

# 04/18 steeldoc

Téléphériques



## Au pied du barrage

### Maître de l'ouvrage

ewz, Service de l'électricité  
de la ville de Zurich

### Architectes

Alder Clavuot Nunzi Architekten GmbH  
ETH SIA, Soglio

### Ingénieurs

AF Toscano SA, Pontresina

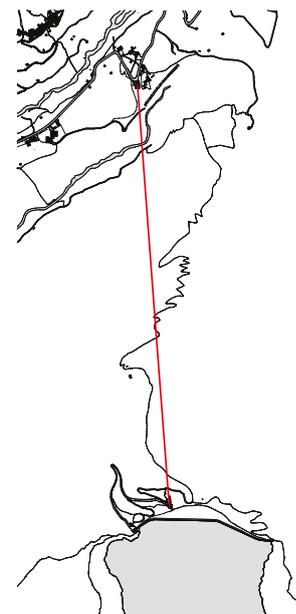
### Réalisation

2015–2016

**La seule liaison praticable par tout temps entre le fond de la vallée et le barrage d'Albigna, dans le Val Bregaglia, est à nouveau en service depuis l'été 2016. Le cabinet d'architectes Alder Clavuot Nunzi, le bureau d'études AF Toscano SA et Wetter Gruppe ont réalisé les stations inférieure et supérieure du nouveau téléphérique. Le langage architectural et le principe structural sont identiques ; toutes les fonctions sont regroupées sous une enveloppe d'acier et les nouvelles constructions, qui s'identifient clairement, s'insèrent parfaitement dans la topographie.**

Un premier téléphérique avait été construit en 1955 pour accéder au chantier du barrage d'Albigna, une retenue d'une capacité de 67 millions de mètres cubes – la plus haute en altitude des Grisons, après le Lago Bianco, au col de la Bernina. ewz, le Service de l'électricité de la ville de Zurich, qui exploite les usines hydroélectriques du Val Bregaglia ainsi que le téléphérique, y produit 490 GWh en moyenne annuelle. La ville de Zurich couvre environ un cinquième de ses besoins en électricité avec la production de cette région. Depuis l'achèvement du mur-poids en 1959 et jusqu'à son démontage début 2016, lors de la rénovation d'ensemble de l'installation, le téléphérique était utilisé pour les besoins du service du barrage et, pendant les mois d'été, pour amener les randonneurs et les touristes au sommet. Après 60 années d'exploitation, de nombreux éléments de l'installation nécessitaient une remise en état et devaient être changés. Le téléphérique ne répondait plus aux exigences de sécurité actuelles et la structure des stations existantes n'offrait aucune réserve de capacité portante pour supporter les charges supplémentaires apportées par un nouveau téléphérique. Ceci a conduit ewz à opter pour une rénovation complète, l'objectif étant de pouvoir à nouveau assurer dans la durée le transport des personnes et du matériel depuis le barrage ou vers celui-ci.

ewz a donc lancé un concours pour la conception des stations amont et aval, auquel la société d'exploitation a convié quatre cabinets d'architecture, dont



Situation, échelle 1:40 000.

trois du Val Bregaglia. C'est la jeune structure Alder Clavuot Nunzi Architekten, de Soglio, qui a remporté le concours. Les études techniques de la station inférieure et des fondations des pylônes du téléphérique ont été confiées au bureau d'études AF Toscano SA (auparavant Edy Toscano SA). Les études techniques de la station supérieure ont été confiées à Wetter Gruppe. La construction du téléphérique a été effectuée par Garaventa, qui a décroché le marché début 2013, à l'issue d'un appel d'offres ouvert.

### Construire sur l'existant

Le nouveau téléphérique est opérationnel 365 jours par an, 24 h sur 24 et, de mi-juin à mi-octobre, il est accessible aux touristes. Les nouvelles cabines, plus spacieuses, peuvent transporter, comme précédemment, jusqu'à huit personnes, ou jusqu'à 1,2 tonnes de matériel. Les moteurs plus performants mis en place permettent de franchir les quelque 900 m de dénivellation entre la station inférieure (à une altitude de 1202 m) et la station supérieure (à 2101 m) en 7,6 minutes. A pied, il faut environ deux heures de marche pour grimper jusqu'au barrage. Compte tenu de son utilisation à la fois pour le transport de personnes et pour le transport de matériel, le téléphérique est équipé d'un accouplement rapide développé spécialement, qui permet de passer très rapidement du transport de 5000 kg maximum de matériel à un transport de personnes. En ce qui concerne les deux nouvelles stations, elles parlent, formellement, un même langage

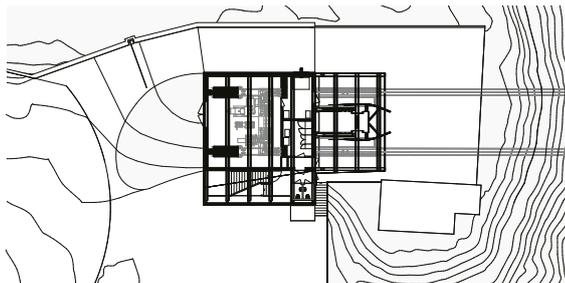


architectural, avec toutefois des différences dans l'expression. Toutes deux sont constituées d'un soubassement en béton surmonté d'une structure en acier. La construction métallique de la station aval apparaît comme une couverture légère, gonflée par des plis. Celle de la station amont fait plutôt l'effet d'une coiffe amidonnée fixée au socle.

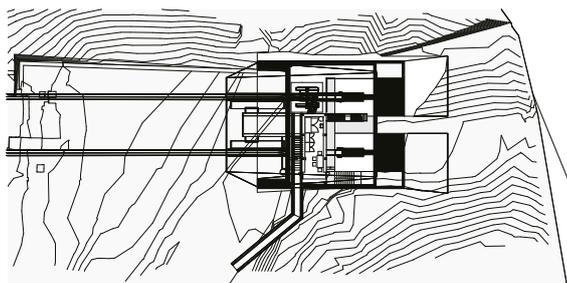
L'ancienne station aval, réalisée d'après les plans de Bruno Giacometti, un architecte régional de renom, et calculée par le bureau d'études Richard Coray, de Coire, était située dans un virage en épingle à cheveux de la route H3b au fond de la vallée. De l'ancien bâtiment, seul le niveau inférieur a été conservé. A peine reconnaissable, il sert de soubassement à la nouvelle installation, avec son couronnement en acier. Le cœur du nouveau bâtiment, en béton,

qui renferme la salle des machines, est enveloppé par une peau en tôle ondulée grise, fixée sur une structure métallique. Comme une couverture jetée sur le volume cubique du bâtiment, elle a été relevée sur les bords par les architectes pour y loger les accès et les locaux annexes. On entre sous ce dais par un escalier en béton qui se rétrécit à mesure que l'on monte et qui se termine par un ouvrage métallique. Entre la salle des machines en béton, massive, et l'enveloppe métallique, légère, s'ouvre un espace qui, comme le décrivent les architectes, évoque les étroites salles du barrage aux allures de cathédrale. La couverture métallique n'est perforée qu'au-dessus de l'entrée, sur une surface en triangle, pour faire pénétrer la lumière. Une ouverture vitrée, tournée vers la montagne, permet aux touristes de découvrir par anticipation le but de leur ascension.

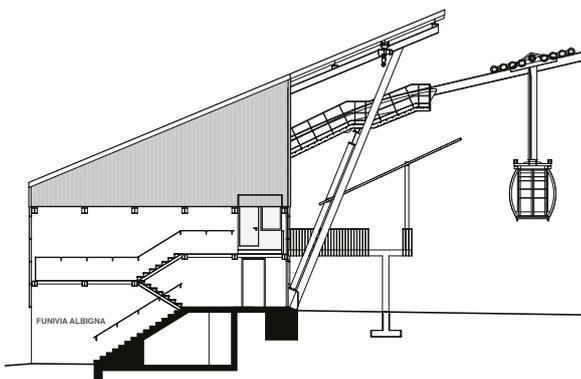
Contraste d'échelle : les deux randonneurs qui entrent dans la station amont du téléphérique d'Albigna paraissent minuscules, comparés à l'imposant barrage d'Albigna qui s'élève derrière eux. Le contraste est encore plus saisissant avec les imposants massifs montagneux qui forment l'arrière-scène.



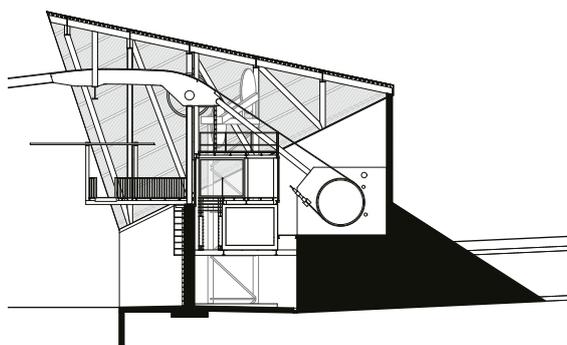
Gauche : plan au niveau du quai de la station inférieure, échelle 1:300.



Droite : plan au niveau de l'accès à la station supérieure, échelle 1:300.



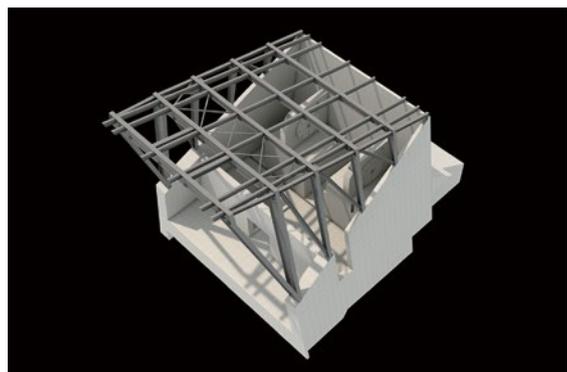
Gauche : coupe – station inférieure, échelle 1: 130.



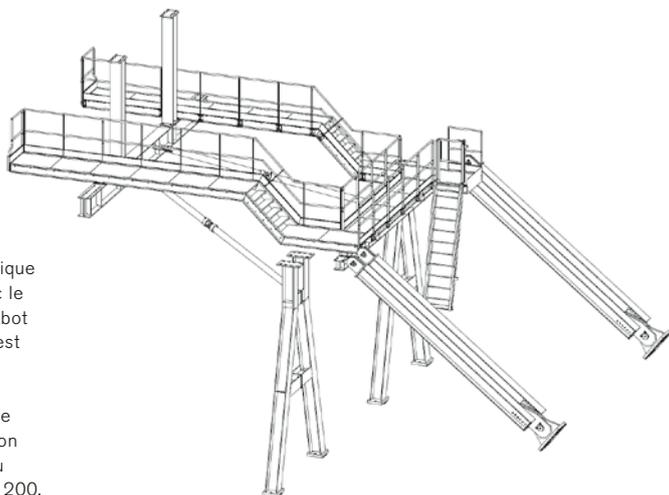
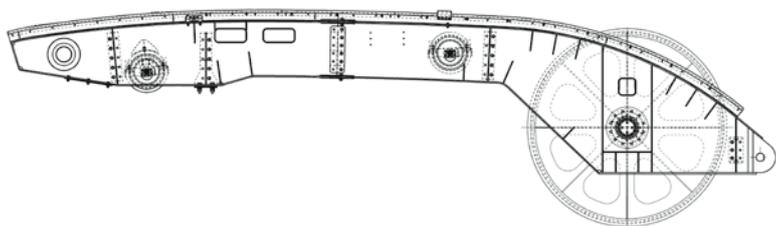
Droite : coupe – station supérieure, échelle 1: 130.



Gauche : modèle 3D de la station inférieure.



Droite : modèle 3D de la station supérieure.



Gauche : structure métallique de la station amont (avec le système supportant le sabot de la station; le sabot n'est pas représenté).

Droite : coupe du sabot de la station amont (déviation des câbles porteurs et du câble tracteur), échelle 1:200.

**Caractéristiques téléphérique :**

- Fabricant des cabines** CWA Constructions SA/Corp., Olten
- Fournisseur des câbles** Fatzer AG, Romanshorn
- Fournisseur du système de commande** Frey AG, Stans
- Téléphérique, étude, conception et réalisation** Garaventa AG, Rotkreuz
- Conseil technique** Histec engineering AG, Buochs
- Capacité des cabines** 8 personnes/1200 kg
- Longueur suivant la corde** 2440 m
- Dénivelé** 899 m
- Diamètre des câbles porteurs** 39 mm
- Diamètre du câble tracteur** 30 mm
- Vitesse de déplacement max.** 7,0 m/s
- Durée du parcours** 7,5 min
- Nombre de pylônes** 3
- Puissance du moteur** 192 kW



L'entrée de la station aval se glisse sous le dais de la couverture métallique.

La charpente métallique est constituée de poutrelles en H standard. La toiture, qui s'avance en porte-à-faux vers la montagne, est contreventée et repose sur deux poteaux inclinés en HEB 240, particulièrement élancés avec leurs quelque 15 m de long. Au niveau de l'entrée, des suspentes inclinées en HEB 260 sont fixées en tête au débord latéral des poutres de la toiture; elles s'appuient au pied ou à 2 m au-dessus du soubassement en béton. Les charges des câbles porteurs sont reportées dans le sol par des tommes, les fondations ayant été par ailleurs renforcées.

#### Partie prenante du mur

La station amont, 900 m plus haut et presque 2500 m plus loin, est le pendant de la station aval. A mesure que, suspendu dans les airs, on approche de la destination, le barrage gris d'Albigna devient de plus en plus grand et impressionnant. Par comparaison, la station semble minuscule, et la cabine carrément lilliputienne. Les architectes ont utilisé les mêmes moyens d'expression pour la station supérieure que pour la station inférieure, afin qu'elle en forme le juste pendant. Le soubassement en béton ancre le bâtiment dans la pente rocheuse et rappelle l'impressionnant mur-poids de l'Albigna. La nouvelle station étant implantée à l'écart de l'existante, la construction n'a pas eu besoin d'être phasée. La charpente est comparable, dans sa construction, à celle de la station inférieure. Ici aussi, un soubassement en

béton coulé en place reprend les efforts des câbles au moyen de tommes, évoquant de manière expressive le mur-poids qui s'élève juste à l'arrière. La construction présente la particularité d'utiliser l'espace entre les fondations des tommes comme nouvelle galerie d'accès menant directement au mur de la retenue. Comme pour la station inférieure, les architectes ont coiffé le soubassement en béton d'une construction en acier. Ouverte en direction de la vallée, elle remonte en s'amenuisant en direction du barrage pour mourir au niveau des poutres de la toiture. La cabine accoste sur un quai suspendu par des barres à la charpente, et qui passe sous les câbles pour aller directement à la salle des machines. Un escalier mène dans le ventre du soubassement; il ressort dans le paysage montagnard au pied du barrage par une ouverture pratiquée dans le mur latéral – dont le profil est l'inverse de celui de la coiffe en acier.

Le rapport nivologique imposait, pour cette situation exposée de haute montagne, une valeur caractéristique de la charge de neige de 13,2 kN/m<sup>2</sup> et la prise en compte de la neige suspendue en débord de la toiture en porte-à-faux. Un ensemble de portiques principalement articulés en pied, rigide en flexion, avec des montants dont la section s'amenuise vers le bas, transmet les efforts élevés dans les murs en béton. La hauteur de ceux-ci atteint 12 m au point le plus haut. Le portique de l'entrée est encastré en pied.



Avant de redescendre dans la vallée, on peut goûter une dernière fois le spectacle impressionnant de la montagne.

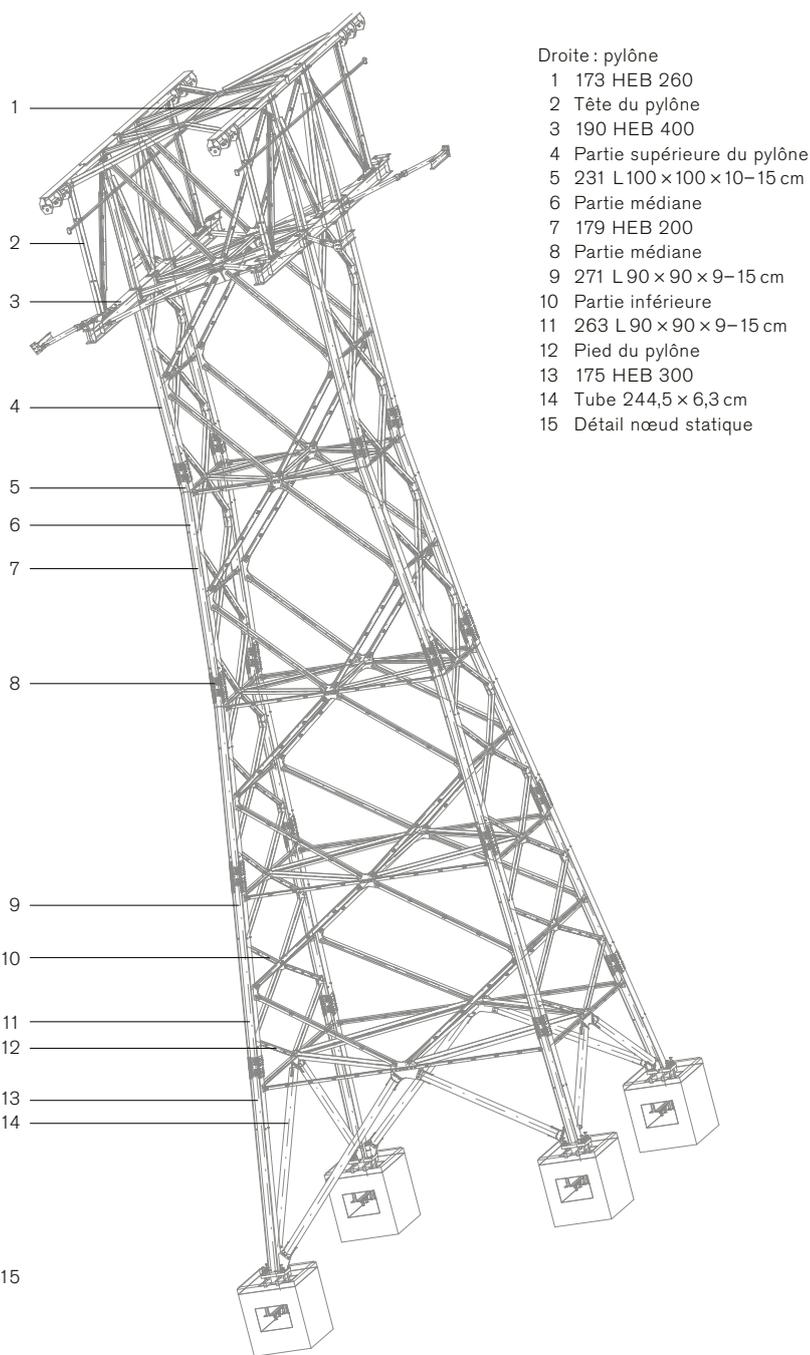
### Un ensemble en tension

Trois pylônes ont été nécessaires pour supporter la ligne du nouveau téléphérique entre les deux stations. Les quatre pieds des pylônes sont ancrés dans des encuvements parfaitement dimensionnés pour loger les dispositifs d'ancrage et bétonnés une fois ceux-ci en place. Les quatre points d'appui de chaque pylône sont disposés de manière à pouvoir, pour certains, s'appuyer sur une même fondation. Les efforts tranchants en pied de pylône ont ainsi pu se compenser à l'intérieur des fondations, ce qui a un effet favorable sur la justification au renversement et au glissement. Le pylône n° 1 est situé dans une pente abrupte, difficilement accessible, à proximité immédiate d'une zone de protection de captage. Les ingénieurs ont par conséquent opté pour une construction compacte, réduisant au maximum les terrassements. Le volume de béton nécessaire augmente facilement dans le cas d'une construction plus ramassée, mais un terrain escarpé permet de penter le fond de fouille et de limiter ainsi les terrassements. Ceci n'a toutefois pas d'incidence sur les efforts à reprendre (qui sont ceux du téléphérique).

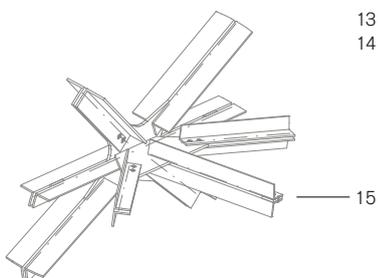
Pour maintenir le plus longtemps possible l'ancien téléphérique en fonction et l'utiliser pour transporter les

matériaux de construction – pour la station amont et pour les fondations des pylônes –, et pour, après la démolition de la station aval, limiter au maximum la durée de construction du nouveau bâtiment, on a tout d'abord construit la fondation de la tomme gauche, située à l'extérieur de l'ancienne station. La partie de bâtiment attenante et la fondation de la tomme droite, située en partie sur la fosse du contrepoids existante, ont pu être réalisées après le démontage des installations techniques de l'ancien téléphérique et la démolition de l'ancienne station inférieure. Au final, certaines parties de la station supérieure ont dû toutefois être hélicoptérées, opérations pour lesquelles on a utilisé un hélicoptère d'une capacité de levage de 5 t.

Bien que le contexte des deux nouvelles stations du téléphérique ait été différent tant du point de vue de la géographie que de l'exploitation ou encore des impératifs techniques de fonctionnement de la remontée, les architectes et les ingénieurs sont parvenus, en harmonisant forme et matériaux, à donner une cohérence à ces deux nouvelles constructions. Le téléphérique a ainsi désormais une image de marque valorisante, au cœur du paysage montagnard du Val Bregaglia.



- Droite : pylône
- 1 173 HEB 260
  - 2 Tête du pylône
  - 3 190 HEB 400
  - 4 Partie supérieure du pylône
  - 5 231 L 100 × 100 × 10–15 cm
  - 6 Partie médiane
  - 7 179 HEB 200
  - 8 Partie médiane
  - 9 271 L 90 × 90 × 9–15 cm
  - 10 Partie inférieure
  - 11 263 L 90 × 90 × 9–15 cm
  - 12 Pied du pylône
  - 13 175 HEB 300
  - 14 Tube 244,5 × 6,3 cm
  - 15 Détail nœud statique



**Caractéristiques bâtiment de la gare :**

**Projet** Reconstruction du téléphérique d'Albigna

**Lieu** Pranzaira GR

**Maître de l'ouvrage** ewz, Service d'électricité de la ville de Zurich

**Architectes** Alder Clavuot Nunzi Architekten GmbH  
ETH SIA, Soglio

**Ingénieurs** AF Toscano AG, Pontresina

**Physique du bâtiment** Martin Kant, Coire

**Entreprise de construction métallique** Station aval :  
Toscano Stahlbau AG, Cazis ; station amont : Wetter AG, Stetten

**Principe de construction** Structure en béton armé  
(soubassement / fondations des tommes) et acier ;  
habillage bandes de tôle ondulée

**Préfabrication, montage** Charpente métallique  
préparée en atelier

**Nuances d'acier** IPE et HEB : S235JR ; profils creux :  
S355J2H ; station amont : IPE / HEB / HEBT / HEA /  
cornières / plats : S235JR / S355J0 ; UPE / profils creux :  
S355J2H

**Poids** Station aval : 45,5 t ; station amont : 78,5 t

**Système porteur** Station aval : structure suspendue  
et appuyée horizontalement au niveau de l'accès ; auvent  
en porte-à-faux avec appuis inclinés ; station amont :  
ensemble de portiques rigides en flexion dans le sens  
transversal ; portique principal encastré en pied ;  
quai d'embarquement intérieur suspendu.

**Surface brute de plancher** Station aval : 375 m<sup>2</sup> ; station  
amont : 624 m<sup>2</sup>

**Surface utile** Station aval : 263 m<sup>2</sup> ; station amont : 258 m<sup>2</sup>

**Dimensions** Station aval : L × B × H = 19,7 × 14,5 × 14 m ;  
station amont : L × B × H = 19 × 16 × 12 m

**Volume** Station aval : 2072 m<sup>3</sup> ; station amont : 2936 m<sup>3</sup>

**Usage** Téléphérique de service (accessoirement :  
transport des touristes)

**Coût total** CFC 1–9 : 5,2 Mio CHF (sans les équipements  
techniques du téléphérique)

**Durée des travaux** 18 mois

**Achèvement** Juin 2016

**Protection incendie** Compartimentage

