemple, le portail autoroutier du tunnel du Gothard à Airolo met en scène, par sa plasticité, la traversée des Alpes vers le nord. Cette frontalité permet de marquer un moment particulier du parcours autoroutier. Au contraire, à bord d'un train à grande vitesse, la transition avec

un tunnel est brutale. Elle ne permet pas au passager d'appréhender l'approche de l'ouvrage. Contrairement à l'automobiliste, le passager d'un train n'a aucune vision de l'ouvrage qu'il traverse (et encore moins de son implantation dans le paysage).

Cette caractéristique nécessite de penser l'infrastructure ferroviaire différemment de l'autoroute, toujours dans le but de donner à l'homme la capacité de s'orienter dans le territoire qu'il traverse. Sur la ligne à grande vitesse AlpTransit, un groupe d'architectes, composé entre autres de Flora Ruchat, a porté une réflexion sur cette problématique en projetant l'ensemble des ouvrages.

Un travail sur la forme des portails comme entrées monumentales (comme sur l'autoroute) aurait eu peu d'intérêt, puisque ceux-ci ne sont pas aperçus depuis le train. Ainsi, pour marquer



Gauche : maquette
du talus du portail
sud du Gothard

Droite : portail et
talus du tunnel ferro-
viaire du Gothard

¹ Flora Ruchat

l'entrée dans le tunnel du Gothard comme un moment significatif du parcours, les architectes cherchent plutôt à exprimer le lieu dans lequel le portail s'insère, en dilatant cet espace pour qu'il soit davantage aperçu selon un point de vue latéral. Il s'agit plutôt de dévoiler un passage significatif par une intervention forte à l'échelle territoriale du paysage, qui tient compte du lieu dans lequel l'entrée du tunnel s'insère et des données techniques spécifiques au trafic ferroviaire. « *Le portail est le « lieu du portail », un paysage construit, dans lequel les techniques sont connectées aux exigences écologiques et esthétiques* »¹.

Décrivons le travail des architectes sur l'entrée sud du tunnel du Gothard pour mieux comprendre le contexte dans lequel le centre de contrôle de Bruno Fioretti Marquez se construit.

L'entrée sud du tunnel du Gothard (située à quelques centaines

de mètres du centre de contrôle) s'insère juste en contrebas d'une ligne régionale. Un talus soutient la voie supérieure et gère la différence de niveau avec la voie à haute vitesse située juste en dessous. Glissé entre les deux voies, le talus caractérise le paysage à proximité du tunnel, témoignant à cet endroit d'une concentration importante d'infrastructures linéaires. Les architectes vont se servir de ces caractéristiques du site pour exprimer davantage le lieu à l'approche du tunnel par une intervention paysagère liée au talus et aux remblais.

Ainsi, la courbure de la voie régionale donne au talus une forme de croissant, que les architectes étirent sur 700 m de long, et duquel émergent les deux tubes du tunnel du Gothard. Ce plan incliné courbe souligne dans la vallée le virage que la voie régionale, l'autoroute et le Tessin décrivent pour s'adapter à la morphologie du territoire, tout en contrastant avec la linéarité de la voie à grande vitesse qui le traverse. Sa surface, composée



Gauche : vue aérienne de la façade nord, parallèle à l'infrastructure ferroviaire

Droite : vue façade est

de blocs de pierres (en référence aux techniques de construction des anciens talus), fabrique un paysage minéral.

Du point de vue du voyageur à haute vitesse, ce travail paysager, étirant le talus par la courbe, s'inscrit dans une relation à l'échelle de l'infrastructure ferroviaire, pour lui révéler l'approche de l'entrée du tunnel.

Les raisons d'une implantation atypique

C'est dans ce contexte que le centre de contrôle a été conçu. Le bâtiment, en béton, s'apparente à une forme prismatique, qui s'élève à partir d'un pied pour s'épaissir dans sa partie supérieure, à l'instar d'une tour de contrôle. Le choix de cette forme n'est pas gratuit, il est principalement déterminé par la percep-

tion du bâtiment depuis la ligne du chemin de fer. Tout comme le travail sur le talus, mais ici au travers d'un objet vertical, la volonté est de s'adresser au point de vue latéral du train pour mieux signaler l'entrée du tunnel.

La forme du bâtiment est le résultat d'un jeu avec les contraintes du site. L'ouvrage s'insère entre la voie de chemin de fer et la route cantonale qui parcourt la vallée. Son volume supérieur reprend les géométries de ces deux infrastructures, avec des faces latérales parallèles à chacune d'elles. Cette volumétrie marque une position frontale du point de vue du train, tissant un rapport étroit avec l'infrastructure. De plus, la présence d'un imposant transformateur électrique, lié à la ligne ferroviaire, constitue un obstacle à un rapport visuel direct du centre de contrôle sur la ligne ferroviaire et à sa vision depuis le train. Cette contrainte, imposant une élévation du bâtiment, a été prise par les archi-



Gauche : centre de
contrôle et transfor-
mateur

Droite : vue depuis la
voie ferroviaire

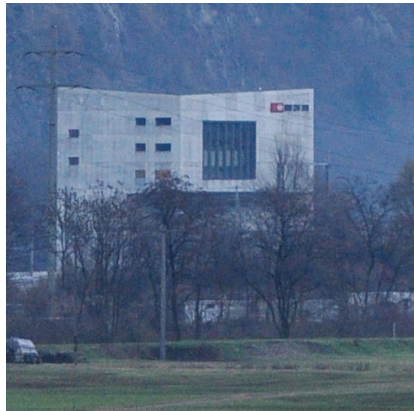
tectes comme une occasion pour exagérer la hauteur de l'édifice, et donc accentuer sa visibilité et son rôle de signal.

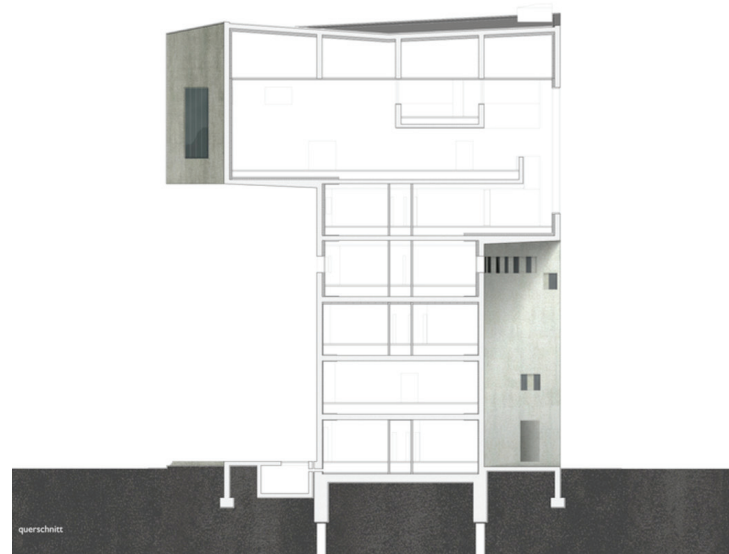
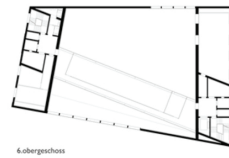
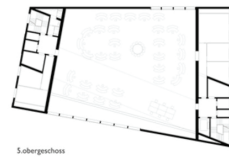
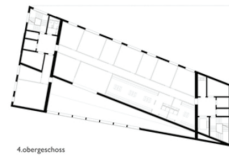
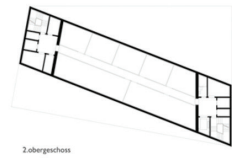
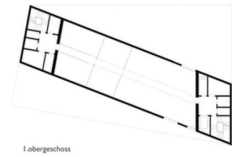
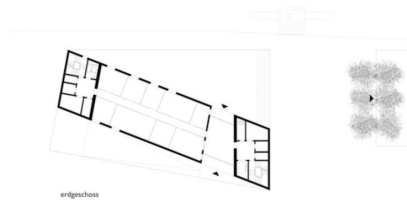
Du mouvement à la forme

Du train, ce volume émerge derrière les barrières de l'infrastructure grâce à son haut pied. La conception de la volumétrie du bâtiment tient compte d'une perception dynamique liée au mouvement des infrastructures. Sa hauteur lui permet de rester le plus longtemps possible dans le champ de vision d'un observateur installé dans un train (ou une voiture). Sa visibilité étant plus longue, il est possible pour l'observateur de le découvrir selon différents angles de vues durant le passage du train, de son approche jusqu'à son éloignement. Son volume prismatique, aux

arêtes bien marquées, génère des changements de forme radicaux en fonction du point de vue. De profil, de face ou de biais, il passe d'une surface à un volume, d'une forme aérienne dont le volume en porte-à-faux semble posé en équilibre sur une tige, à une masse bien ancrée au sol. L'objet n'apparaît jamais identique, ses proportions changent, il passe par toute une succession d'états différents. L'expérience visuelle est cinématographique.







Magnifier la fonction

Gauche : plans du projet

Droite : coupe du projet.
RDC en haut à gauche, R+7 en bas à droite

Cette forme atypique n'est pas seulement liée à la perception du bâtiment dans le territoire, elle est également le résultat d'une relation étroite entre les données fonctionnelles du programme et une réflexion sur la structure et l'espace.

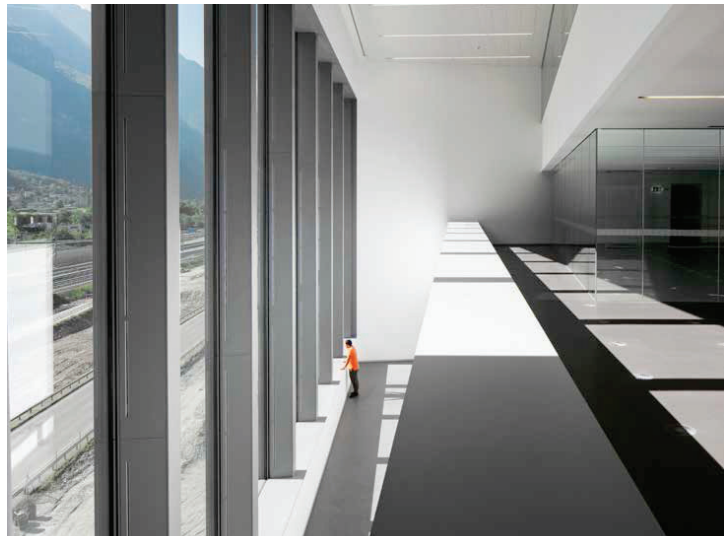
Des contraintes fonctionnelles à la forme

Certaines contraintes fonctionnelles ont aidé à définir et articuler le projet. Un centre d'exploitation est un programme qui a besoin de deux typologies d'espace : d'une part une salle de grande dimension, libre de tout point porteur pour accueillir la salle de contrôle, d'autre part, des salles de petite dimension pour les bureaux administratifs et les locaux techniques (qui, entre autre, accueillent les serveurs informatiques). L'incompatibilité apparente des caractéristiques de ces deux typologies a conduit les architectes à accepter ce contraste et à l'exprimer d'une ma-

nière radicale dans la forme du bâtiment. Le pied, partie la plus étroite du bâtiment, contient l'entrée au rez-de-chaussée, puis les locaux techniques et les bureaux administratifs sur trois niveaux. Au-dessus de celui-ci, le bâtiment se dilate sur trois niveaux, abritant une cafétéria et, sur les deux niveaux supérieurs, le grand volume de la salle de contrôle. Cet espace constitue le cœur du projet. Ainsi, la forme du bâtiment, issue d'une torsion entre deux volumes, trouve une relation avec des problématiques fonctionnelles en plus d'être un signal ferroviaire.

La forme affirme la fonction

La salle de contrôle, dont les extrémités sont en porte-à-faux, est un grand vide en double hauteur, orienté sur ses grands côtés de part et d'autre de la vallée par d'immenses ouvertures. La plus grande offre une vue sur l'infrastructure ferroviaire et dévoile



Gauche : grande ouverture sur la voie ferroviaire, façade sud

Droite : ouverture sur la falaise, façade nord

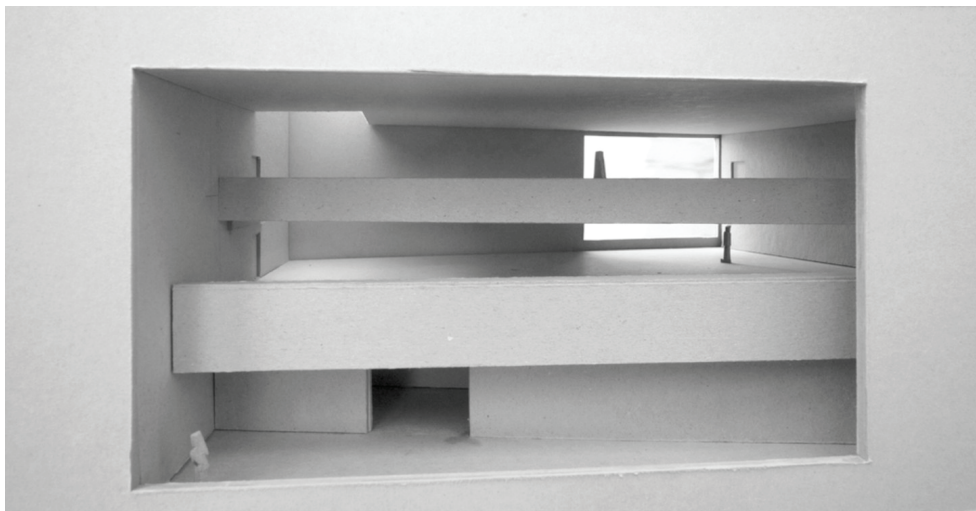
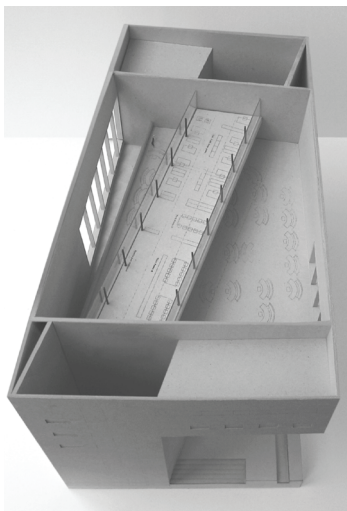
la largeur de la vallée. Le retrait du plancher par rapport à la façade prolonge cette ouverture, haute de 3 niveaux (9 m), vers l'étage inférieur de la cafétéria.

L'observateur situé sur le plancher de la salle de contrôle, disposant ainsi d'une plus grande profondeur visuelle en diagonale vers le bas, domine la vallée par une vue en plongée. Cette ouverture intensifie la lecture du bâtiment comme un objet d'observation de la vallée et ses infrastructures. De l'extérieur, le bâtiment en porte-a-faux, orienté vers la ligne de chemin de fer et marqué de cette grande ouverture, apparaît comme un périscope qui surveille le train, affirmant ainsi sa fonction de centre de commande.

Des qualités spatiales

La seconde ouverture, légèrement plus modeste (sur la double hauteur de la salle de contrôle tout de même), profite d'une plus grande proximité avec l'autre versant de la vallée pour cadrer un paysage de roche. Cette falaise abrupte, taillée par la présence ancienne du glacier, caractérise ce territoire. La fenêtre dessine un tableau minéral au sein de l'espace de la salle de contrôle, qui devient « traversé » par le paysage.

D'un point de vue strictement fonctionnel, les deux ouvertures n'ont pas d'utilité liée au contrôle du réseau ferroviaire, puisque l'utilisation de technologies informatiques a supprimé la nécessité d'avoir une vue directe sur les lignes de chemin de fer. Il est ainsi possible de supposer que les architectes auraient pu se contenter d'opter pour de simples ouvertures de bureaux. Cependant, la présence de ces grandes ouvertures permet d'inscrire l'édifice



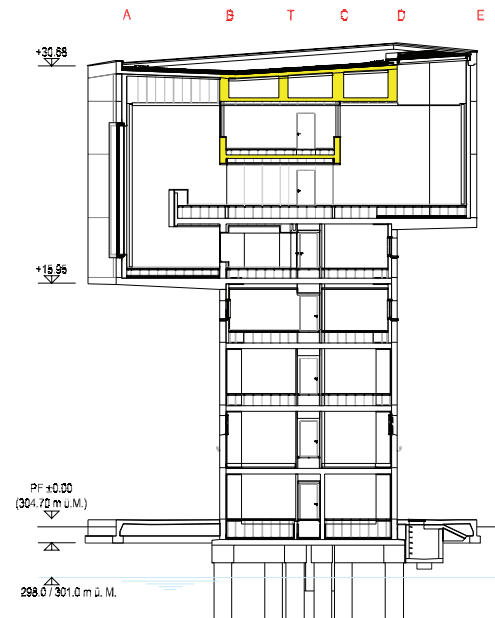
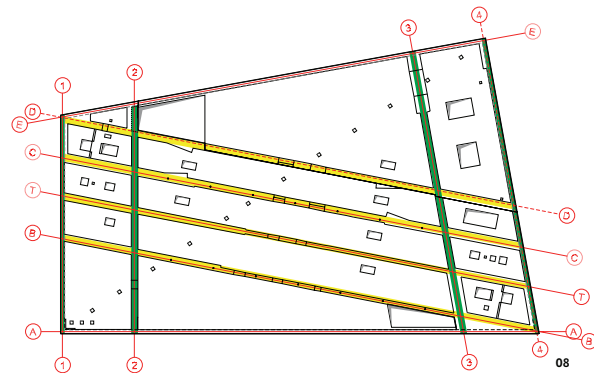
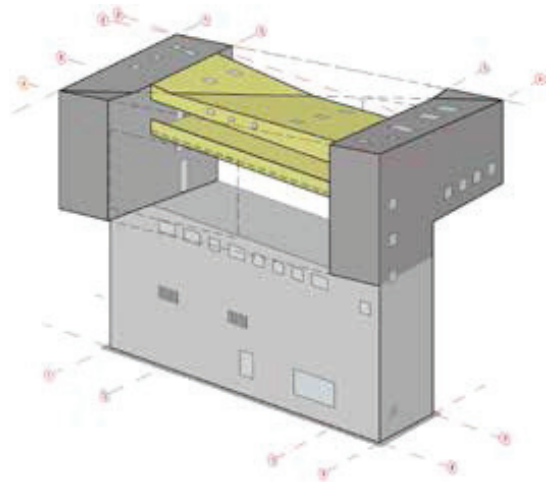
Gauche : maquettes
de la salle de contrôle

Droite : façade est
côté route cantonale

dans une échelle d'infrastructure et d'apporter des qualités spatiales fondamentales pour une salle de contrôle. Les contrôleurs effectuent un travail stressant demandant une grande concentration, les yeux constamment rivés sur les écrans d'ordinateurs. Avec ces deux grandes ouvertures, les architectes dépassent le standard fonctionnel de l'espace de bureau, offrant au contrôleur un environnement de travail de qualité, en lien permanent avec la lumière naturelle et le paysage. De plus, le non alignement de ces ouvertures, la présence de puits de lumière dans les angles opposés à chacune d'elles, ainsi que les jeux de niveaux (traversée du volume en triple hauteur par un étage passerelle), génèrent des lumières et des vues diagonales dans les trois dimensions, traversant l'espace et accentuant sa profondeur.







Gauche : axonométrie
du système porteur

Milieu : plan du sys-
tème porteur

Droite : coupe du sys-
tème porteur

Une structure pour la forme et l'espace

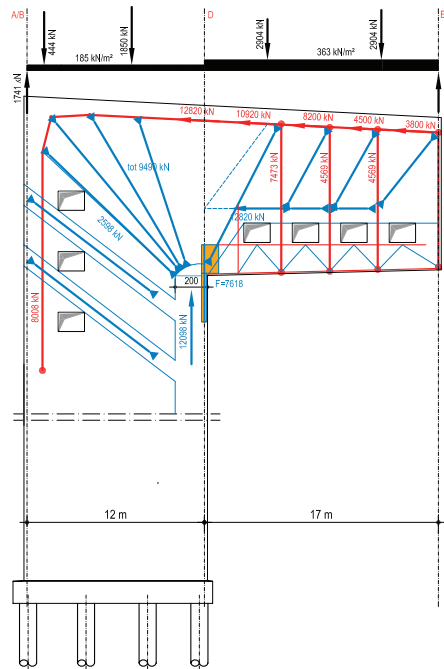
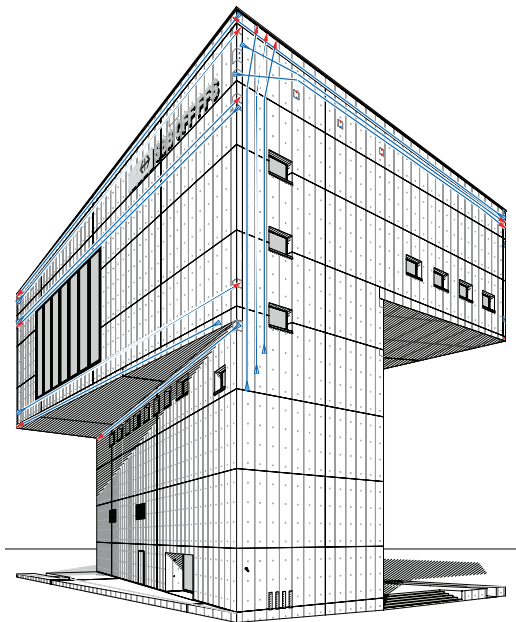
La structure monolithique de béton coulé in situ dissimule dans ses murs une étonnante complexité.

Le volume supérieur du bâtiment est soutenu par le tronc, structure massive de béton dont les 4 murs reposent sur 34 pieux de 22 m de profondeur et de 1,2 m de diamètre (l'eau étant présente à seulement quelques mètres sous le sol). Les deux porte-à-faux de la boîte supérieure sont repris par 4 poutres-voiles (en gris foncé sur l'axonométrie du système porteur) disposées de manière transversale par rapport au tronc et renforcées par des câbles de précontrainte verticaux et horizontaux (au total, 60 câbles sont disposés dans les murs). En correspondance avec chaque poutre-voile transversale, des profilés en acier en drapeau comportant des connecteurs ont été insérés pour garantir le passage des fortes charges concentrées de la boîte supérieure vers le tronc (élément en orange sur le schéma des charges et champ de

tension de la page suivante). Egalement, quatre poutres-caissons longitudinales s'appuient sur ces poutres-voiles (en jaune sur l'axonométrie, le plan et la coupe du système porteur) ; d'une portée d'environ 33 mètres et d'une hauteur variant entre 1,80 et 3,30 mètres, elles soutiennent la couverture et suspendent la passerelle par des tirants d'acier, évitant toute présence de points d'appui dans la salle de contrôle.

Le non alignement des deux grandes baies vitrées, vu précédemment pour les qualités spatiales qu'il procure, est aussi une réponse à des contraintes structurelles. En effet, le fait d'implanter les ouvertures au niveau de la portée maximale des volumes en surplomb allège considérablement la structure, afin d'équilibrer la torsion résultant de ces deux porte-à-faux asymétriques.

Notons un travail précis sur la géométrie du bâtiment pour corriger les déformations optiques : une légère inclinaison vers le haut de la partie inférieure des volumes en porte-à-faux permet de compenser l'effet visuel d'écrasement et de déséquilibre qu'aurait



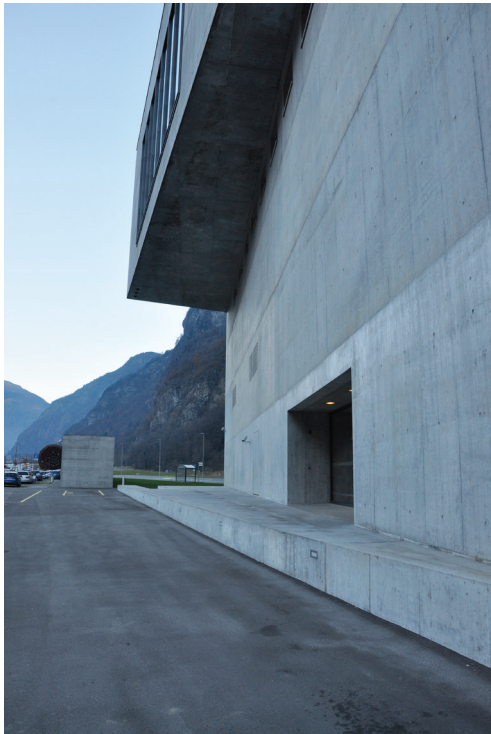
Gauche : schéma de précontrainte

Milieu : schéma des charges et champs de tension

Droite : profilé acier en drapeau

provoqué le flambement de la structure en dévers. Dans cette géométrie, aucune ligne n'est en fait totalement horizontale.

Ainsi, ce projet possède une grande complexité structurelle, dont la particularité est qu'elle ne s'exprime pas dans son architecture. Le bâtiment ne dévoile pas sa logique constructive. Bien que la composante technologique soit forte, celle-ci demeure totalement invisible en se fondant dans l'épaisseur des voiles de béton. Ce rapport entre présence et absence d'une technique complexe traduit une maîtrise parfaite de la question structurelle, toujours axée sur une recherche fondamentale de simplicité, fruit d'un dialogue permanent entre les architectes, Bruno Fioretti Marquez, et les ingénieurs civils, Borlini Zanini. La structure résout la problématique constructive mais ne s'exprime pas en tant que telle, elle n'est pas une fin en soit, elle est un moyen, participant à un tout dont le but est de construire l'espace, de régler des questions formelles, fonctionnelles et contextuelles.



Articuler les échelles

Gauche : entrée sud
du bâtiment

Droite : facade ouest,
rapport à la route
cantonale

La torsion de la volumétrie du bâtiment en deux parties est également une manière d'articuler les échelles, du contexte proche à celui du territoire.

Le pied du bâtiment tisse un lien avec l'environnement proche. Plus étroit, il se dessine en plan comme une bande (quasiment rectangulaire) positionnée en biais par rapport au quadrilatère du volume supérieur. Ce biais génère un retrait du bâtiment par rapport à sa limite parcellaire, ouvrant avec dynamisme un espace de transition de la rue au bâtiment. Ce seuil devient un porche d'entrée, délimité dans sa partie supérieure par la sous-face de la dalle en porte-à-faux et au sol par un socle de béton dont l'implantation reprend la géométrie générale du bâtiment. Ce lieu donne à voir le paysage de la vallée par les cadrages qu'offrent les volumes de béton.

Quant à la tête supérieure du bâtiment, sa géométrie, dont les grands côtés sont parallèles à l'infrastructure ferroviaire et à la falaise, lui permet de dialoguer avec les structures du territoire. Ce volume n'est pas gratuit, il est dicté par le site.

Le passage d'une géométrie à une autre relève donc chez les architectes la volonté d'établir un lien qui dépasse celui du contexte proche : la forme s'écarte de sa géométrie de base pour établir des liens avec le territoire.

Le bâtiment n'a donc pas seulement été conçu au regard de sa perception depuis le train ou l'autoroute, il réagit dans un contexte plus grand. En se détachant dans la vallée, il s'impose comme une émergence de l'infrastructure ferroviaire, dont il fait intégralement partie. Cet élément vertical est un repère, un événement évoquant le passage du train dans le territoire.



Cet objet a une dimension qui peut paraître imposante au premier abord, mais qui lui permet en fait d'entrer réellement en dialogue avec la vallée. Il joue sur les deux directions de ce territoire, en s'inscrivant dans la profondeur (longitudinale) de la vallée tout en conservant un rapport orthogonal aux infrastructures.

Quel que soit l'angle de vue depuis la vallée, il est toujours présent, sans être oppressant. Sa dimension apporte une mesure de référence dans le site, révélant son immensité, et le monolithe de béton aux angles aiguisés révèle, par contraste, ce paysage de roche. Il s'inscrit dans la séquence d'éléments qui structurent la vallée et permettent à l'homme de s'y orienter, tels que le Castel Grande de Bellinzona et l'incinérateur situé dans la plaine de Magadino, construit par Livio Vacchini.



Conclusion

En considérant le rôle important que possède le centre d'exploitation CFF de Pollegio à travers la Suisse, les architectes ont élaboré un projet qui dépasse la typologie classique de bureau pour lui donner une autre dimension, à la hauteur de sa fonction.

Le projet marque la présence du tunnel du Gothard dans la vallée, et exprime son appartenance à l'infrastructure ferroviaire à grande vitesse. Le centre d'exploitation de Pollegio devient un repère, un signal ferroviaire.

Autant de l'intérieur que de l'extérieur, il est un élément qui donne à voir le paysage. Sa forme et sa dimension, issues d'une relation étroite entre des contraintes fonctionnelles, spatiales et contextuelles, permettent au projet d'acquérir une véritable dimension territoriale.

Infrastructure urbaine et territoriale.

Centrale Energétique de Berne. Graber Pulver Architectes.

La centrale énergétique est un type d'infrastructure souvent écarté de toute réflexion architecturale de par ses caractéristiques fonctionnelles.

En effet, elle consiste trop souvent, à l'image d'un grand nombre d'usines, en un ensemble d'accumulations hétérogènes de volumes opaques, dont l'enveloppe constituée fréquemment de tôles d'acier n'est qu'un camouflage de l'ensemble des machines présentes à l'intérieur. Parfois, éléments techniques et réseaux de tuyauteries émergent des volumes de manière incongrue, excluant tout souci d'intégration. Ce manque d'unité est le résultat d'une conception dictée par une suite de réponses littérales à des contraintes techniques.

L'absence d'épaisseur et de cohérence structurelle fréquemment constatée dans une centrale fabrique un bricolage constructif

brouillant les distinctions entre le bâtiment et les machines techniques qu'il abrite. Il n'y a plus de hiérarchie entre forme et contenu, l'usine apparaît davantage comme une grande machine plutôt qu'une architecture.

La centrale comme machine pose nombre de problématiques, elle se met en rupture avec l'homme car elle est perçue par la société comme un objet néfaste. Elle est une entité autonome non assumée et non intégrée dans le paysage urbain. Il n'est d'ailleurs pas anodin que l'on ait recourt à des artifices tels que la plantation d'épaisses haies végétales sur le pourtour des usines pour mieux les couper de leur contexte.

Ce constat de mise à distance par rapport à la société est un paradoxe pour plusieurs raisons. Tout d'abord, du fait de l'expansion urbaine, ces usines sont vouées à être de plus en

plus intégrées dans le tissu urbain et donc à devenir des repères considérables qui structurent les villes. De plus, dans une société où les enjeux de développement durable deviennent de plus en plus importants, l'usine est progressivement le symbole d'une relation entre l'homme, la technique et l'environnement. Enfin, sachant que nous dépendons tous de ces centrales qui nous fournissent en énergie, ces infrastructures acquièrent une importante dimension commune et publique. De par ces considérations, l'usine ne doit-elle pas être mieux intégrée et assumée dans la société ? Ne doit-elle pas créer un lien entre la machine et l'homme ?

Dans la majorité des cas, on constate une absence de structure pérenne. L'usine n'est que technologie et technique. Que restera-t-il de ces usines lorsqu'elles auront perdu leur fonction ? À une époque où nous considérons les friches industrielles comme des potentiels considérables de reconversion grâce à la structure

pérenne qu'elles nous ont transmise, n'est-il pas important de construire durablement, avec la capacité d'accepter des changements d'usage à l'avenir ? Si l'on considère la phrase d'Auguste Perret « Une belle architecture est une belle ruine », affirmant qu'une architecture doit persister au delà de la perte de sa fonction, il n'est pas aisé de se faire une idée des usines d'aujourd'hui en tant que ruines. La pérennité de ces infrastructures est d'autant plus importante qu'elles sont porteuses du témoignage historique d'un usage apportant aux villes une profondeur supplémentaire.

Il semble que les architectes doivent se joindre aux ingénieurs pour traiter de ces problématiques. Contrairement aux techniciens, ils sont capables de par leur vision globale, de prendre en compte tous les paramètres d'un projet pour en élaborer un ensemble cohérent. Ils peuvent apporter une dimension architectonique à

ces infrastructure en se nourrissant des contraintes fonctionnelles. En établissant des réflexions sur la structure, l'espace, la lumière, la matière, ils peuvent pousser un projet au delà de ses caractéristiques techniques pour traiter des problématiques d'échelles, de pérennité, de rapport à la ville et au territoire.

C'est ce que les architectes Graber Pulver ont su faire au travers du projet de centrale énergétique de Berne. Il s'agit d'un incinérateur transformant les déchets en énergie pour alimenter la ville en électricité. Le programme étant extrêmement technique, il a posé de nombreuses contraintes que les architectes ont su exploiter.

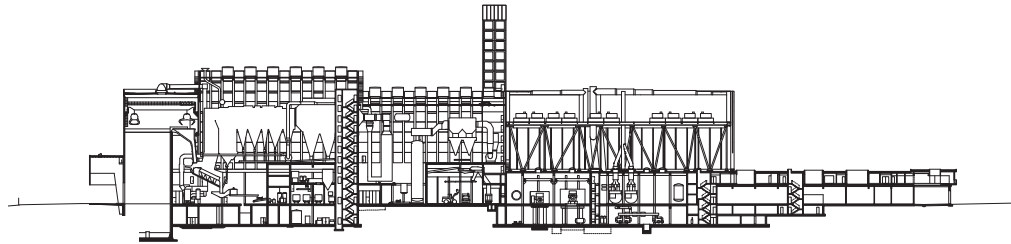
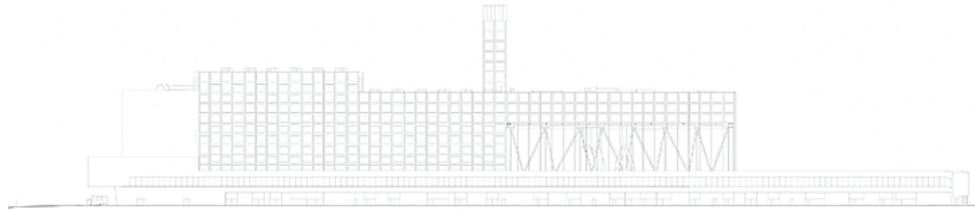
La centrale énergétique de Berne intrigue car elle possède une structure hybride constituée à la fois d'une ossature en béton préfabriqué et d'un socle monolithique composé de voiles en

béton coulés in situ. Lorsque les architectes parlent de leur projet, ils évoquent un porte-conteneur, pour assimiler l'ossature préfabriquée aux conteneurs, et le socle monolithique à la coque du bateau. Ce jeu structurel n'est pas seulement issu des contraintes techniques mais aussi lié à des réflexions architecturales qui vont avoir un rôle prépondérant dans le projet.

En quoi cette réflexion sur la structure a-t-elle permis à la centrale énergétique de Berne d'établir un lien entre son programme technique et son contexte, en devenant une infrastructure urbaine et territoriale ?







Ossature et programme

Elévation sud de la centrale énergétique de Berne

Coupe longitudinale

Vue de la facade sud depuis le cheminement des camions benes

Concernant la halle abritant les installations techniques de la centrale, l'usage d'une ossature de poteaux en béton préfabriqué s'explique au premier abord par des contraintes constructives et fonctionnelles.

La taille et la complexité des machines de la centrale imposait de construire le bâtiment autour de celles-ci une fois installées. L'utilisation d'éléments préfabriqués a permis de faciliter ce processus de construction. En effet, la mise en oeuvre d'un béton coulé in situ pour une structure en voiles porteurs était impossible, car l'organisation de chantier lié aux coffrages était incompatible avec la présence des installations techniques. L'autre contrainte était d'avoir une structure offrant une certaine souplesse pour d'éventuelles futures évolutions des processus techniques.

L'enveloppe tectonique d'éléments en béton préfabriqué s'est avérée être la solution la plus adaptée pour répondre à ces contraintes constructives. Mais surtout, il est intéressant de comprendre comment les architectes se sont appropriés cette contrainte structurelle pour développer le projet au delà de sa dimension fonctionnaliste rationalisant efficacité et rendement.

La conception d'une centrale électrique ne laisse pas de grande liberté dans la composition du plan et de la volumétrie du bâtiment. Elle est en partie dictée par le processus de transformation du déchet en énergie. En effet, il s'agit d'une disposition linéaire bien réfléchie de manière à assurer un déroulement optimal du processus : à une extrémité du bâtiment se trouve la halle de décharge où les camions déversent leurs déchets dans la fosse du bunker après que ceux-ci aient été pesés et contrôlés ; les différents éléments de la centrale suivent, alignés jusqu'à l'autre



Gauche : vue de la façade nord.

Droite : vue de la façade sud

extrémité : salle de combustion puis salle de purification des gaz de fumée, cheminée, centrale énergétique, ateliers et bureau d'exploitation.

Le danger était de subir ces contraintes avec un projet qui se serait réduit à une accumulation de volumes disparates, comme c'est le cas dans la majorité des centrales. D'ailleurs, un examen rapide de la coupe longitudinale du bâtiment, dévoilant une suite de volumes juxtaposés de différentes dimensions en fonction des machines qu'ils contiennent, peut laisser croire que tel est le cas.

En réalité, à l'extérieur de la centrale, les différences d'altimétrie correspondant aux différentes salles perdurent, mais les architectes les ont subtilement rendues quasiment imperceptibles en jouant sur la structure. Composée d'une ossature de poteaux en béton sur le pourtour du bâtiment, celle-ci lie les différents

volumes entre eux, et confère à la centrale la perception d'un ensemble unitaire.

En se dressant sur toute la hauteur du bâtiment, chaque poteau de section rectangulaire fabrique une ligne verticale dont la répétition sur toute longueur de la façade dessine une trame. Les poteaux, caractérisés par leur grande profondeur, génèrent des ombres accentuant cette trame, qui, au delà de sa fonction primaire structurelle, intègre par sa radicalité les irrégularités programmatiques telles que variations de hauteurs, pleins et vides, émergences (à l'image de la cheminée).

Les divers éléments de façade liés au fonctionnement interne du bâtiment se logent entre les poteaux : au niveau de la cheminée, il s'agit de parois de remplissage en béton préfabriqué ; au niveau de la halle technique, des parois de hauteur plus



Vue de la façade
sud au niveau des
condenseurs

faible, générant des interstices concrétisés par de fines bandes horizontales, apportent la lumière nécessaire au sein du bâtiment. Il est intéressant de remarquer la disposition en alternance des ouvertures, à la manière d'un damier, une subtilité du dessin des architectes permettant d'éviter que des lignes horizontales apparaissent fortement dans cette zone, provoquant un effet de déséquilibre en façade. Enfin, au niveau des condenseurs, l'interstice entre chaque poteau n'est rien d'autre qu'un vide, permettant à l'air de circuler. Les poteaux libres de toute paroi dévoilent leur grande profondeur structurelle.

Ainsi, au delà de sa fonction porteuse, la structure apporte une liberté de composition en fonction des contraintes du programme. Posons-nous maintenant la question suivante : comment la structure peut-elle permettre au projet d'établir des relations avec son contexte ?



Ossature et contexte

Gauche : vue de la façade sud

Droite : vue des poteaux en béton préfabriqué durant le chantier avant la mise en place des installations techniques

Chaque poteau est une grande pièce de béton préfabriqué de 30 m de hauteur. Cette spécificité (un seul élément d'une si grande longueur) a imposé de nombreuses difficultés de logistique au chantier. Ainsi, par exemple, l'acheminement des pièces préfabriquées de l'usine au chantier a dû être effectué en convois exceptionnels. Relevons également les contraintes liées au levage et à la pose. Il était impossible de lever les poteaux en les accrochant à leurs deux extrémités, ce qui aurait entraîné leur flambement (la distance de 30m entre les points d'accroche était trop importante). La solution retenue a été de fixer les deux points d'accroche en extrémité et milieu du poteau, ce qui minimisait leur distance.

Ce constat nous amène à la question suivante : pourquoi donc avoir souhaité réaliser ces poteaux en un seul élément au regard des difficultés que ce choix a engendré ? Il aurait

été probablement plus aisé de procéder à un assemblage de plusieurs pièces de moindre taille, en acier par exemple. Il est important de saisir comment ce choix des architectes a eu un rôle déterminant dans le projet. En effet, l'élancement de ces poteaux et leur caractère monolithique confèrent au bâtiment une force et une beauté indicibles. En tendant visuellement la façade sur toute sa hauteur, les piliers, tels des pilastres, apportent une monumentalité à cet ensemble unitaire.

C'est dans la salle des condenseurs que l'on saisit davantage la beauté de cette structure. Il s'agit d'un grand volume, ouvert sur l'extérieur mais abrité, où l'air circule librement pour être aspiré par les condensateurs, immenses ventilateurs permettant le refroidissement de la vapeur issue du processus de la production d'électricité. A cet endroit, la centrale dévoile et expose ses machines, de grandes tuyauteries jaillissent du socle



Vues depuis le vide
des condenseurs

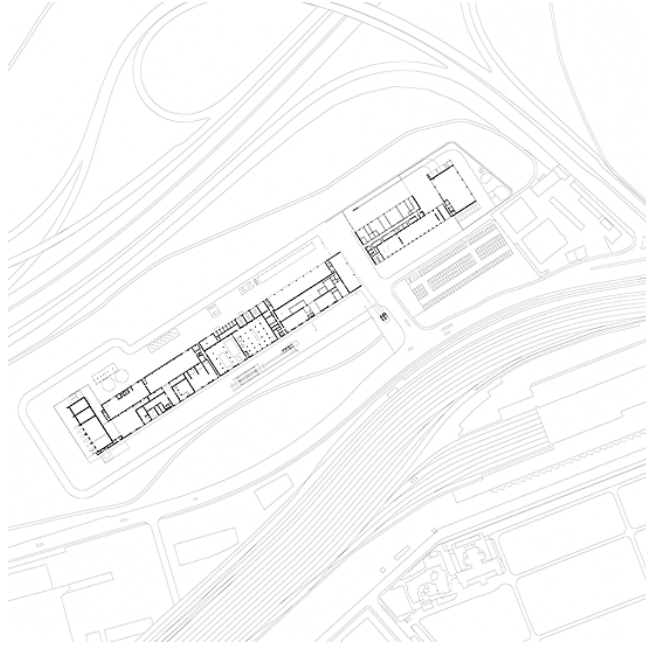
pour atteindre ces condenseurs situés 15 m plus haut. Ce vaste volume est contenu sur les côtés par les longs poteaux disposés en enfilade, tout en offrant des points de vues sur l'extérieur. Le béton de la structure contraste avec le métal des éléments techniques, distinguant clairement ossature et machine. La centrale énergétique apparaît comme un temple de la technique.

Les condenseurs sont soutenus par des poteaux tubulaires en acier disposés en diagonales dans l'espace. Cette géométrie questionne : simple effet de style ? Au départ la réponse est technique.

Ces poteaux ont pour but d'acheminer les descentes de charges des condensateurs vers les fondations situées dans le socle. Or, ces fondations ont une géométrie irrégulière liée à la présence de nombreuses installations techniques situées à l'intérieur du

socle. Le plancher soutenant les condenseurs ayant une trame structurelle régulière, il n'était donc pas possible de relier ces deux plans par des poteaux verticaux.

Ainsi, la géométrie diagonale est une solution permettant la transition entre la régularité et l'irrégularité des deux structures. Cependant, les architectes se sont appropriés ces contraintes pour les dépasser. Ils ont réglé la géométrie plus précisément, en travaillant les proportions des éléments, de telle sorte qu'ils entretiennent entre eux des rapports équilibrés. L'obliquité de la structure et sa construction en acier plutôt qu'en béton permettent par contraste de la différencier de la structure du bâtiment, et de l'affirmer comme appartenant à ce qui est de l'ordre de la machine. Cette partie de la centrale constitue une véritable expérience spatiale où se rencontrent intérieur, extérieur, machine et structure.



Gauche : plan de situation

Droite : vue de la façade Sud depuis la rue.

L'échelle de la structure élancée des poteaux contribue aussi à inscrire l'édifice dans son contexte. La centrale énergétique est située aux portes de la ville de Berne dans un contexte marqué par des infrastructures linéaires. Ce long bâtiment de 300 m s'insère dans une parcelle comprise entre l'autoroute A1 et les voies ferroviaires. Celle-ci est marquée par la présence d'une forêt interstitielle située entre les infrastructures, devenue un lieu de promenade pour les habitants.

Depuis l'autoroute ou les routes adjacentes, les poteaux, comparables à des lames, provoquent des perceptions différentes suivant l'angle de vue lié à la position au sein de ces infrastructures. De biais, l'usine ressemble à un monolithe de béton strié ; puis lorsque l'angle de vision devient frontal, la masse laisse apparaître ses irrégularités au travers de sa structure. Cette perception est encore plus significative aux abords de la forêt, dans un point de

vue plus proche, celui du promeneur ou du cycliste.

Mais, en plus de générer cette relation en fonction du déplacement, les poteaux entretiennent aussi un lien évident avec la présence proche des arbres. Les lignes verticales de béton instaurent un dialogue avec les troncs des arbres, en adoptant un rythme similaire. La perception de la centrale à travers ce filtre d'arbres témoigne chez les architectes de la prise en compte de cette donnée caractéristique du site comme partie intégrante du projet.

De loin, la forêt devenant trop opaque pour laisser entrevoir la base du bâtiment, la haute cheminée tisse un lien avec la ville et devient un repère, un signal énergétique.

L'échelle de la structure, en rapport étroit avec le contexte,



Vue de la façade nord
depuis l'autoroute.

impose la centrale comme une référence qui s'inscrit dans l'imaginaire collectif. Elle devient un monument technique aux portes de la ville.

Ainsi, au lieu d'avoir été un frein pour le projet, la contrainte de devoir utiliser une ossature préfabriquée est devenue pour les architectes un moyen d'approfondir une réflexion qui a permis de résoudre des problématiques spatiales, formelles, programmatiques et contextuelles.

La centrale est composée d'une ossature, mais elle repose sur une base constituée d'un socle en béton. Quels rapports cette structure établit-elle dans le projet ?







Structure monolithique et contexte

Gauche : vue sur la
galerie de la façade
sud

Le socle monolithique de béton coulé sur place accueille la halle de décharge, la fosse à ordures, le poste de commandes, le hall d'entrée et les bureaux. Il est la colonne vertébrale du projet dans tous les sens du terme.

Droite : vue depuis
l'intérieur de la ga-
lerie

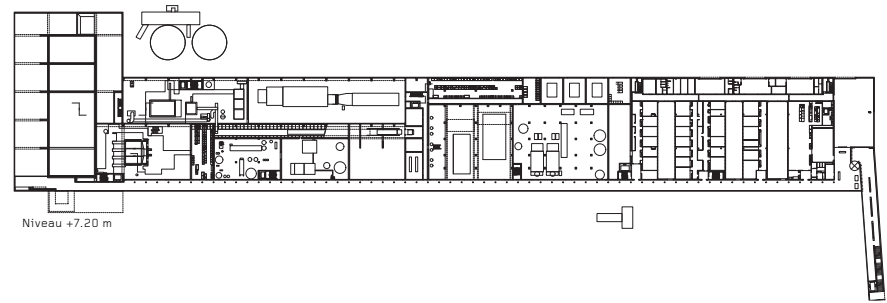
Tout d'abord, il correspond aux fondations du bâtiment en constituant une base structurelle pour la halle en béton préfabriqué ; ensuite, en s'étirant sur toute la longueur de la centrale (300 m), il apporte une certaine stabilité visuelle à l'ouvrage, en liant les différents éléments du projet et en asseyant le bâtiment dans son contexte.

Une galerie traverse le socle sur toute la longueur de la centrale. Permettant l'accès du personnel aux différentes salles, elle offre aux visiteurs des regards ciblés sur le processus de transformation des déchets à travers des ouvertures ponctuelles, tout en ouvrant

largement sur la forêt avoisinante par de longues parois vitrées. Depuis un point de vue extérieur sur cette coursive, remarquons encore une fois la prise en compte de cette forêt comme élément du projet, où l'adoption d'un vitrage très réfléchissant imprime la présence des arbres au sein de l'édifice.

Ainsi dans cette centrale dimensionnée en grande partie à l'échelle des machines, la coursive réintroduit l'échelle humaine et positionne l'homme au centre du système, entre machine et contexte.

D'apparence linéaire, le socle se déforme aux extrémités du bâtiment tout en conservant un caractère monolithique renforcé par le béton coulé en place. Au delà des considérations programmatiques, ces déformations façonnent les extrémités d'un système et génèrent des relations spatiales et contextuelles



Gauche : vue de la passerelle

Droite : plan niveau coursive

qu'il est intéressant de relever.

En plan, l'extrémité nord (à droite) du socle subit une inflexion quasiment perpendiculairement au corps du bâtiment, permettant à une passerelle et un grand escalier de se greffer à la rue bordant la parcelle. Le dispositif mène le visiteur de l'espace urbain à l'entrée du bâtiment. La passerelle, dont le but premier est de permettre aux piétons de franchir la voie d'accès des camions-bennes, est, comme le reste du socle, composée de voiles et de dalles de béton qui se prolongent en surplomb au dessus de l'escalier, produisant un porche d'entrée. Il est intéressant de remarquer qu'une fois de plus dans ce projet, une donnée technique liée à une contrainte de fonctionnement de la centrale (devoir franchir une route), est devenue un moyen pour construire l'entrée du bâtiment et se coudre au tissu existant de la ville.

Nous avons vu précédemment que l'ossature de poteaux conférait à la centrale une dimension urbaine, par sa relation à l'échelle des infrastructures environnantes, et que l'élancement de la structure, dont la cheminée est l'élément le plus visible, donnait à la centrale un statut de repère ; ici, à l'extrémité nord du socle, la structure monolithique renforce cette relation à la ville de manière plus directe, en inscrivant plus particulièrement l'échelle de l'homme.

On peut citer un des aphorismes de Luigi Snozzi : « *quand tu construis une rue, une maison, un quartier, pense à la ville* ». L'infrastructure de la centrale révèle une même pensée forte centrée sur la ville.

Parcourir la passerelle avant d'entrer dans le bâtiment offre une perspective extérieure sur toute la profondeur de la centrale



Vues extrémité ouest
de la centrale.

jusqu'à son autre extrémité au sud. Celle-ci se démarque par une déformation plus importante, manifestant ainsi qu'elle abrite la première phase du processus industriel. Siège de la salle des commandes et du bunker, elle est sans doute la partie qui intrigue le plus, et aussi qui participe le plus à l'identité de la centrale.

Le socle émerge en grands volumes de béton qui se superposent et se décalent, générant d'immenses porte-à-faux. Qu'en est-il de ces volumes a priori atypiques ?



Structure monolithique et spatialité

Gauche : vue sur l'arrivée des camions depuis la salle de contrôle

Droite : porte-à-faux de la salle de contrôle

Le poste de commandes est une salle qui répond à trois fonctions : diriger l'ensemble des installations techniques de la centrale, contrôler l'arrivée des camions chargés des déchets et piloter la grue qui achemine les déchets de la fosse aux incinérateurs. Cet espace doit donc à la fois être positionné à l'extrémité de la centrale, pour permettre une vue directe en plongée sur la fosse à déchets, et dégager une vue extérieure sur toute la profondeur du bâtiment, de façon à bien visualiser l'arrivée des camions.

Ainsi, la salle des commandes émerge en porte-à-faux, à la manière d'une passerelle de commandement sur un bateau, ce qui permet de contrôler les différents postes à partir d'un lieu unique.

Bien entendu, ce résultat n'est pas seulement le fruit de données techniques, et la réflexion architecturale a permis d'emmener le projet vers une beauté quasiment indicible. Les

contraintes, habilement maîtrisées par les architectes, génèrent un jeu de volumes d'une grande élégance, issue d'une structure monolithique composée de parois de béton qui se croisent, se superposent, et dont les grandes dimensions sont matérialisées par d'immenses poutres en porte-à-faux. Il en résulte une unité structurelle et visuelle où chaque partie ne peut être ôtée d'un ensemble. De tels volumes n'auraient pas été réalisables avec une structure en béton préfabriqué et, contrairement à une structure en acier, cette composition aérienne, où la gravité se fait sentir, génère une impression de stabilité, et en aucun cas de fragilité. Les porte-à-faux n'apparaissent pas comme des volumes rapportés mais au contraire s'inscrivent dans la continuité des murs. Avec ses poutres qui deviennent des voiles, la structure acquiert une telle dimension qu'elle définit l'espace, il n'y a plus de distinction entre structure et cloison.



Gauche : vues sur l'ouverture inférieure du poste de contrôle

Droite : vue intérieure de la salle de contrôle sur l'ouverture inférieur

Une grande ouverture à travers la sous-face du poste de commande génère une spatialité atypique en faisant jaillir une lumière provenant du dessous, et diffusée dans la salle par les parois de béton. Cette ouverture est d'abord liée à une nécessité technique : lors des opérations de maintenance, elle permet d'évacuer l'immense crochet de la grue servant à transporter les déchets depuis la fosse vers l'incinérateur. Mais les architectes ont à nouveau su tirer parti de cette brèche fonctionnelle pour apporter une solution spatiale : le personnel travaillant en continu devant des écrans d'ordinateurs bénéficie d'une lumière douce s'élevant dans la pièce depuis le bas.

Les volumes de béton paraissent d'une grande massivité, mais c'est en se glissant sous la halle de décharge, où les camions déversent leurs déchets dans la fosse du bunker, que le bâtiment étonne en dévoilant l'intérieur de sa carapace. Les masses

laissent place à de fines parois de béton suspendues au dessus du sol. L'absence de points porteurs et l'élancement des poutres périphériques portées par des voiles perpendiculaires produisent une « cloche » en lévitation, conférant à cet espace une grandeur saisissante quasiment non mesurable par l'homme.

Bien entendu, cette structure n'est pas gratuite, puisque l'absence de poteaux permet d'avoir un sol libre de tout obstacle pour faciliter les manoeuvres des camions. Il est intéressant de constater que les contraintes techniques radicales de telles infrastructures donnent fréquemment la possibilité à l'architecture de générer des spatialités hors du commun, révélant de nombreuses qualités. D'ailleurs, cette halle de décharge possède des proportions harmonieuses pourtant totalement guidées par une composition fonctionnelle liée aux manoeuvres des camions : rayons de braquage, hauteurs minimales permettant aux camions d'incliner



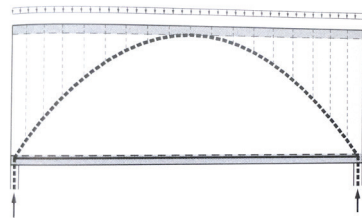
Gauche : vue sous la halle de décharge des déchets dans la fosse

Droite : vue extérieure sur la halle de décharge

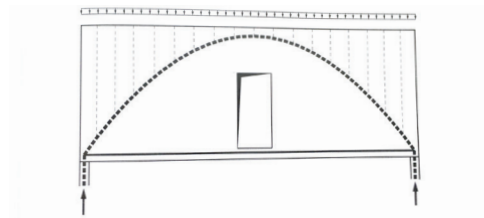
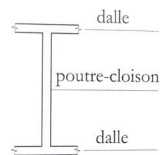
leur benne pour déverser les déchets sans percuter le bâtiment. On peut donc se questionner quant au rôle de l'architecte, et sur la nécessité de travailler les proportions d'un projet si toutefois la technique seule permet de les rendre harmonieuses. Mais au delà de cette question, il est évident que l'architecte possède un rôle important. De nombreux ouvrages à priori « techniques » ont manifestement des qualités extrêmement diverses, suivant qu'ils ont bénéficié ou non dans leur conception de l'éclairage d'un architecte.

Dans un programme d'infrastructure, l'architecte ne doit pas subir le projet, il doit savoir doser l'influence d'une technique omniprésente, en établissant un rapport d'équilibre entre les contraintes et les réflexions architecturales. Lorsque l'on peut trouver des qualités dans un espace dont la dimension fonctionnelle prédomine, il est alors intéressant pour l'architecte

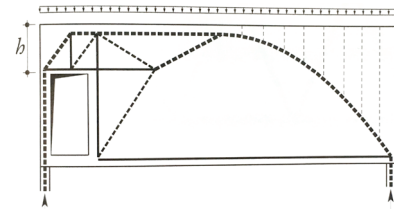
de croire en cette dimension en la laissant guider la composition du projet, et équilibrer ce rapport en se focalisant plutôt sur d'autres notions, telles que la réflexion sur la structure, la matérialité, le calfeutrage des banches.



1



2



3

Poutres voiles. Quelques notions de structure.

1. Système porteur dans une poutre-cloison.

Eléments tendus en traits simples. Eléments comprimés en traits tillés

2. Position structurellement optimale d'un percement

3. Système porteur dans une poutre-cloison avec percements à proximité des appuis

¹Aurelio Muttoni, l'Art des structures

Essayons d'éclairer quelques notions sur le fonctionnement structural des poutres voiles des porte-à-faux du poste de commandement et de la halle de décharge. Dans un but de clarté, il semble intéressant de se rapprocher des propos d'Aurelio Muttoni, publiés dans son livre « *L'art des structures* ».

Tout d'abord, il s'agit de comprendre ce que signifie la notion de poutre-cloison, et en quoi la présence d'une ouverture dans une telle poutre peut avoir des répercussions sur la structure.

« *Si une poutre occupe toute la hauteur d'un étage, on parle de poutre-cloison. De telles poutres sont généralement caractérisées par un élanement fort limité. Si le rapport entre la portée et la hauteur est inférieur à environ 3, et si les appuis se trouvent sur le bord inférieur, le système porteur est celui d'un arc avec tirant, et il ne se forme pas à l'intérieur de la paroi de véritables*

diagonales tendues et comprimées, comme c'est le cas dans les poutres plus élancées. Les poutres-cloisons comportent souvent des ouvertures pour portes et fenêtres. Du point de vue structural, la position plus avantageuse pour ces ouvertures est sûrement la position centrale où se trouve une vaste zone non sollicitée entre l'arc et le tirant. Une ouverture à proximité des appuis coupe en revanche l'arc en compression, de sorte qu'il faudra trouver un système porteur alternatif. Il est donc indispensable de prévoir une zone suffisamment résistante au dessus d'une porte ou en dessous d'une fenêtre. Cet élément sera sollicité comme une console renversée, chargée par la force transmise par l'appui. »¹

Il est important pour l'architecte d'avoir une compréhension générale du fonctionnement structural de ces poutres, car elles acquièrent de par leur grande taille une réelle dimension spatiale. Au contraire de l'ossature d'un plan libre, la structure



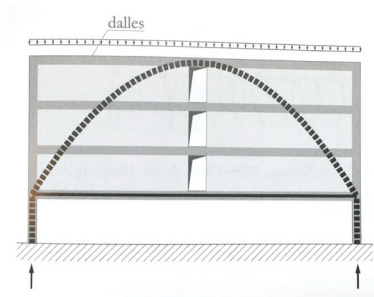
Coulage et coffrage
des poutres de la
structure mono-
lithique

n'est pas indépendante de la façade et des murs qui cloisonnent l'espace. Ainsi, structure, cloison et matériau sont intimement liés et fusionnent en un seul élément monolithique qui détermine l'espace.

Il est d'autant plus important pour l'architecte de maîtriser ces structures par un dialogue ouvert avec l'ingénieur, car, les éléments n'étant pas indépendants, une non anticipation de certaines contraintes pourrait engendrer des modifications majeures ayant des répercussions directes sur les qualités d'un espace. Créer une ouverture dans une paroi, c'est créer des relations entre l'espace interne, l'extérieur et la façade, mais dans le cas d'une structure en poutres-cloisons, c'est aussi créer une ouverture dans la structure, et donc modifier son fonctionnement. Il est donc important de pouvoir anticiper l'influence d'une ouverture dans une structure.

Mais les poutres constituant les volumes du poste de commande et de la halle de décharge de la centrale énergétique de Berne occupent plusieurs étages : dans ce cas on parle de poutres-voiles.

« *Si les poutres-cloisons s'étendent sur plusieurs étages, la structure devient encore plus efficace. Dans ce cas on parle de voiles, utilisant un terme qui est employé pour des structures planes, généralement en béton armé, sur lesquelles les charges, les forces transmises par les appuis et les efforts internes agissent toutes dans le plan de l'élément. Leur efficacité dérive de leur grande hauteur effective qui rend possible la reprise de charges importantes sur de très grandes portées. Les voiles qui soutiennent les bâtiments sont souvent liés de façon monolithique aux éléments horizontaux de la construction, généralement formés de dalles en béton armé. Celles-ci peuvent ainsi contribuer à la reprise des*



Voiles sur plusieurs étages pour couvrir une grande portée au rez-de-chaussée

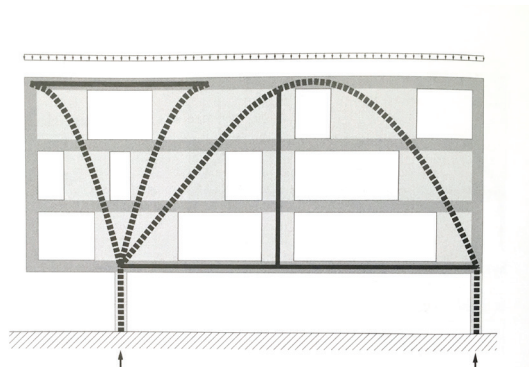
²⁻³Aurelio Muttoni,
l'Art des structures

efforts de compression ou de traction dans le sens horizontal. Dans l'exemple représenté ci-contre, les arcs se forment à l'intérieur du voile, alors que le tirant peut s'établir dans la première dalle. Cette solution, particulièrement efficace, est souvent utilisée quand on souhaite limiter au minimum les éléments au rez-de-chaussée, de façon à couvrir des portées très importantes. Evidemment, les rares piliers restants doivent être dimensionnés de façon à reprendre toutes les charges, alors qu'un système de contreventement adéquat inséré également au rez-de-chaussée doit transmettre au terrain les poussées horizontales générées par le vent et les effets sismiques. »²

Sachant que les volumes de la centrale sont en porte-à-faux, les poutres-voiles deviennent des consoles, et il est intéressant de comprendre quelle sera la différence structurelle par rapport à des poutres-voiles posées sur des piliers.

« Dans l'exemple ci-contre, caractérisé par une portée principale avec une console, on a considéré une combinaison d'arcs et de tirants. Comme dans la poutre avec porte-à-faux, on a un tirant supérieur dans la zone influencée par la console, et un tirant inférieur dans la partie restante. [...] Dans ces cas, la disposition des ouvertures peut être choisie en essayant d'inscrire un système d'arcs et tirants dans le voile en béton armé. »³

Dans la paroi latérale du porte-à-faux du poste de commandement, l'ouverture dans la console est placée à son extrémité, dans l'angle inférieur gauche. Cette position n'entrave pas le fonctionnement de la poutre-voile, laissant place à l'introduction de tirants en partie supérieure du voile et d'arcs comprimés entre l'ouverture et la façade principale du bâtiment. Les dalles pouvant agir comme des tirants à certains endroits.



Gauche : structure avec porte-à-faux, réduction au minimum des éléments du voile

Droite : ouverture dans la poutre voile du poste de contrôle. Principe similaire au schéma ci-contre.

La position de cette ouverture accorde parfaitement les contraintes structurelles avec les contraintes programmatiques et spatiales : en effet, en étant le plus possible éloignée de la façade principale, plus particulièrement à l'angle avec le voile transversal qui ferme le volume, cette ouverture permet à la fois d'obtenir le meilleur point de vue pour contrôler l'arrivée des camions, et d'ouvrir l'espace sur l'extérieur.

Au contraire de rapports linéaires entre différentes pièces basés sur un seul plan, les poutres-voiles permettent d'obtenir un espace tridimensionnel générant des relations en diagonales entre les différents espaces. Ainsi, le poste de commande possède une double relation, en s'orientant d'une part sur l'espace fermé de la fosse contenu entre les épaisses parois du bunker où règne une atmosphère technique, et d'autre part en s'ouvrant sur le contexte. En évitant tout ajout d'élément superflu non maîtrisé,

la structure devient invisible, elle construit l'espace.

En évoquant massivité et solidité, le béton coulé en place renforce l'atmosphère brutale du bunker et de la fosse à décharge qui subissent l'accumulation incessante des déchets de la ville. Le socle apparaît comme une base solide surélevant et protégeant les installations techniques de la centrale. A l'inverse, la précision de l'assemblage des pièces préfabriquées de béton de l'ossature est en harmonie avec la « préciosité » des éléments techniques, sans perdre pour autant la distinction assumée entre machine et structure.







Conclusion

Dans la centrale énergétique de Berne, les architectes Graber Pulver ont emmené le projet au delà de son statut de machine technologique, en se basant sur une réflexion sur la structure.

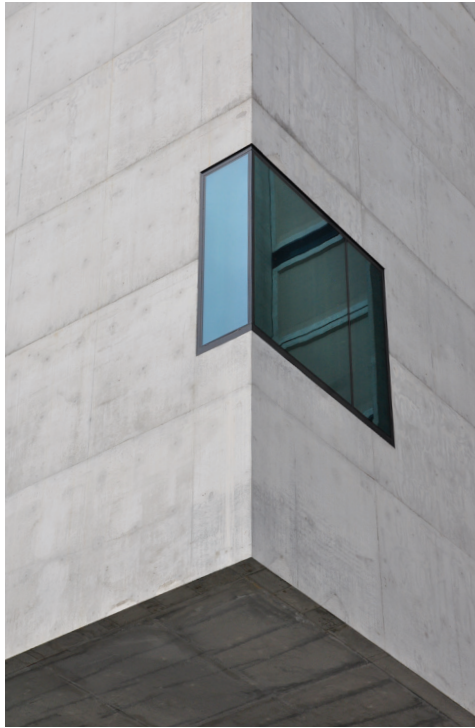
Ce projet intrigue par sa structure hybride de poteaux préfabriqués en béton et de voiles porteurs coulés en place.

L'adoption d'une ossature a permis au projet de résoudre des contraintes fonctionnelles et constructives, d'élaborer un projet durable, d'intégrer un programme complexe dans un ensemble unitaire, d'acquérir une dimension monumentale et publique, et d'établir une relation avec son contexte.

Dans une relation complémentaire, la structure monolithique en murs de béton a constitué un socle pour la centrale, permettant de résoudre des contraintes constructives liées au programme,

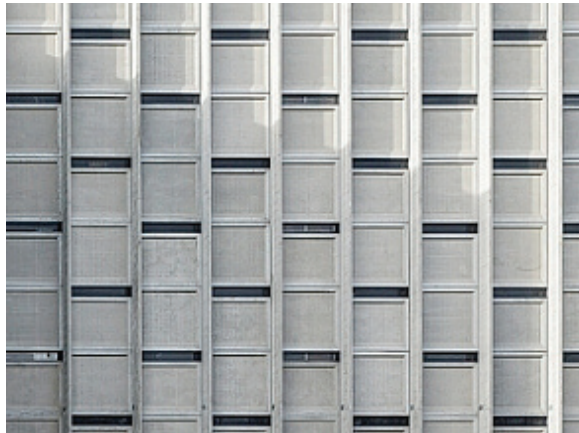
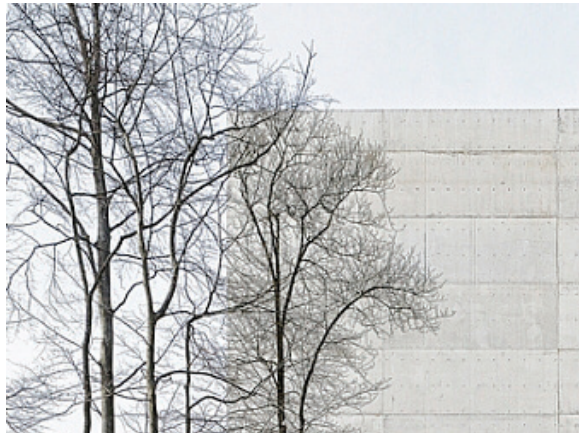
de s'affirmer en tant que colonne vertébrale pour le projet, de reconsidérer la place de l'homme au coeur de ce système technique entre machine et contexte, et de générer des spatialité fortes en parfaite osmose avec les contraintes techniques.

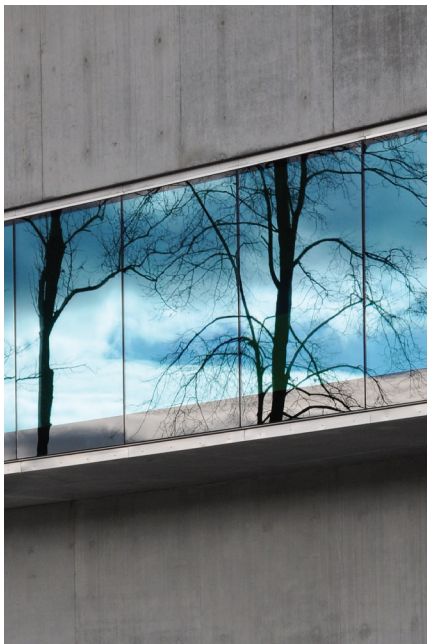
L'analyse a séparé ces deux structures dans un but de clarifier le propos, mais il est évident que l'une ne fonctionne pas sans l'autre. Les notions dégagées sur la fonction, l'espace, la forme et le contexte ne sont que le fruit de la complémentarité de ces deux structures. Ainsi, les poteaux verticaux disposés en série génèrent un rythme sur toute la longueur du bâtiment, qui est ensuite compensé par la présence du socle monolithique s'étirant horizontalement et se déformant en ses extrémités pour coiffer le bâtiment. Le socle unifie les différents éléments supérieurs et assure la transition avec le sol de la ville.



Ainsi, c'est en établissant des contrastes entre brutalité et préciosité, épaisseur et finesse, permanence et non permanence, horizontalité et verticalité, que les deux éléments du projet entretiennent une relation de réciprocité où l'un révèle la présence de l'autre. Sans ossature, la base de béton ne s'affirme plus en tant que socle.

La pensée constructive permet donc d'élaborer une réflexion claire sur la structure d'un projet. Elle n'est pas un but en soi, mais un moyen qui, dans le cadre de la centrale énergétique de Berne, a permis d'établir un lien entre technique et contexte, en produisant une infrastructure urbaine et territoriale.





Construire le paysage.

Réservoir d'eau Bruderholz. Berrel Berrel Krautler Architekten.



Le programme concerne la construction d'un réservoir d'eau pour la ville de Bâle. Le bureau d'architecture Berrel Berrel Kräutler Architekten a conçu, en 2008, un projet en relation forte avec le lieu dans lequel il s'inscrit. En effet, le site de Burderholz est un parc, avec de nombreux jeux d'enfants ainsi que des espaces pour les sports de balle. Il y avait donc une responsabilité architecturale importante dans le fait de devoir allier l'usage public de ces espaces à un programme de taille particulièrement importante.

Ce projet possède une certaine ambiguïté qu'il est intéressant de relever et d'essayer de comprendre. Le programme nécessitant une forte intervention dans le paysage, le parti pris fut celui de s'y intégrer et d'enterrer la citerne. Ne subsiste alors qu'un bâtiment s'apparentant à une sculpture mystérieuse aux formes géométriques abstraites, qui ne laisse rien transparaître de sa

fonction. Le paradoxe réside dans le fait que si, d'une part, le projet s'assume comme une forme géométrique implantée fortement dans la topographie du site, il est, d'autre part, majoritairement enterré. Il a tendance à se dissimuler presque complètement, pour devenir un promontoire planté. Cette double identité, d'affirmation/disparition dans le parc questionne le projet en tant qu'intervention dans le paysage : le projet parvient-il à dépasser son statut de construction technique mono fonctionnelle pour devenir une infrastructure paysagère ? Il s'agira de répondre à cette question en étudiant d'abord comment le réservoir d'eau s'affirme comme une forme abstraite en faisant partie intégrante du paysage, puis comment les architectes se sont saisis de la contrainte d'enterrement pour définir une nouvelle topographie dans le parc.



Une forme affirmée dans le parc

Une forme abstraite dans le parc

Le projet de réservoir nécessite deux organes principaux, la citerne à proprement parler et un espace technique permettant d'accéder à la citerne depuis l'extérieur. Si le premier est entièrement enterré et imperceptible, le second s'affirme comme un objet quasi-sculptural.

En effet, la partie émergente de la construction se dévoile sous une forme prismatique qui ne laisse rien transparaître de sa fonction. Tout tend vers l'abstraction la plus totale.

Tout d'abord, les architectes éliminent les éléments architecturaux tels que les murs, les portes ou les fenêtres. La peau du projet est composée d'un déroulé de panneaux ajourés de béton préfabriqué. L'homogénéité de cette peau et l'absence

de joint entre les panneaux brouillent la lecture des éléments architecturaux. Il n'y a pas de distinction entre la toiture et les murs, le retournement de la peau de béton sur les angles unifie ces éléments comme une seule figure facettée. Cette peau n'est ni une façade ni une toiture. Par ailleurs, ce projet n'a en fait pas de toit puisque le terrain naturel se prolonge jusqu'à mourir dans les panneaux ajourés en béton : le prolongement de la terre sur le bâtiment rend compte du fait que ce volume n'a pas de face supérieure.

De la même manière, les deux portes d'accès au réservoir sont dissimulées (en retrait par rapport à la façade) dans un plan continu de panneaux en cuivre s'étendant sur la quasi totalité de la largeur du bâtiment.

Ainsi, l'ouvrage se détache de son statut d'objet architectural



pour devenir un objet purement abstrait, et l'on perd la lecture même de sa fonction. Le résultat est donc une forme complète, ne prenant sens que comme un seul monolithe. Cette abstraction n'est pas une fin en soi, elle permet aux architectes de brouiller l'échelle « domestique » de l'objet purement technique, pour la dépasser et lui donner une dimension à l'échelle du parc. Les entrées du bâtiment, dissimulées derrière le pan de cuivre, ne sont pas perçues comme des portes d'accès technique standardisées percées au milieu d'un volume, mais comme un seul élément parcourant la largeur totale du volume et s'y différenciant par un retrait en façade. L'élément ouverture est inséré dans une échelle d'infrastructure.

L'abstraction de cet objet permet donc de régler des questions d'échelle. Le réservoir d'eau dépasse sa fonction technique pour devenir un élément constituant le paysage du parc.

Se dissimuler avec le temps pour une relation étroite avec le site.

La géométrie précise et anguleuse du volume, qui se confronte à la pente du talus, nous fait penser aux ouvrages d'autoroute de La Transjurane et leur forte inscription dans le paysage. Avec, en outre, une ambiguïté liée au fait que le réservoir, malgré la présence de son émergence, a tendance à se dissimuler dans le paysage, puisqu'il est en grande partie enterré.

Mais c'est aussi dans sa partie émergente qu'il est voué à se dissimuler voir se camoufler, progressivement, dans le paysage. La peau en béton préfabriqué est ancrée directement dans la terre. Les éléments qui la composent fonctionnent comme des claustras, il s'agit de grilles ajourées de béton dans lesquelles l'herbe peut pousser et où les plantes grimpantes ont la possibilité



S'enterrer pour construire le vide

de s'accrocher. Avec le temps, les parois de béton rappelleraient des murs en pierre sèche en partie envahis par la végétation. De la même manière, les panneaux verticaux en cuivre qui englobent l'entrée technique du réservoir s'oxydent progressivement avec les aléas du climat. Peu à peu, l'éclat du cuivre brut laisse place à une teinte brune mate, se rapprochant des couleurs plus naturelles du paysage environnant. Le contraste entre le béton des parois et la teinte vive du cuivre s'estompe, la perception d'un monolithe ancré dans le parc devient plus forte.

Il y a donc une ambiguïté intéressante dans ce projet, entre la présence de géométries claires qui démarquent sa volumétrie dans le parc et une tendance à le dissimuler.

Mais l'intervention du projet ne se limite pas à sa forme émergente,. La majeure partie étant enterrée, elle redéfinit une nouvelle topographie dans l'espace paysager. L'enterrement de la quasi-totalité du projet s'explique par ses contraintes programmatiques. En effet, un réservoir nécessite la création d'un grand volume opaque. Historiquement, beaucoup de réponses architecturales ont pris la forme de châteaux d'eau ou de citernes, enterrées ou non. Ici, le réservoir, prenant une position centrale dans le parc, se devait d'être enterré en grande partie en vue de son intégration dans le site pour former un espace public en fonction de celui-ci.

Cette solution de l'enterrement pose la question de l'impact du réservoir sur le site dans lequel il s'inscrit. La construction du réservoir requiert une importante excavation de terre. De cette façon, le réservoir de Bruderholz évoque le thème du déplacement



du matériau constituant le paysage, la terre. Une fois réalisée, la citerne est recouverte avec la terre issue des déblais. Tout comme dans le cas des oeuvres du land art, cette intervention de déplacement de matériaux est ainsi réalisée à l'aide du paysage lui-même et non par un apport extérieur de matière.

Bien entendu, l'enterrement du réservoir permet de diminuer la rupture dans le parc qu'aurait engendrée sa présence à l'air libre. Mais en aucun cas il ne s'agit de cacher cet objet ou de ne pas en assumer la présence (ce qui est pourtant le cas dans de nombreux réservoirs d'eau construits). En effet, les architectes auraient pu reconstituer au dessus du réservoir la topographie vallonnée du parc, pour rendre l'intervention totalement imperceptible. Au contraire, dans une démarche d'assumer l'intervention, ils saisissent cette contrainte d'enterrement comme l'opportunité de remodeler la topographie pour créer un nouveau paysage, un nouvel espace lié au parc.

Ainsi, le déplacement de terre au-dessus du réservoir génère une nouvelle topographie dans le site. Elle crée une vaste étendue plane dans un site initialement vallonné. Cette surface est délimitée en ses trois cotés par le talus formé de la rencontre entre la nouvelle et l'actuelle topographie du parc, et elle s'inscrit en continuité avec la surface (toiture) de la partie émergente du réservoir, celui-ci devenant un promontoire. L'enterrement du réservoir crée alors un vide au dessus de lui, un espace contenu qui permet à tout type d'activités de se produire (jeux de ballon, sport, flânerie, etc).

Il s'agit d'un vide qui parle d'une forme enterrée : la citerne est absente mais le vide créé accuse la présence de celle-ci, tout en étant un espace public et accessible. La création du réservoir entraîne de fait celle du site, engendrant ainsi une relation d'appartenance réciproque. Le site ne précède pas le projet, mais c'est le projet au contraire qui le constitue et lui donne son identité.



Conclusion

L'entrée technique d'un réservoir enterré apparaît souvent comme une émergence qui n'entretient aucun lien avec le site dans lequel elle s'insère.

Dans le réservoir d'eau de Bruderholz, les architectes dépassent la contrainte technique, en dessinant l'entrée du bâtiment en une géométrie abstraite lui donnant capacité de dialoguer à l'échelle du paysage.

Tout en l'assumant comme un objet indépendant, cette émergence établit une relation avec la nature, en se dissimulant progressivement au fur et à mesure que la végétation reprend ses droits.

Enfin, au lieu de simplement se cacher dans le parc, le projet imprime une nouvelle identité. En modifiant durablement sa

topographie, il définit de nouvelles pratiques et perceptions du site. Il s'agit de modifier un site pour mieux le donner à voir. Ainsi, au-delà de sa fonction technique, le réservoir d'eau de Bruderholz s'affirme comme une infrastructure paysagère.

Conclusion

Infrastructure, sujet d'architecture ?

Choix du sujet

Le choix de mon sujet est une réponse aux obsessions que j'ai développées pendant mes études d'architecture.

Première obsession, la relation entre structure et espace. Avec le questionnement structurel comme moyen de dépasser la fonction primaire constructive en vue de régler des problématiques spatiales, formelles, programmatiques et contextuelles.

Ainsi dans des recherches préliminaires, j'avais étudié des projets où cette question de structure avait une grande importance, sur des thèmes divers. Par exemple un poteau peut largement dépasser sa dimension purement structurelle fonctionnelle : en s'épaississant, il marque sa spatialité (poteaux de la médiathèque de Sendai de Toyo Ito, ou « colonnes de lumière » de Louis Kahn) ; par son dessin géométrique, il influence l'espace et clarifie le

rapport entre le bâtiment et son contexte (piliers de la faculté d'architecture de Sao Paulo, construite par Villanova Artigas, projets de Paulo Mendes Da Rocha). Autre exemple, le mur, à la fois élément structurant d'un bâtiment et paroi définissant l'espace (projets de Christian Kerez et Giuliani et Honger).

Deuxième obsession, le monde de la construction, le chantier, l'acte de bâtir. Ainsi les projets d'ingénieurs tels que ceux de Pier Luigi Nervi, Eugène Freyssinet et Edouardo Torroja m'intéressent vraiment car ils posent une relation directe entre la structure et l'espace généré. Plus particulièrement, je suis fasciné par les ponts de Robert Maillart. Par le dessin précis et élégant de leur structure, par la qualité de leur insertion dans le paysage, par les murs disposés entre l'arc et le tablier, dont le rôle premier est de rigidifier la structure, mais qui apportent une spatialité évidente, ces ponts acquièrent un véritable statut architectural.

Troisième obsession, l'alchimie qui naît de la fusion entre les composantes fonctionnelles et esthétiques d'un objet, quel qu'il soit.

Ainsi, la perspective de travailler à la rencontre entre question technique, pensée structurelle et architecture, s'est imposée à moi comme une évidence, et m'a naturellement guidé vers l'étude des infrastructures à forte dimension technique et fonctionnelle. Cela me semblait d'autant plus important que ces infrastructures ne sont pas encore conçues en général comme de véritables architectures.

Synthèse

Les différents projets étudiés ont montré comment l'architecte, en assumant, valorisant puis dépassant la problématique technique, permet de donner une dimension territoriale au projet d'infrastructure.

Dans la Transjurane, l'unité des ouvrages, grâce à la définition d'un langage commun et à une prise en compte systématique des différents points de vue de l'infrastructure, permet de créer une identité, non seulement pour l'infrastructure, mais aussi pour le territoire qu'elle traverse.

Avec la centrale énergétique de Berne, une réflexion poussée sur l'association de deux structures différentes (ossature et structure monolithique) permet de dépasser les contraintes techniques

pour donner un caractère unitaire au projet, lui conférant une dimension monumentale en relation avec le contexte urbain, reconsidérant la place de l'homme entre la machine et la ville, et générant des spatialités fortes et radicales.

Dans le centre d'exploitation de Pollegio, les architectes ont élaboré un projet qui surpasse la typologie classique de bureau pour lui donner une autre dimension, à la hauteur de sa fonction. Le centre d'exploitation devient un repère, un signal ferroviaire, un élément qui offre à voir le paysage.

Le réservoir d'eau Bruderholz imprime une nouvelle identité au parc dans lequel il s'insère au lieu de s'y cacher. En modifiant durablement la topographie du parc, il définit de nouvelles pratiques et perceptions du site. Au-delà de sa fonction technique, l'ouvrage s'affirme comme une infrastructure paysagère.

Enseignements

De ce travail, j'ai pu tirer de nombreux enseignements.

La forte dimension technique des infrastructures, si elle est génératrice de contraintes programmatiques importantes, elle ne constitue pas un frein à une conception architecturale. Au contraire, l'existence de contraintes techniques fortes, en limitant certains degrés de liberté de l'architecte, est une opportunité pour lui de se concentrer sur les questions fondamentales. Pour reprendre ce que j'ai écrit dans mon étude de la centrale énergétique, « L'architecte ne doit pas subir le projet, il doit savoir doser l'influence d'une technique omniprésente, en établissant un rapport d'équilibre entre les contraintes et les réflexions architecturales. Lorsque l'on peut trouver des qualités dans un espace dont la dimension fonctionnelle prédomine, il est

alors intéressant pour l'architecte de croire en cette dimension en la laissant guider certains aspects du projet, et équilibrer cette prédominance technique en se focalisant plutôt sur d'autres notions. ».

Ces projets de grandes dimensions sont prétextes à de nouveaux champs d'action pour l'architecte. Ils apportent des nouvelles potentialités spatiales marquées par une radicalité et une grandeur d'échelle que l'on ne peut exploiter dans des bâtiments courants. Par exemple, toujours en référence à l'usine énergétique et sa grande hauteur sous plafond, « Une grande ouverture à travers la sous-face du poste de commande génère une spatialité atypique en faisant jaillir une lumière provenant du dessous, et diffusée dans la salle par les parois de béton. ».

La projection d'une infrastructure, en comparaison à une

architecture « courante », requiert un saut d'échelle, un changement de mesure qui doit être maîtrisé. L'infrastructure n'est jamais un simple agrandissement d'un plus petit projet. En particulier, ce saut d'échelle appelle un traitement différent du détail, où une certaine « brutalité » doit être acceptée. Ainsi, en se rappelant l'étude de l'autoroute de la Transjurane, « les détails d'infrastructure ne doivent pas être traités pour autant comme des détails d'architecture : dessiner les détails d'une centrale de ventilation de la même façon que les détails d'une maison serait d'une grande incohérence au vu de l'échelle de l'autoroute ». Chaque échelle de construction possède son échelle de détail.

Aussi, l'échelle démesurée de l'infrastructure (par exemple l'autoroute ou la voie ferroviaire) ne permet pas de traiter tous les détails comme des cas uniques, autant pour des raisons économiques que techniques. De ce fait, l'architecte doit

élaborer des types capables d'être reproduits dans la globalité de l'infrastructure et de s'adapter aux différentes contraintes. Cette simplification du détail liée à sa répétition à travers une règle définie est pour l'architecte, au delà de la réduction des coûts et de la simplification technique qu'elle engendre, un moyen pour construire l'unité de l'infrastructure.

L'infrastructure ne doit pas être considérée comme un élément autonome, nuisible, qu'il faudrait dissimuler au maximum. Au contraire, la construction d'une infrastructure doit être assumée et ressentie comme l'opportunité de pouvoir aborder une réflexion plus large sur la ville et le territoire. Projeter l'infrastructure ne doit pas se limiter à l'objet lui-même mais doit laisser la possibilité de redessiner le contexte. Les architectes ne doivent pas manquer cette occasion unique de pouvoir participer à la construction du territoire et d'y laisser un témoignage constructif

et culturel contemporain.

La construction d'une infrastructure engage une multiplicité d'intervenants spécialistes. Le rôle de l'architecte devient alors de plus en plus fondamental, en tant que chef d'orchestre pouvant synthétiser l'ensemble des paramètres d'un projet, puisqu'il est le seul acteur à mener une réflexion globale, avec un certain recul.

On a vu l'opportunité d'une réflexion sur les rapports entre architecte et ingénieur. En particulier pour les types de projets étudiés, à composante technique très forte, le dialogue entre les deux acteurs est fondamental, et conditionne la réussite du projet.

Pour que ce dialogue fonctionne, il n'est bien entendu pas nécessaire que l'architecte possède les connaissances techniques

de l'ingénieur. Par contre, l'architecte doit être absolument familier des « ordres de grandeurs », et surtout disposer d'une véritable culture de l'ingénierie, en plus d'un intérêt pour la construction et le chantier. Réciproquement, l'ingénieur doit disposer d'une culture et d'une curiosité architecturale. Une partie considérable de la conception d'un projet, bien qu'elle soit invisible, consiste au travail fourni par les deux professions pour établir un langage commun qui donne la possibilité d'avancer dans un climat de confiance.

Dans la continuité de cet énoncé théorique, j'ai décidé de fixer mon projet de Master sur une infrastructure à forte dimension technique.

Il s'agira de dépasser celle-ci pour régler des problématiques spatiales, paysagères, territoriales, dans un dialogue privilégié avec les ingénieurs.

Bibliographie

Généralités

Campo Baeza A., *La idea construida - Penser l'architecture*, Editions de l'Espérou, Montpellier, 2010.

COSA MENTALE, *Penser la Structure*, in *Carnets d'Architecture et de Résistance #02*, Association Cosa Mentale, Paris, 2010.

Conzett J., Mostafavi M., *Structure as Space: Engineering and Architecture in the Works of Jnrg Conzett*, AA Publications, London, 2006.

Conzett J., *Parole à l'architecture*, Conférence, Centre Pompidou, Paris, 24 novembre 2014.

Daguerre M., Zannone Milan G., Pedrazzini A. (Hrsg.), *Ticino Guide. Architettura e Ingegneria*, Akademischen technischen Vereine, Zürich, 2015.

Flury A., Bund Schweizer Architekten BSA, (Hrsg.), *Zur Zusammenarbeit von Ingenieur und Architekt in der Schweiz*, Materialien zu den Symposien *Praxis und Wettbewerb* und *Lehre und Praxis*, Zürich, 2010.

Flury A., Architekturforum Zürich, (Hrsg.), *Dialog der Konstrukteure*, Niggli Verlag, Sungen, 2010.

Gargiani R. (dir.), *La Colonne. Nouvelle histoire de la construction*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2008.

Kerez C., in *L'Architecture d'Aujourd'hui #390 p42*, Archipress & Associés, Paris, 2012.

Lucan J., *Des colonnes, mais creuses : de Louis I. Kahn à Toyo Ito*, in Gargiani R. (dir.), *La colonne. Nouvelle histoire de la construction*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2008.

Lucan J., *Hypothèse pour une spatialité texturée*, in *Matières #9*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2008.

Marchand B., En résonance. *Notes amusées (et désabusées) à propos des colonnes de Siza*, in Gargiani R (dir.), *La colonne. Nouvelle histoire de la construction*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2008.

Muttoni A., *L'art des structures*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2ème édition mise à jour, 2015.

Pogacnik M., *Mies Van der Rohe et les métamorphoses de l'ordre*, in Gargiani R (dir.), *La colonne. Nouvelle histoire de la construction*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2008.

Snozzi L., *Leçons du Thoronet, le mur oublié*, MAV Paca, Marseille, 2009.

Snozzi L., *Parole à l'architecture*, Conférence, Centre Pompidou, Paris, 3 février 2014 .

Vacchini L., *Capolavori Chef-d'oeuvre*, Editions du Lintreau, Fermanville, 2006.

Campo Baeza A., *La idea construida - Pensar l'architecture*, Editions de Carloni T. (a cura di), Rino Tami, 50 anni di architettura, Fondazione Arturo e Margherita Lang, Lugano / Edizioni Casagrande, Bellinzona, 1984.

Transjurane

Carloni T. (a cura di), *Rino Tami, 50 anni di architettura*, Fondazione Arturo e Margherita Lang, Lugano / Edizioni Casagrande, Bellinzona, 1984.

Carrard P., Oechslin W., Ruchat-Roncati F. (Hrsg.), Rino Tami, *Segmente Heiner architektonischen Biographie*, Herausgegeben von Eidgenössische Technische Hochschule Zürich / Institut für Geschichte und Theorie der Architektur (gta), Zürich, 1992.

Carrara P. (Projekltg.), *Flora Ruchat-Roncati*, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich / Institut für Geschichte und Theorie der Architektur (gta), Zürich, 1998.

Collectif, *Les ouvrages d'art de la transjurane A16, un défi*, Publication

du Service des constructions et des domaines de la République et Canton du Jura, #8, décembre 2002.

Collectif, *Concours Transjurane N16 : quatre portails de tunnel*, in *Ingénieurs et architectes suisses #22*, SIA, Zürich, 1989.

Collectif, *Transjurane*, in *A16*, Bulletin Interjurassien d'Information, décembre 2013.

Collectif, *Tunnel de Bure*, in *A16*, Bulletin Interjurassien d'Information, novembre 2009.

Conzett J., *Landscape and Structures, a personal inventory*, photographed by Linsi M., Scheidegger & Spiess, Zürich, 2010.

Dionne C., *Une inscription franche dans le paysage*, in *Tracés #08*, Bulletin technique de la Suisse romande, 2007.

Ferrata C., *Viaggiando si fa la strada*, in *Archi*, 2010.

Leyrit C., Lassus B. (dir.), *Autoroute et paysages*, Les Editions du Demi-Cercle, Paris, 1994.

Marchand B., Steinmann M., Girard J.C., *Renato Salvi, architecte*, Infolion, Gollion, 2011.

Mialet F., Fouque V., *Voirie rapide urbaine et espace public : quelles liaisons ?*, in *Dossiers #115*, Collections du Certu, 2001.

Ruchat F., *Rino Tami et l'autoroute*, in *Anthos : une revue pour le paysage #3*, 1991.

Ruchat-Roncati F., Salvi R., *Portails de tunnel pour la Transjurane*, in *Ingénieurs et architectes suisses #24*, SIA, Zürich, 1991.

Renato Salvi Architecte, <http://www.salvi-archi.ch>

Salvi R., *La transjurane*, Conférence http://www.fai-ge.ch/arch/MA/3_structures/archsalvi.html, Maison de l'Architecture, Sion, 2011

Service des infrastructures du canton du Jura, *A16 information et communication*, <http://www.a16.ch>

Vonlanthen H., *La collaboration entre l'ingénieur et l'architecte pour les ouvrages d'art des autoroutes*, in *Numéro spécial d'architecture industrielle, fascicule no 2*, Bulletin de la Suisse romande, 1966.

Weiss H., *Construction des routes et protection du paysage*, in *Habitation*, revue trimestrielle de la section romande de l'Association Suisse pour l'Habitat, 1986.

Zastavni D., Wittevrongel B., *Entretiens avec Jürg Conzett*, UCL / Presses universitaires de Louvain, Louvain, 2004.

Centre d'exploitation

AlpTransit, <https://www.alptransit.ch/de/home>

Bruno Fioretti Marquez Architekten, <http://www.bfm-architekten.de/Office-D.html>

Weilacher U., Wullschleger P., *Guide Suisse de l'architecture du paysage*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2005.

Centrale énergétique

Collectif, *Centrale énergétique Forsthaus (EZF)*, in *Arc Award 2013*, édition spéciale de *Viso Architecture*, 2013.

Collectif, *Energiezentrale Bern*, in *TEC21*, mars 2013.

Graber Pulver Architekten, *Centrale elettrica Forsthaus, Berna : una nave nel bosco*, in *Archì*, juin 2015.

Graber Pulver Architekten, <http://graberpulver.ch>

Reble J. (Hsrg.), Kraftwerk im Wald, *Die Energiezentrale Forsthaus Bern*, Park Books, Zürich, 2013.

WatlGalmarini AG, <http://www.waltgalmarini.ch>

Réservoir d'eau

Berrel Berrel Kräutler Architekten, <http://www.bbk-architekten.ch>

Rozier A., Bonino R., *Infrastructure paysagère Réservoir Bruderholz, Bâle (BS), Suisse*, in *Matières en Devenir 2014*, EPFL Laboratoire de théorie et d'histoire 2, Lausanne, 2014.

Crédits photo

Transjurane

Salvi R : 30, 32, 34, 36, 40, 44, 46, 60, 62, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 76, 90, 108.

La Transjurane : 64, 78, 86, 88, 96, 102, 106, 112, 114, 115, 116, 118, 120.

Archivio del Moderno Mendrisio : 30, 34, 42, 48, 52, 74, 76, 82, 92, 94, 110, 111.

Carloni T : 48, 56.

Linsi M : 54, 74.

Dionne C : 30.

Centre d'exploitation

Rozier A : 130, 138, 142, 143, 146, 156, 158, 160.

Alptransit : 132, 134, 136, 138, 140.

Bruno Fioretti Marquez Architekten : 132, 144, 148.

Flora Ruchat Roncati : 136.

Binet H : 151.

Orch Fulvio Orsenigo : 146.

Chemollo A : 150.

Zanini Borlini : 152, 154.

Centrale énergétique

Graber Pulver Architekten : 168, 170, 172, 176, 178, 180, 182, 185, 188, 190, 196, 206.

Rozier A : 170, 174, 178, 180, 184, 185, 188, 192, 194, 194, 196, 208, 210, 212, 213.

Walt Galmarini AG : 169, 176.

Muttoni A : 198, 202, 204.

Réservoir d'eau

Berrel Berrel Krautler Architekten : 218, 220, 222, 226.

Rozier A : 224.

