

nihil difficile volenti



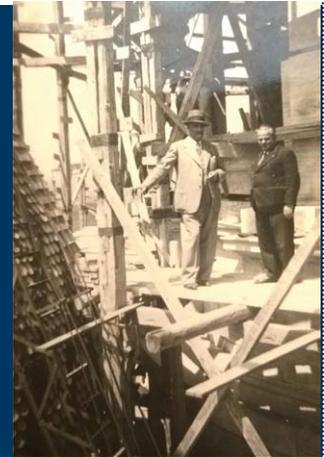


nihil difficile volenti

L'entreprise The Company	5
Canalisation électrique Electric power line	7
Tunnels routiers sur la RN106 "Ionienne" Road tunnels on national road SS106 "Jonica"	13
Assainissement structural et adaptation fonctionnelle des silos à céréales verticaux sur le môle du levant du port de Torre Annunziata (Naples) Structural rehabilitation and functional adjustment of the vertical silos for the cereals on the east pier of Torre Annunziata (Naples) harbour	17
Métro de Naples - Ligne 1 Naples Underground - Line 1	21
Parc de stationnement Morelli à Naples Morelli Car Park in Naples	31
Prolongement de la Ligne A du Métro de Rome Extension of Rome Underground Line A	35
Travaux de construction du métro de Rome - Ligne C Excavation works for the Rome Underground - Line C	41
Variante di Valico Variante di Valico	47
Grande Vitesse High-Speed Railway Lines	51
Métro de Gênes tronçon De Ferrari - Brignole Genoa Underground: De Ferrari - Brignole section	59
Parc de stationnement souterrain Park San Giusto à Trieste San Giusto Underground Car Park in Trieste	67
Métro automatique de Turin Automatic Turin Underground	73
Métro de Varsovie - LIGNE II Warsaw Underground - LINE II	77
Métro de Copenhague Copenhagen Underground	85

L'entreprise

The Company



Fondée en 1986, Cipa SpA s'est forgé une culture d'ingénierie forte d'un patrimoine de connaissances, d'outillages, mais surtout de ressources humaines spécialisées.

Inscrite parmi les 100 premières entreprises de construction italiennes par volume d'affaires, elle se classe également parmi les cinq premières du marché italien dans la spécialisation des travaux en sous-sol.

Elle peut se vanter d'avoir participé à la construction de tous les métros d'Italie et de plusieurs capitales d'Europe, avec certains ouvrages encore en cours d'exécution.

Ses activités portent sur le creusement de tunnels et de puits, la construction de fondations spéciales, de soutènements, de parcs de stationnement souterrains et en béton armé.

Depuis 1986... ENGOUEMENT ET ZÈLE.

Founded in 1986 and boasting a century-old engineering culture, Cipa SpA is a company with a wealth of knowledge and equipment, and of specialized human resources above all.

It is one of Italy's leading construction firms in terms of turnover, and, in the speciality of underground works, it is ranked among the top five on the Italian market.

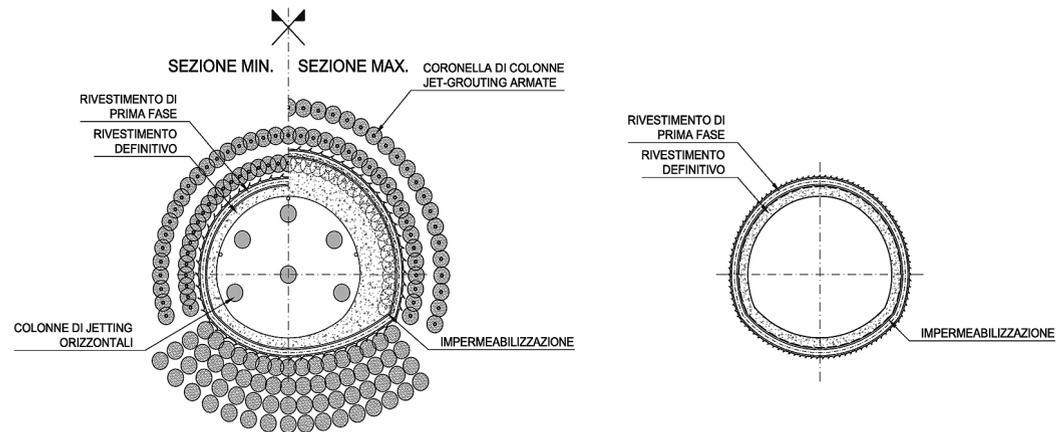
It has marked its presence – both in the past and in those places where work is still in progress – in all the undergrounds in Italy, and in some European capitals as well.

It builds tunnels, shafts, special foundations, consolidation works, underground car parks, and reinforced concretes.

Since 1986..... PASSION AND DEDICATION.

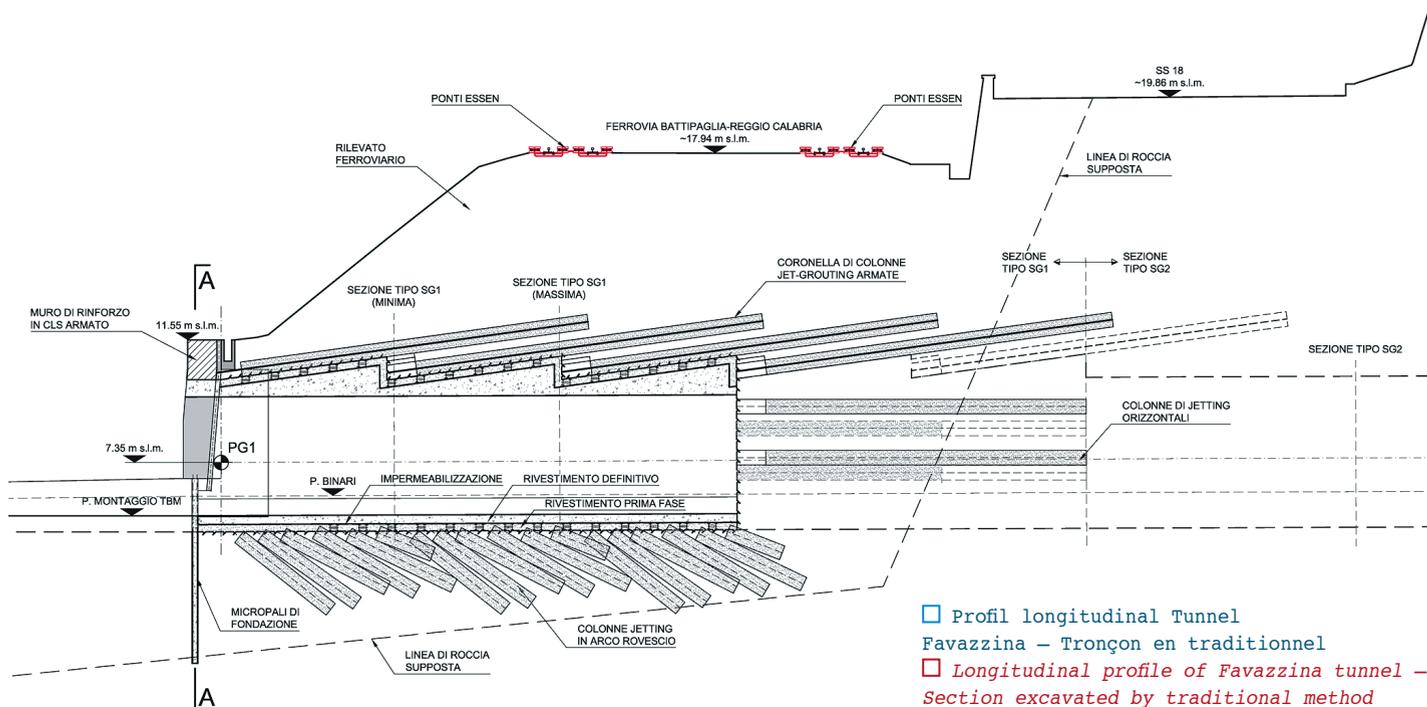
- Section-type SG1
- Section type SG1

- Section-type SG2
- Section type SG2



Les ouvrages du projet consistent principalement en un tunnel subhorizontal de 2842 m de longueur, creusé à trou borgne, et en un puits vertical de plus de 300 m de profondeur. Ils permettront d'amener les câbles de l'accostage marin de Favazzina à la Station électrique de Scilla, placée au niveau approximatif de 630 m au-dessus du niveau de la mer. Le premier tronçon de tunnel, d'une longueur de 100 m, est creusé en traditionnel pour permettre d'introduire une partie du tunnelier et de franchir le passage ferroviaire et routier inférieur ainsi que le premier tronçon plus superficiel de roche déconsolidée et altérée. Dans cet ouvrage, CIPA participe à la réalisation des 100 premiers mètres du tunnel Favazzina par une excavation en traditionnel, le puits vertical (prérevêtement et revêtement définitif) et le raccordement au tunnel.

ately 500 metres in length, roughly perpendicular to the coastline, then with a large curve to the right (R=500 m) which runs for about 630 m in length on plan, and lastly with a straight section for about 1,710 metres in length until crossing the shaft. The tunnel crosses, for almost its entire length, the crystalline/meta-morphic base of the Calabrian arch. Only in approximately the first 30-40 metres starting from the entrance on the Favazzina coastline, the tunnel was excavated in the loose ground that constitutes the railway embankment of the Battipaglia-Reggio Calabria line and the embankment of national road S.S.18. Along this section, the tunnel is excavated with section type SG1, i.e. truncated cone section, with pre-consolidation at the edge of the cav-



- Profil longitudinal Tunnel Favazzina - Tronçon en traditionnel
- Longitudinal profile of Favazzina tunnel - Section excavated by traditional method



Installation du chantier Melia - Pont roulant
 Installation of Melia work site - Crane



Installation du chantier Melia - Plate-forme de service
 Installation of Melia work site - Service platform

Tunnel subhorizontal - Favazzina

La tête du tunnel subhorizontal se situe à proximité de la plage de Favazzina. Sur le plan, le tracé couvre un premier tronçon rectiligne d'env. 500 m de longueur, plus ou moins perpendiculaire à la ligne de la côte, une grande courbe dans le sens des aiguilles d'une montre (R=500 m), d'env. 630 m de développement sur plan, et un tronçon rectiligne d'env. 1710 m de longueur, qui va intercepter le puits.

Le tunnel traverse le socle cristallin et métamorphique de l'Arc calabrien sur la quasi-totalité de sa longueur. Ce n'est que dans les 30-40 premiers mètres à partir de la tête du tunnel sur le littoral de Favazzina qu'il a été creusé dans des terrains meubles formant le remblai ferroviaire de la ligne Battipaglia-Reggio de Calabre et le remblai routier de la RN 18. Sur ce tronçon, il est creusé avec une section-type SG1, c'est-à-dire une section tronconique avec préconsolidation au contour de l'excavation, formée d'une couronne de jet grouting armé avec enfilages métalliques, un soutènement du front et un radier en souterrain avec du jet grouting uniquement.

Pour ce tronçon, l'excavation a été pratiquée en pleine section et au moyen d'engins mécaniques sans recours à l'explosif avec des fonds d'env. 1,00 m, pour permettre la pose immédiate du prérevêtement en cintres métalliques et béton projeté.

Pour le reste du tronçon, en l'occurrence 60-70 mètres, l'on a choisi la section-type SG2, c'est-à-dire un tunnel à section courante sans soutènement creusé à l'explosif, abstraction faite du prérevêtement avec des cintres et du béton projeté.

Le revêtement définitif, après pose de l'imperméabilisation, a été réalisé en deux phases principales, la première dans les 30-40 premiers mètres pour compléter la section SG1, et le reste après avoir atteint 100 m d'excavation correspondant à l'achèvement de la section SG2.

ity consisting of a ring of jet-grouting reinforced with steel forepoling, and consolidation of the face and in invert with jet grouting alone.

For this section the excavation was carried out in full section, by mechanical equipment using no explosives with feed of approximately 1.00 metre, to permit the immediate installation of the pre-lining consisting of steel ribs and shotcrete.

For the remaining section, which is to say 60-70 metres, section type SG2, which is to say tunnel in current section, was adopted, without consolidation, excavated by explosive, without prejudice to the pre-lining with ribs and shotcrete.

The final lining, after the waterproofing was put in place, was done in two main phases, the first in the first 30-40 metres completing section SG1 and the rest upon reaching 100 metres of excavation, corresponding to the completion of section SG2.

Vertical shaft

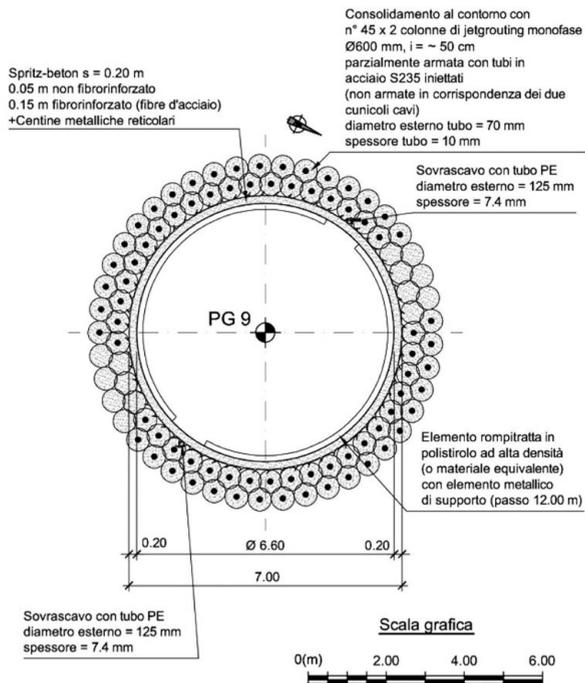
The vertical shaft starts inside the Melia electric power station, owned by TERNA, and joins the tunnel described above.

The excavation of the shaft, marked by a depth of 300 metres and an excavation diameter of approximately 7 m, was done by traditional method from top to bottom, with maximum feeds equal to approximately 2.00 metres, enabling the immediate installation of the pre-lining consisting of reticular ribs, 100/20/30/10, placed at a pitch from 1.00 m to 0.50 m in correspondence with the connection chamber described below, and shotcrete with welded wire mesh for a total pre-lining thickness of 0.20 m.

The water bailing system used consists of dual pumps in series, housed in the niches made for this purpose in the shaft about every 50 metres and was sized to handle inrush in volumes of up to 40 litres/second.

The shaft's activities were begun in April 2012 with the building at its entrance of a concrete collar with mixed steel/VTR reinforcement.

The excavation continued in correspondence with the initial section in sand, for about 60 m with section type SP1, which called for pre-consolidation of the edge of the excavation using two jet-grouting rings



- Section-type SP1
- Section type SP1

Puits vertical

Le puits vertical part de l'intérieur de la Station électrique de Melia, propriété de TERNA, pour rejoindre le tunnel décrit ci-dessus.

L'excavation du puits, caractérisée par une hauteur de 300 mètres et un diamètre d'excavation d'env. 7 m, a été réalisée en traditionnel, du haut vers le bas, avec des fonds maximum d'env. 2,00 m pour permettre la pose immédiate du prérevêtement en cintres réticulés 100/20/30/10, placés à un empattement de 1,00 m jusqu'à 0,50 m de la chambre de raccordement décrite par la suite, et en béton projeté armé de grillage électrosoudé, sur une épaisseur totale du prérevêtement de 0,20 m.

Le système d'écoulement des eaux comprend des pompes doubles en série logées dans les niches prévues à cet effet tous les 50 m à l'intérieur du puits. Ses dimensions ont été calculées pour faire face aux venues d'un débit de 40 litres/seconde.

Les travaux du puits ont débuté en avril 2012 par la réalisation d'un collier en béton avec une armature mixte acier/VTR à l'entrée.

L'excavation s'est poursuivie à hauteur du premier tronçon en sable d'environ 60 m, par la section-type SP1 prévoyant le présoutènement du pourtour de l'excavation au moyen de deux couronnes de jet grouting partiellement armées avec enfilages métalliques.

Puisque le tronçon initial touchait des terrains formés de sables faiblement cimentés, le recours à l'explosif n'a pas été nécessaire. Cette section-type a été retenue jusqu'à la profondeur d'environ 80 m.

L'excavation du puits s'est poursuivie au-delà de 80 m avec de l'explosif (SP2). Les charges ont été placées dans des trous réalisés par un Jumbo



- Section-type SP1 en phase de réalisation d'une profondeur inférieure à 60 m
- Section type SP1 in construction phase, depth <60 m

partially reinforced with steel forepoling.

Since the initial section involved soil consisting of weakly cemented sands, it was possible to conduct the excavation without using explosives, while adopting this section type to a depth of approximately 80 metres.

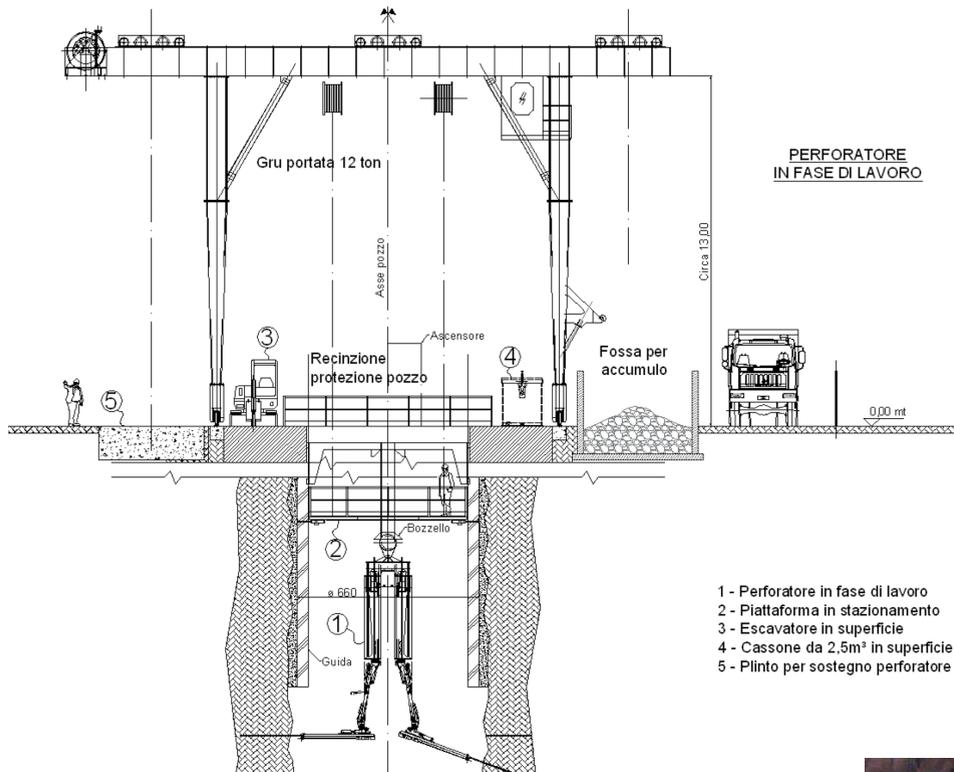
The shaft's excavation continued after 80 metres with the use of explosives (SP2), with the drill and blast method by a Jumbo with two hydraulic drifters.

Furthermore, section type SP2 calls for a permanent drainage system and the use of inter-tie elements embedded within the final lining.

A crane was used to pull up and down the equipment to be employed

- Section-type SP2 en phase de réalisation d'une profondeur supérieure à 60 m
- Section type SP2 in construction phase, depth >60 m





- 1 - Perforatore in fase di lavoro
- 2 - Piattaforma in stazionamento
- 3 - Escavatore in superficie
- 4 - Cassone da 2.5m² in superficie
- 5 - Plinto per sostegno perforatore



Phase d'excavation section-type SP2
 Phase of excavation of section type SP2

muni de deux foreuses hydrauliques.

La section-type SP2 prévoit également un système de drainage permanent et l'emploi de linçours plongés dans le revêtement définitif.

Un pont roulant a permis le levage et la descente de l'outillage destiné à l'excavation et des matériaux servant aux différentes étapes de travail. Il a également permis la manutention de la plate-forme métallique nécessaire aux travaux.

L'excavation du puits s'est achevée en octobre 2013.

Raccordement du tunnel et du puits

Les derniers mètres d'excavation du puits ont été le théâtre des activités préparatoires à la réalisation du raccordement avec le tunnel. Il s'est agi en l'occurrence de:

- un anneau de renforcement en béton armé,
- une continuation de l'excavation du puits et de la mise sous sécurité des parois d'excavation,
- l'excavation et la consolidation du tunnel (SG3) formant la chambre de raccordement,
- la réalisation d'un voile en béton armé avec VTR contre lequel le tunnelier achève le travail d'excavation,
- le jet de base en b.a. où aura lieu la translation du tunnelier,
- la construction de deux piliers en b.a. (curvilignes) au-dessous de l'anneau de renforcement,



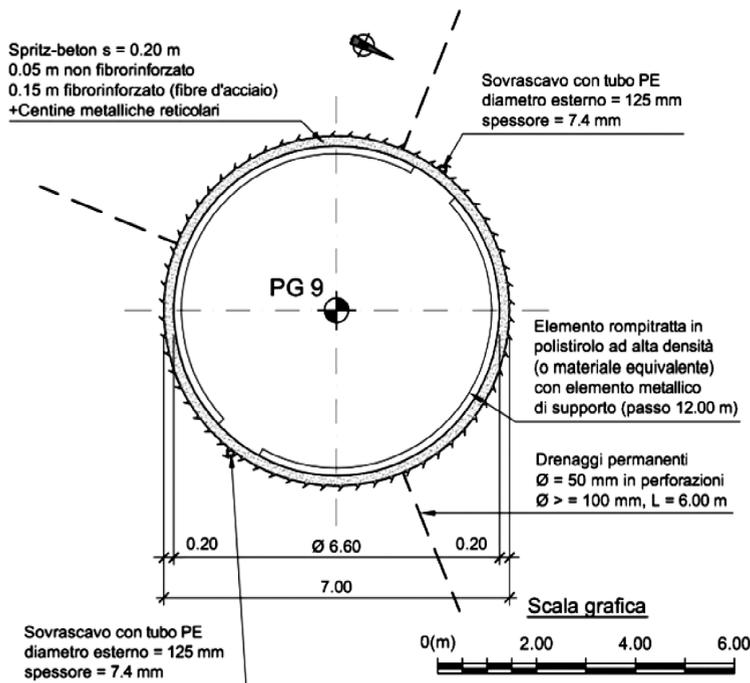
in the excavation and the materials to be used in the various working phases, as well as allowing it to handle the metal platform at the service of the working operations.

The shaft excavation was completed in October 2013.

Tunnel-shaft connection

In the final metres of the shaft's excavation, the activities prerequisite for building the connection with the tunnel, as described below, were carried out:

- Reinforced concrete reinforcement ring;
- Continuation of the shaft excavation and securing of the excavation walls;



- Section-type SP2
- Section type SP2

• la pose du revêtement définitif du tunnel de raccordement.
 Les travaux du tunnel (SG3) sont en cours d'exécution à ce jour. Le revêtement définitif du puits sera réalisé en béton renforcé de fibres et se caractérisera par des déconnexions structurales au moyen de linçoirs en polystyrène à haute densité.
 Le jet du revêtement définitif, de l'épaisseur de 35 cm, aura lieu en remontée par le recours à un coffrage glissant en continu, en laissant les barres à vérin plongées dans le revêtement; la production prévue est de 5 m/j. ■

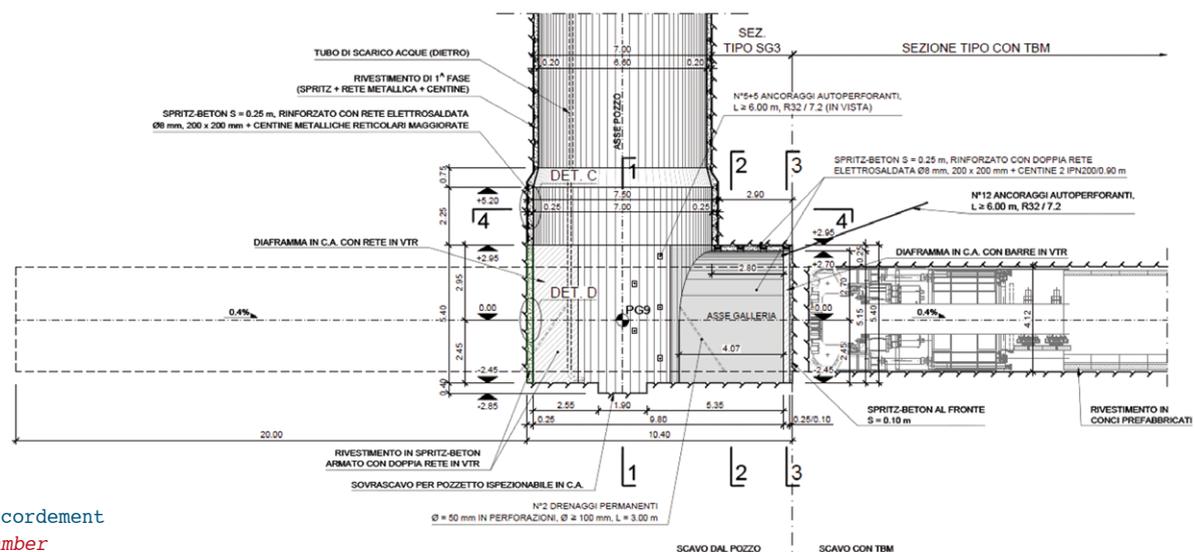
- Excavation and consolidation of the tunnel (SG3) constituting the connection chamber;
- Building of a diaphragm in reinforced concrete with VTR, against which the TBM completes the excavation work;
- Basic casting of reinforced concrete where the TBM will be transported;
- Construction of two piers in reinforced concrete (curved) beneath the reinforcement ring;
- Installation of the final lining of the connection tunnel.

To date, the activities for the tunnel (SG3) are in progress; however, the construction of the shaft's final lining, planned in fibre-reinforced concrete, will be marked by structural disconnections done with intertie elements in high-density polystyrene.

The casting of the final lining equal to 35 cm will take place in re-ascending with the aid of a continuously sliding formwork, leaving the climbing bars immersed in the lining. Planned production is 5 m/d. ■

SEZIONE LONGITUDINALE RACCORDO

(1:100)



- Chambre de raccordement
- Connection chamber

Tunnels routiers sur la RN106 "Ionienne"

Road tunnels on national road SS106 "Jonica"



Le front de taille
The face

Têtes du tunnel Sellara
Sellara tunnel entrances

En 2007, nous avons entamé les travaux de construction des tunnels Girella et Sellara, comprenant le viaduc Varrea à l'entrée nord du Girella. Ces deux tunnels routiers sont à double pertuis.

La chaussée nord du tunnel percé Sellara mesure 704,89 mètres de longueur et sa chaussée sud, 712,66 mètres, avec deux passages piétonniers de 18,61 m² de section d'excavation.

Le tunnel percé Girella mesure 386,80 mètres de longueur dans sa chaussée nord et 393,43 mètres dans sa chaus-





- Pose de béton projeté à prise rapide à l'aide d'un engin robotisé
- Shotcrete using robotic equipment



- Phase d'excavation avec excavateur muni de rippeurs
- Excavation phase by ripper

In 2007, we started work for the construction of the Girella and Sellara tunnels, including the Varrea viaduct at the north entrance of the Girella tunnel. Both tunnels are double-tubed.

The Sellara bored tunnel measures 704.89 metres in length for the north track, and 712.66 metres for the south track, with two pedestrian bypasses with an excavation cross-section of 18.61 m².

The Girella bored tunnel measures 386.80 metres in length for the north track and 393.43 metres for the south track, with a pedestrian bypass with the same excavation cross-section as the Sellara tunnel.

- Fête de Santa Barbara dans le tunnel
- Celebration of St. Barbara in the tunnel



- Piles du viaduc Varrea
- Varrea viaduct piers





Phase de coulée du coffrage
Casting the formwork



Évaseement dans le tunnel Girella
Widening in Girella tunnel



Abattage du dernier voile
Breakthrough



sée sud, avec un passage piétonnier de même section que celui de Sellara.

Le viaduc Varrea atteint 320 mètres de long avec deux chaussées séparées. L'avancement a lieu principalement en section courante avec des champs d'enfilage aux têtes. Nous avons ensuite entamé les travaux des tunnels "Fiasco" à double pertuis, de la longueur respective de 521 et 483 mètres y compris le passage piétonnier, "Limbria" à double pertuis, de 385 et 403 mètres de longueur, et "Trigoni". Pour les deux derniers, nous n'avons construit qu'un demi-tronçon des deux tubes, mesurant chacun au total quelque 840 mètres de longueur, y compris le passage piétonnier. ■

The Varrea viaduct is about 320 metres long, with two separate carriageways. Heading is prevalently by common excavation cross subsection, using forepoling at the entrances.

We then began work on the tunnels; the "Fiasco" tunnel with double tubes, respectively 521 and 483 metres in length, including the pedestrian bypass; the "Limbria" tunnel, with double tubes, respectively 385 and 403 metres in length, and the "Trigoni" tunnel. Of the last two, we have built the half section of both tubes, which measure a total of about 840 metres in length each, including the extant pedestrian bypass.. ■



Assainissement structural et adaptation fonctionnelle des silos à céréales verticaux sur le môle du levant du port de Torre Annunziata (Naples)

Structural rehabilitation and functional adjustment of the vertical silos for the cereals on the east pier of Torre Annunziata (Naples) harbour

Cet ouvrage porte sur l'assainissement structural et l'adaptation fonctionnelle d'une construction située sur le môle du levant de Torre Annunziata, bâti à la fin des années '60. Il est destiné au stockage des céréales et compte 50 silos de 6,00 mètres de diamètre et de 38,00 mètres de hauteur. Ces derniers reposent sur une structure en béton abritant les trémies et permettant le chargement sur camions à une hauteur de quelque 12,90 mètres du sol, le tout pour un total de 50,95 mètres. Ce niveau supporte un autre étage de 5,50 mètres de hauteur destiné à la translation horizontale des céréales et à leur arrimage.

The work in question regards the structural rehabilitation and functional adjustment of a building complex on the east pier of Torre Annunziata, built in the late 1960s. Used for the storage of cereals, it consists of 50 silos about 6.00 metres in diameter and 38.00 metres in height; they rest upon a concrete structure that, by housing the hoppers, make it possible to load onto trucks at a height of approximately 12.90 metres above the ground, all for a total of 50.95 metres; above this elevation, there is another level of a height equal to about 5.50 metres, used for the horizontal movement of cereals and for their storage.



Vue des silos
View of the silos



□ Certaines cellules de silo en phase de démolition en hauteur adossées à des silos à démolir sur le petit côté du bâtiment

□ Some cells of the silos during demolition in elevation, next to silos still to be demolished on the short side of the building

La hauteur maximale de ce bâtiment dépasse 56,00 mètres, sans compter la tour à escalier qui le domine de 6 mètres supplémentaires.

Le développement sur plan est de 31,60 mètres pour 61,60 mètres.

La proximité de la mer et le temps ont détérioré la structure, qui exige une intervention d'assainissement structurale.

Les travaux ont débuté par la réalisation d'ouvrages d'appui préalables à

□ En haut, le support provisoire pour les poutres supérieures en porte à faux afin de permettre la démolition des parois des cellules sur lesquelles elles reposent

□ At top, the provisional support for the upper beams left overhanging for the demolition of the walls of the cells on which they were resting



This building's maximum height exceeds 56.00 metres, before the stair-way tower that rises 6 metres more.

The length in plan is equal to 31.60 metres by 61.60 metres.

Weather and proximity to the sea have deteriorated the structure, ne-

□ Schéma du support provisoire avec des barres filetées et des profilés de butée fixés par boulonnage aux poutres supérieures

□ Diagram of the provisional support with threaded rods and structural shapes anchored by bolting to the upper beams





Ferrure de reprise découverte avec démolition manuelle en hauteur
Rebars uncovered with hand demolition in elevation

la démolition des structures portantes, notamment par le positionnement et la fixation de poutrelles complémentaires en acier en deçà des poutres existantes, ainsi que l'introduction de barres filetées et de profilés de butée fixés par boulonnage aux poutres supérieures.

Les parois des cellules et les parties surplombant les planchers ont fait l'objet d'une démolition contrôlée en hauteur à l'aide d'échafaudages et de grues.

Coffrages grimpants sur site pour la reconstruction de parois des cellules des silos
Climbing formwork on site for the reconstruction of the walls of the silos' cells



Détail des ferrures de reprise protégées par la démolition manuelle en hauteur et des poutres en porte à faux soutenues par des charpentes provisoires
Detail of rebars protected by hand demolition in elevation and overhanging beams supported by provisional works

cessitating an intervention for its structural rehabilitation. Works began with the construction of the retaining walls prior to demolition of bearing structures, in particular with the positioning and anchoring of supplementary steel support beams behind the existing beams, along with the insertion of threaded rods and support structural shapes anchored by bolting to the upper beams.

Assemblage du renforcement des coffrages grimpants
Assembly of the climbing formwork's interlining



Dans leur partie centrale, les parois ont été découpées à la scie diamantée sur rail de coulissement, commandée à distance. Les voussoirs ont été précipités au sol à l'aide des grues pour être concassés. Dans les zones de raccordement entre les anciennes et les nouvelles structures, les travaux de démolition ont été réalisés à la main afin de protéger les armatures existantes, qui seront raccordées à la nouvelle armature posée sur place. Les joints du raccordement vertical ont fait l'objet d'une attention particulière. Pour leur serrage, des barres et des plaques en acier inoxydable austénitique M24 ont été fixées de façon à garantir la juste précontrainte de raccordement entre les pièces.

L'achèvement de la phase de démolition a été suivi de la reconstruction des cellules et des plafonds couvrant les silos.

Les parois des cellules de 16 cm d'épaisseur ont été reconstruites à l'aide de coffrages grimpants, suite au raccordement de la nouvelle armature à l'armature préexistante avec des assemblages à manchon mécanique.

Pour la reconstruction des planchers à la cote de 50,95, la grille de poutres sous-jacente a été remise en place. Ses dimensions ont également été adaptées aux réglementations en vigueur. Des prédalles moulées et préfabriquées sur plan ont été mises en place avec un front périmétrique de confinement susceptible de retenir la coulée de béton de l'achèvement. ■



The subsequent controlled demolition in elevation involved the walls of the cells and the parts over the slabs, using scaffolds and cranes.

The walls, in their central part, were cut by diamond saw on a sliding track and by remote control. The segments were lowered into the ground by cranes, to then be crushed. In the connection areas between the old and new structures that were built the demolition activities were carried out by hand, in order to safeguard the existing reinforcement, to be connected to that installed ex novo.

Particular attention was given to making the vertical connection joints, where M24 threaded bars and austenitic stainless steel plates were cast, for locking and to guarantee the proper connecting preload between the parts.

Once the demolition phase was completed, that of the reconstruction of the cells and of the covering floors of the silos began.

The cells' walls, 16 cm thick, were reconstructed with climbing formwork, after making the connection of the new reinforcement to the existing one, which was done with mechanical coupling joints.

For the reconstruction of slabs at an elevation of 50.95 metres, the trillis of beams below them was restored, and at the same time adjusted in size to the current regulations. On it were placed the shaped and pre-cast designed predalles with a peak of perimeter containment suited for retaining the subsequent casting of completion concrete. ■

□ Prédalles pour la reconstruction des planchers à la cote de 50,95 mètres

□ Predalles for the reconstruction of the slabs at an elevation of 50.95 metres

Métro de Naples - Ligne 1

Naples Underground – Line 1

Depuis 2002, nous participons à la construction de la ligne 1 du métro de Naples : nous sommes chargés de l'excavation de tunnels et de puits selon la méthode traditionnelle, par le recours et l'incitation simultanée au développement de nouvelles technologies et méthodologies. Nous avons travaillé notamment à la construction de trois stations (piazza Garibaldi, Università et Toledo) et aux ouvrages complémentaires de certains tronçons significatifs de la ligne.

Station piazza Garibaldi

Nous avons creusé le corps de la station de la place Garibaldi dessinée par Dominique Perrault, de 46 mètres de longueur, 21 mètres de largeur et 45 mètres de profondeur. L'impressionnante profondeur d'excava-

Since 2002, we have been involved in building line 1 of the Naples Underground, working on the excavation of tunnels and shafts using traditional methods, while dealing with and at the same time developing new technologies and methodologies.

In particular, we worked for the construction of three stations (Piazza Garibaldi, Università, and Toledo) and on the ancillary works for some significant sections of the line.

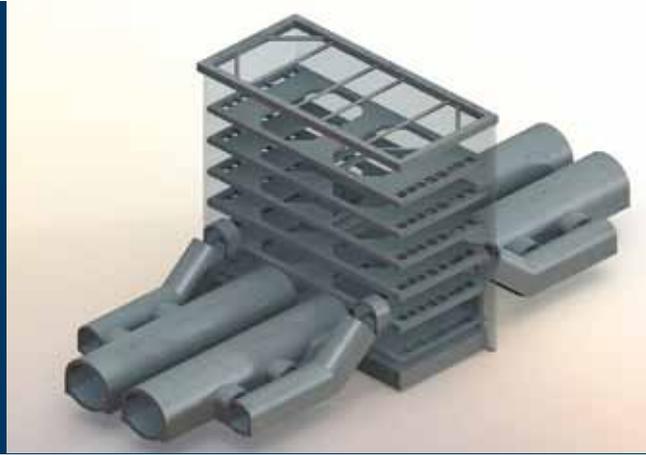
Piazza Garibaldi station

We excavated the cavity for the Piazza Garibaldi station, designed by Dominique Perrault, 46 metres in length, 21 metres in width, and 45 metres deep. The remarkable excavation depth, far below the ground-water level, forced us to work with considerable and copious water inrush. For the excavation, use was made of excavators of various sizes, and of shovel loaders, lowered to the excavation level by cranes; they were also used to pull up the remote-controlled hydraulic self-unloading bins built by us specially for the work.

We built the four station tunnels, each about 46 m long, and with an excavation cross-section of 87 m², where the containment of the water inrush was carried out by a process to freeze the ground by inserting liquid nitrogen probes around the line of the excavated area. The excavation was carried out using excavators equipped with cutterhead, operating on four faces at the same time. For the final concrete lining, which followed the building of the invert, precast curved slabs in reinforced concrete were used, put in place by an excavator carrying equipment designed and built specially by us; behind, the concrete constituting the tunnels' final lining, which completely included the slabs, was cast.

For the station tunnels, we also produced the regulation slab, platforms, masonry, and plaster. For the passage of one of the TBMs, we made a transfer slab in reinforced concrete, about 120 metres in length, with a concrete pumping system that called for using two pumps in a series, of which the last one, at the bottom of the shaft, was the return pump. The excavation and pre-consolidation of the two station descending tunnels also required us to work by freezing the ground, with the aid of hydraulic cutters and mini crawler shovel





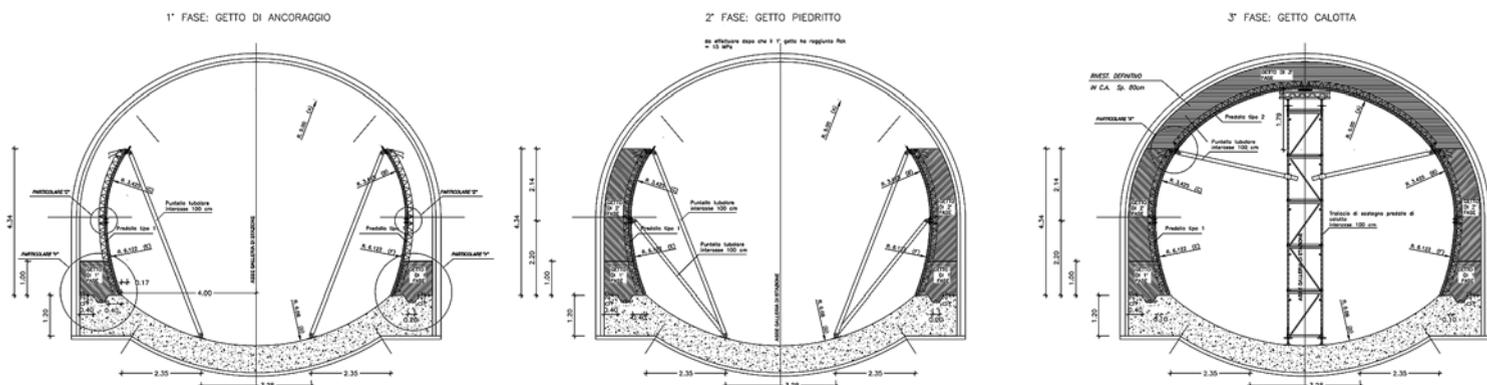
tion, nettement au-dessous du niveau de la nappe, nous a contraints à manœuvrer en présence de venues d'eau abondantes et fréquentes. L'excavation a été menée à bien au moyen d'excavatrices de différentes tailles et des chargeuses descendues au niveau d'excavation à l'aide de grues automobiles. Elles ont également servi à tirer vers le haut des bidons autodéchargeurs hydrauliques télécommandés, que nous avons construits spécialement pour cet ouvrage.

Nous avons construit les quatre tunnels de la station, mesurant chacun 46 m de longueur et 87 m² de section d'excavation. Les venues d'eau ont été colmatées par la congélation du terrain et l'introduction de sondes à l'azote liquide dans le périmètre de travail. Excavation réalisée avec des excavatrices équipées de têtes de foration travaillant simultanément sur les quatre fronts. Pour le revêtement définitif en béton faisant suite à la construction du radier en souterrain, l'on a choisi des plaques incurvées préfabriquées en béton armé mises en place au moyen d'une excavatrice munie d'un outillage conçu et fabriqué spécialement par nos soins. À l'arrière, le béton coulé sert de revêtement définitif aux tunnels tout en englobant les plaques.

En ce qui concerne les tunnels de la station, nous avons réalisé la dalle de réglage, les quais, la maçonnerie et les enduits. Nous avons fabriqué une selle de translation en béton armé d'env. 120 mètres de longueur destinée au transit d'un des tunneliers. Elle est équipée d'une installation de pompage du béton comptant deux pompes en série,

□ Station Garibaldi dessinée par Dominique Perrault
 □ Garibaldi station designed by Dominique Perrault

□ Phases de revêtement définitif des tunnels de la station avec des plaques incurvées préfabriquées
 □ Final lining phases of the station tunnels with precast curved slabs





Excavation du tunnel de la station
Excavation of station tunnel



Fond d'excavation de la station et tête d'un tunnel
de ligne sous la congélation
Excavation bottom, station and entrance to a line
tunnel, in freezing condition

dont la seconde de relance au fond du puits. L'excavation et le pré-soutènement de deux descenderies de la station nous a imposé de travailler en congelant le sol et à l'aide de fraises hydrauliques et de minichargeuses à chenilles capables de franchir les tronçons à forte déclivité. Les descenderies ont une section d'excavation de 41 m² et une longueur de 39 mètres, dont 11 mètres à une déclivité à 57%.

Station Università

La station Università a été dessinée par Karim Rashid. Là aussi, nous avons réalisé les quatre tunnels de la station en travaillant en situation de congélation du sol et selon les mêmes modalités qu'à la place Garibaldi. Leurs dimensions sont identiques aux précédentes : la longueur est d'env. 46 m et leur section d'excavation est de 87 m², revêtus eux aussi d'une coulée de béton armé retenu par des panneaux incurvés préfabriqués. Les quatre descenderies, de mêmes dimensions et géométries que celles de la place Garibaldi, ont été réalisées par nos soins, selon les mêmes modalités et avec les mêmes difficultés d'un travail en situation de congélation et en présence de fortes déclivités.



Fond du puits de la station
et tête du tunnel de ligne
Shaft bottom, station and
line tunnel entrance

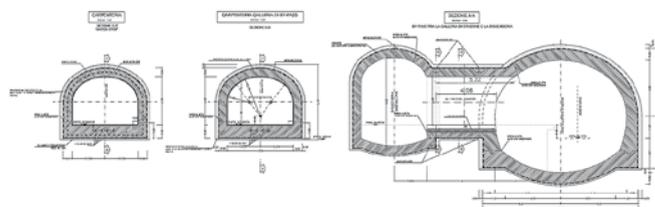
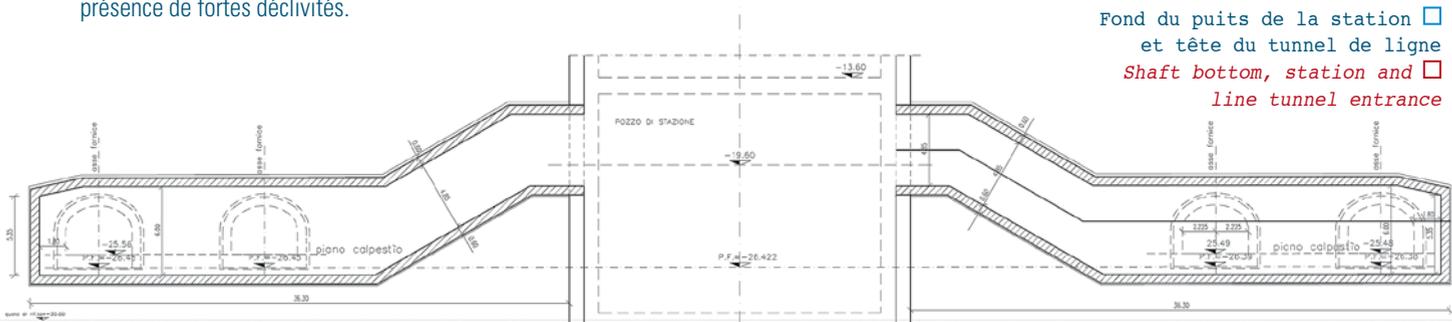
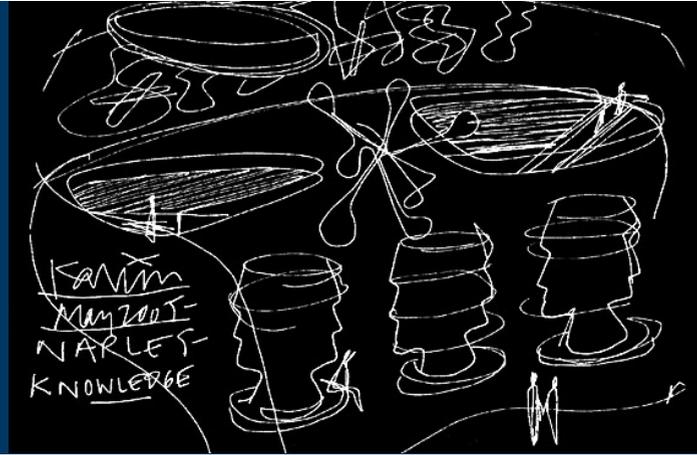


Schéma des descenderies
de la station
Layout of station descending
tunnels

- La station Università dessinée par Karim Rashid
- Università station designed by Karim Rashid



loaders capable of overcoming the sections with great inclinations. The descending tunnels have an excavation cross-section of 41 m² and are each 39 metres in length, 11 metres of which with a 57% inclination.

Università station

The Università station was designed by Karim Rashid. Here as well, we made the four station tunnels, working always with freezing of the ground and with the same procedures applied at Piazza Garibaldi. The tunnels' dimensions were identical to the previous ones: each approximately 46 metres in length, with an excavation cross-section of 87 m², also lined with a casting of reinforced concrete grout contained by pre-cast curved panels included in it. The four descending tunnels, identical in size and geometries to those at Piazza Garibaldi, were also built by us, following the same procedures and with the same difficulties due to working by freezing the ground, and to the large inclinations.

Toledo station

At the Toledo station, designed by Oscar Tousquets, we made an adit with ramifications, the purpose of which was to allow the insertion of the freezing probes necessary for the subsequent works for building the overpass chamber. The adit, with an average cross-section of 22 m² and about 44 metres in length, was pre-consolidated with graded steel ribs and forepoling, excavated using small equipment and pre-lined with welded wire mesh and quick-setting shotcrete. Subsequently, the overpass chamber with a section of 202 m² and 39 metres in length, given the considerable height of 17 metres, was excavated by us, pre-lined, and lined in several stages in partialized sections, making first the crown, followed by a central bench, abutments, and lastly the bottom slab.

As in the previous stations, here as well we made the four station tunnels, using the same methods described above, although for two of them it was a matter of widening existing tunnels, with the demolition of the segments placed by the TBM's transit.

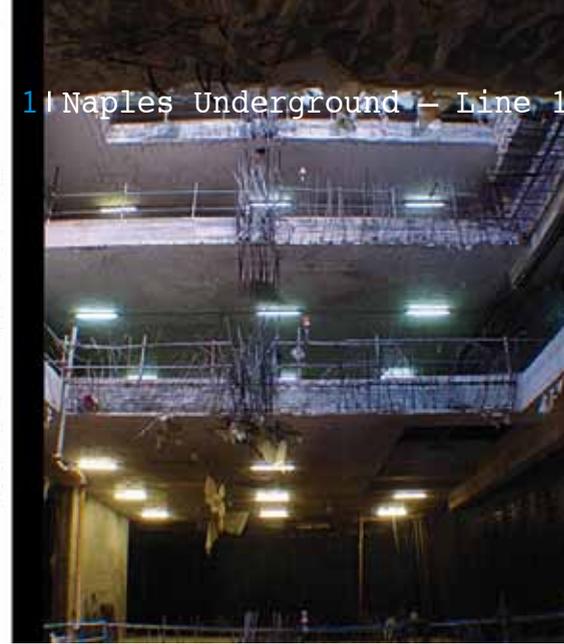
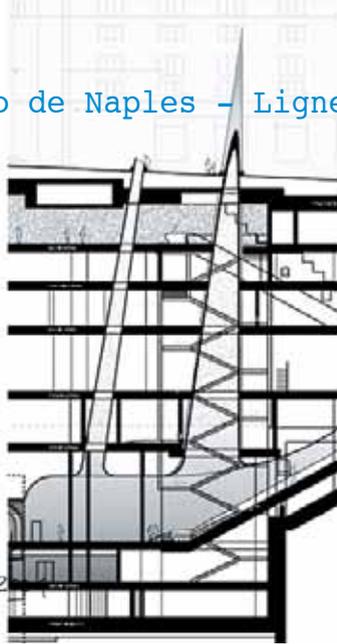
In addition to the four descending tunnels identical to the previous ones, we also made the descending tunnel referred to as "Montecalvario", with an excavation cross-section of 59 m² and a length of approximately

- Excavation du tunnel de la station sous la congélation
- Excavation of station tunnel with ground freezing

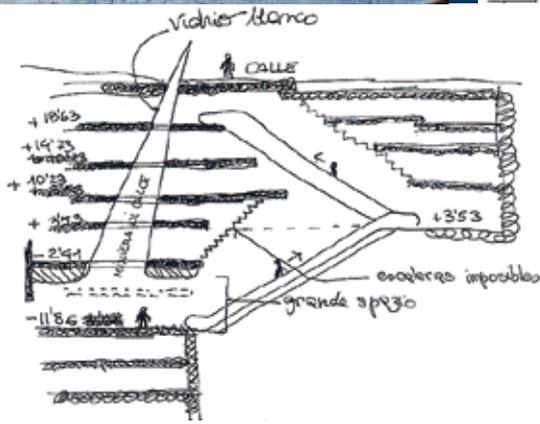


- Station Toledo dessinée par Oscar Tousquets
- Toledo station designed by Oscar Tousquets





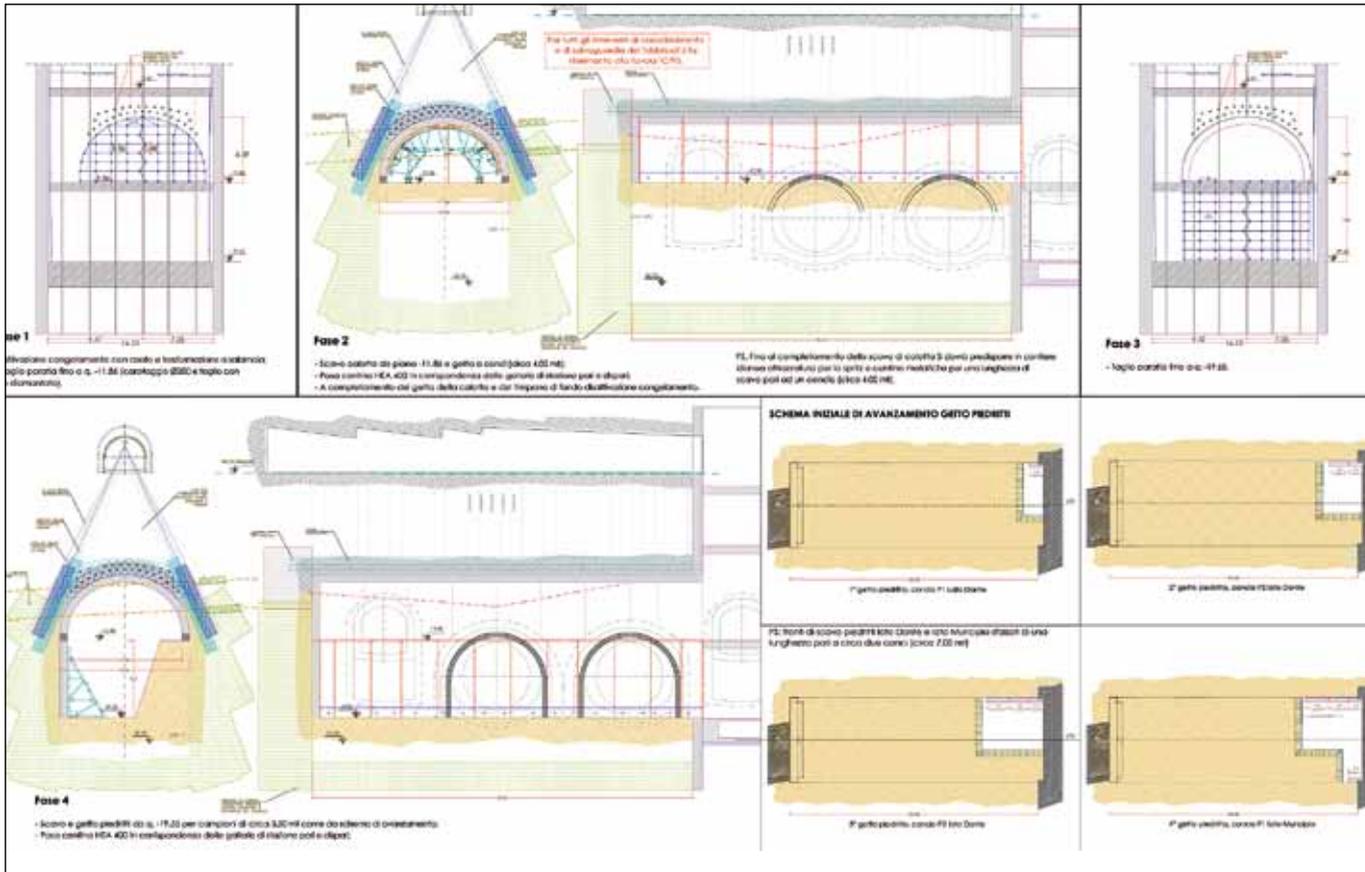
Station Toledo
Toledo station



Station Toledo

Dans la station Toledo, dessinée par Oscar Tousquets, nous avons réalisé une galerie avec embranchements, qui avait pour but de permettre l'introduction des sondes de congélation destinées aux travaux de réalisation du Sas de passage. La galerie, de 22 m² de section moyenne et de 44 mètres de longueur, a été pré-blindée par des cintres métalliques calibrés et des parapluies d'enfilage. Elle a été creusée avec de petits

Sas de passage supérieur et galerie
Overpass chamber and adit





- Sas de passage supérieur et galerie
- Overpass chamber and adit

131 metres, 37 metres of which with a 57% inclination and the remaining 94 metres with a 2.4% inclination.

Line works

In the two line sections between the Via Brin shaft and Dante station, we made about 4 km of regulation slab and line platforms, respecting down to the millimetre the variations in the design elevations, due to the various transversal inclinations of the upper surface of the rails needed to ensure the suitable dynamic guidance of trains transiting in the curve. For the concrete grouting of the platforms, in order to follow the variations of the contours and elevations along the tunnel sections, a formwork with variable geometry, and a water circuit for heating the concrete grout, were used to accelerate hardening and to allow the formwork to be quickly removed.

For the line sections, we also built eighteen connection adits linking to the ventilation shafts, with the excavation and final lining, upon making the contrasting layers of reinforced concrete at the bottom of the shafts, to reinforce the areas under demolition. The excavation was carried out in the presence of cement and chemical consolidations under the water table. ■



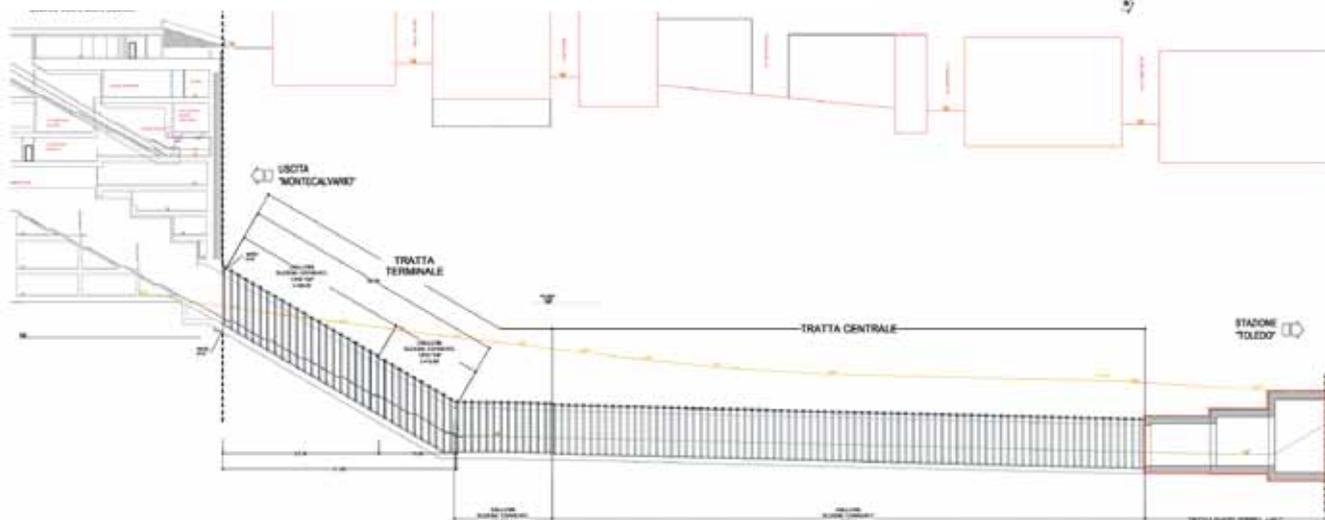
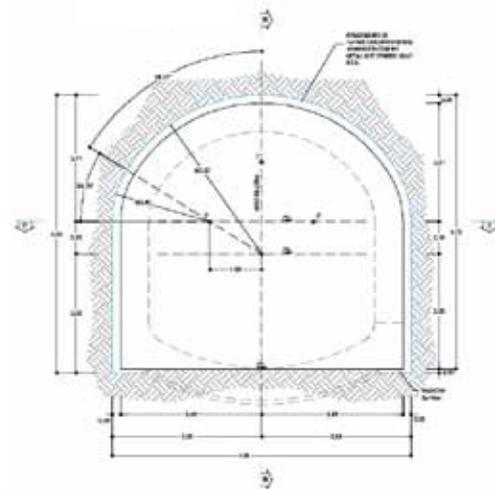
- Excavation d'évasement du tunnel de la station et descenderies
- Widening excavation of station tunnel and descending tunnels





Descenderie Montecalvario
 Montecalvario descending tunnel

engins et pré-blindée avec du grillage électrosoudé et du béton projeté à prise rapide. Étant donné sa hauteur imposante (en l'occurrence de 17 mètres), le sas de passage, d'une section de 202 m² et d'une longueur de 39 mètres, a été creusé, prérevêtu et revêtu par nos soins en plusieurs phases en sections découpées, en commençant par la calotte,





par un stross central, les piédroits et enfin le radier.

Comme dans les stations précédentes, nous avons réalisé les quatre tunnels de station selon les mêmes modalités, même si deux d'entre eux ont été creusés en évasement, avec démolition des voussoirs posés lors du passage du tunnelier.

Outre les quatre descenderies identiques aux précédentes, nous avons creusé la descenderie dite "Montecalvario", d'une section d'excavation de 59 m² et d'une longueur de quelque 131 mètres, dont 37 mètres avec une déclivité de 57%, et les 94 mètres restants avec une déclivité de 2,4%.

Ouvrages sur la ligne

Dans les deux tronçons de ligne entre le puits de la rue Brin et la station Dante, nous avons construit environ 4 km de dalle de réglage et de quais de ligne, avec un respect millimétrique de la variabilité des cotes de projet imposées par les différentes pentes transversales de la surface des rails et afin de garantir le guidage dynamique approprié des rames négociant la courbe. Étant donné la variabilité des gabarits et des cotes sur les tronçons, un coffrage à géométrie variable a été fabriqué pour la coulée de béton des quais. Il a été équipé d'un circuit à eau destiné à chauffer la coulée, à accélérer la maturation du béton et à permettre un décoffrage rapide.

- Coffrage à géométrie variable pour les quais de la ligne
- *Formwork with variable geometries for line platforms*



- Armature de la dalle de réglage
- *Reinforcement of regulation slab*



- Dalle de réglage après coulée
- *Cast regulation slab*





Armature de la galerie
Reinforcement of adit



Réalisation de gaine de butée au fond du puits et puits de ventilation
Making contrasting layer at shaft bottom and ventilation shaft



Dix-huit galeries de raccordement aux puits de ventilation ont été creusées sur les tronçons de la ligne incluant l'excavation et le revêtement définitif, après la mise en place des gaines de butée en béton armé au fond des puits pour le renforcement des zones touchées par la démolition. L'excavation a eu lieu en présence de soutènements en béton et chimiques sous la nappe. ■

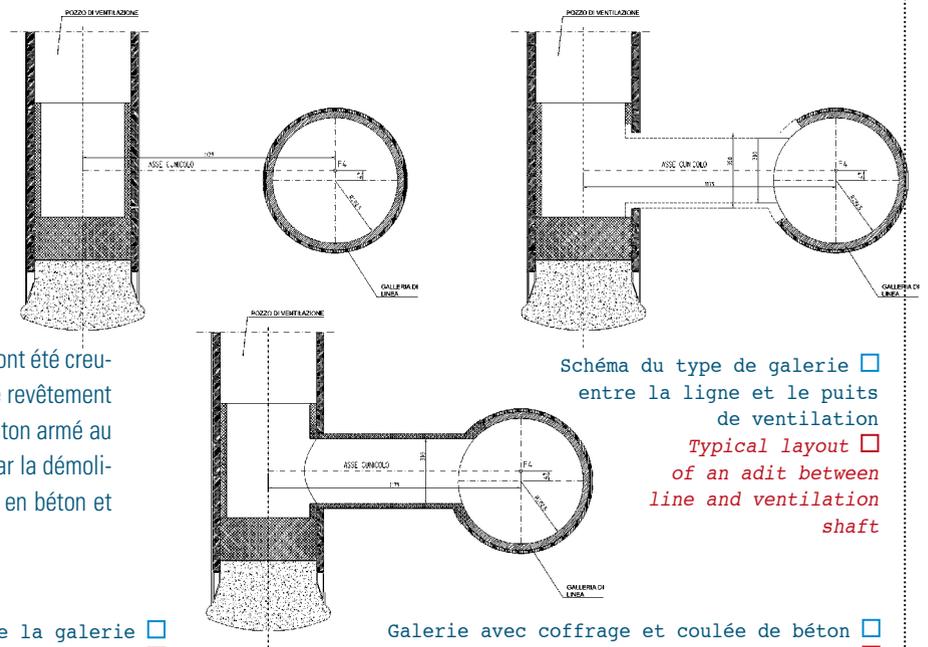
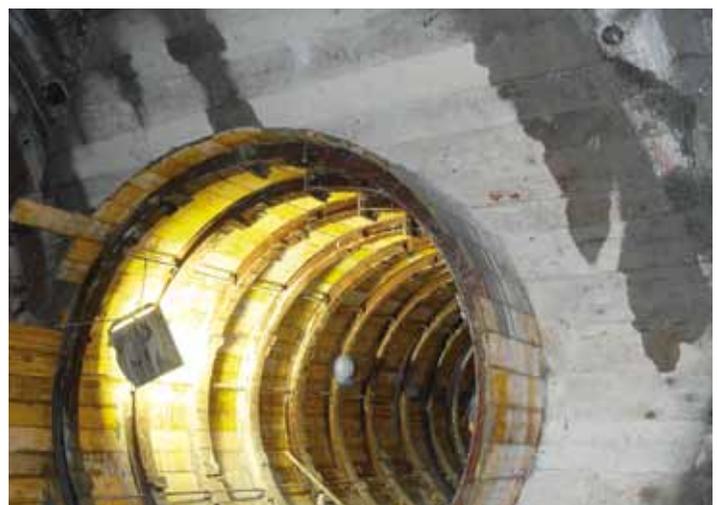


Schéma du type de galerie
entre la ligne et le puits
de ventilation
Typical layout
of an adit between
line and ventilation
shaft

Armatures et soutènements de coulée de la galerie
Reinforcement and ribs while casting the adit

Galerie avec coffrage et coulée de béton
Adit with formwork and cast concrete



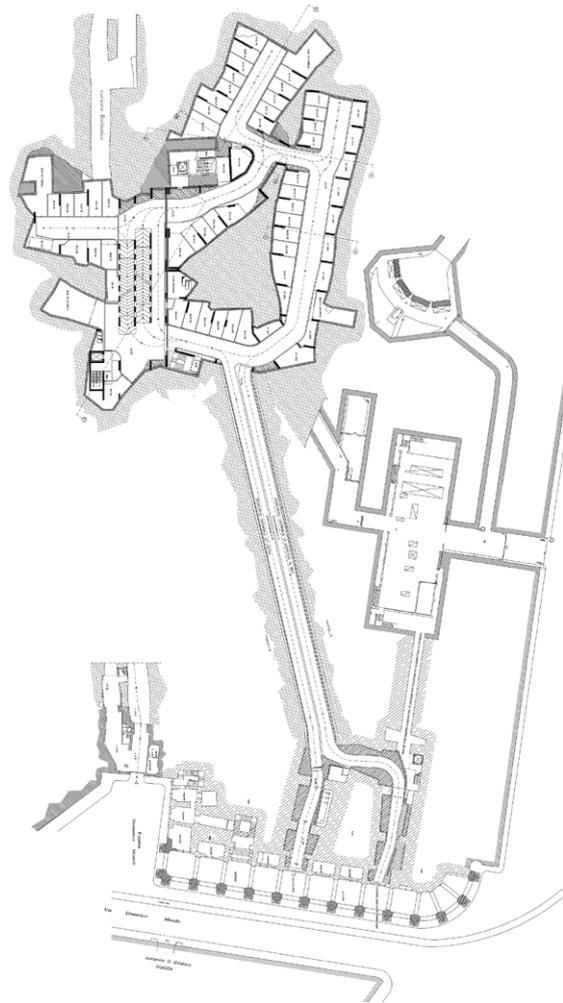


Parc de stationnement Morelli à Naples

Morelli Car Park in Naples

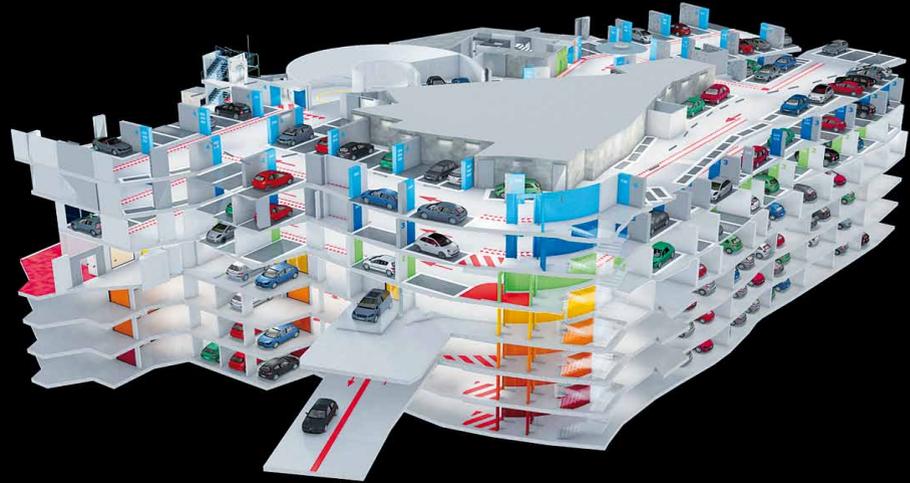


En 2004, les travaux de construction d'un parc de stationnement automatisé de sept étages, ont débuté. Ce parc, qui a été achevé entre-temps et abrite 480 places, est en exploitation et a été primé à plusieurs reprises, même au niveau international. Il se situe dans la "grotte Morelli", une zone absolument stratégique pour la ville de Naples, puisqu'elle n'est qu'à quelques centaines de mètres de la place centrale Dei Martiri, de la Villa Comunale, de la via Caracciolo;



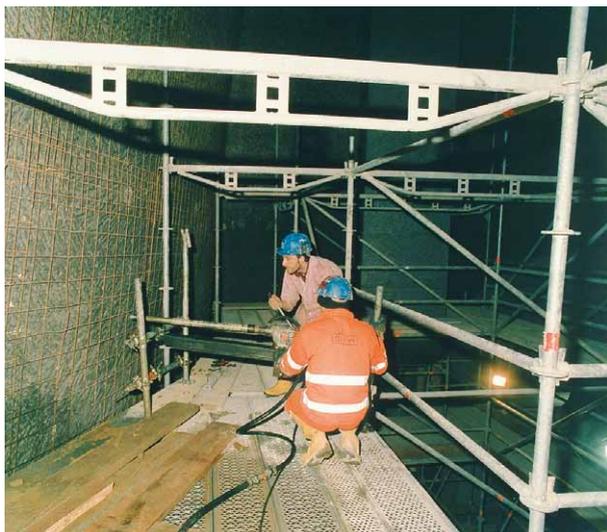
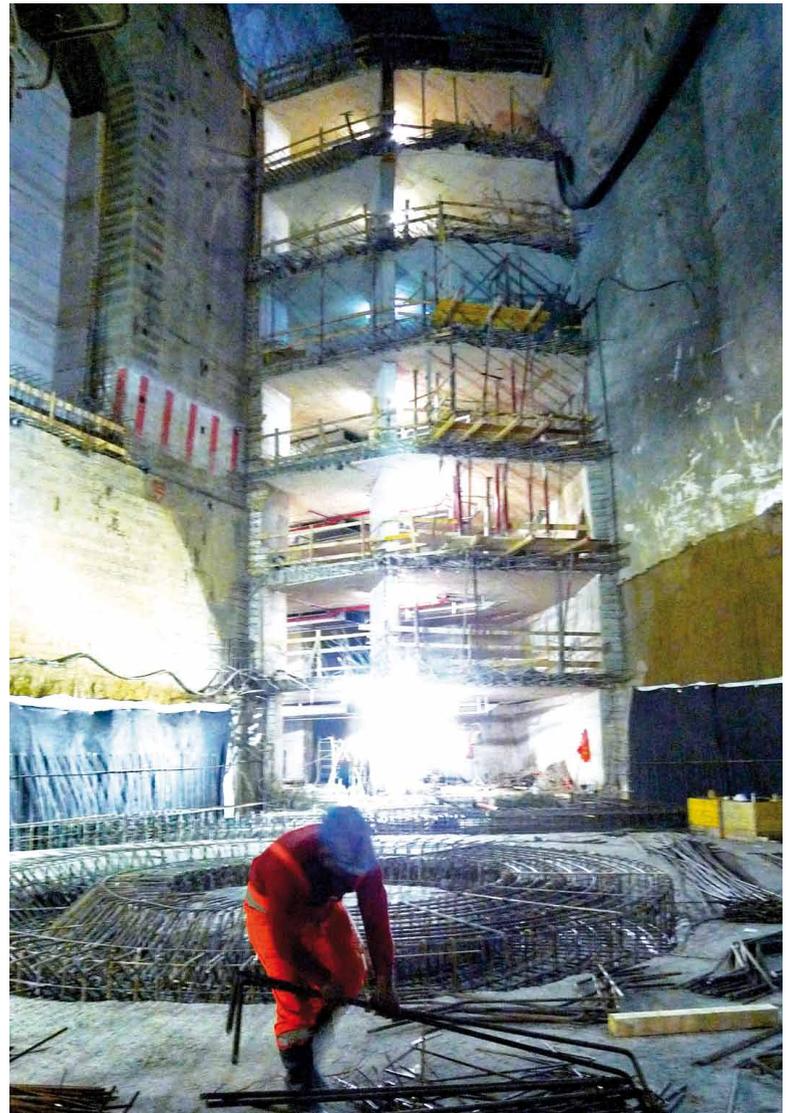


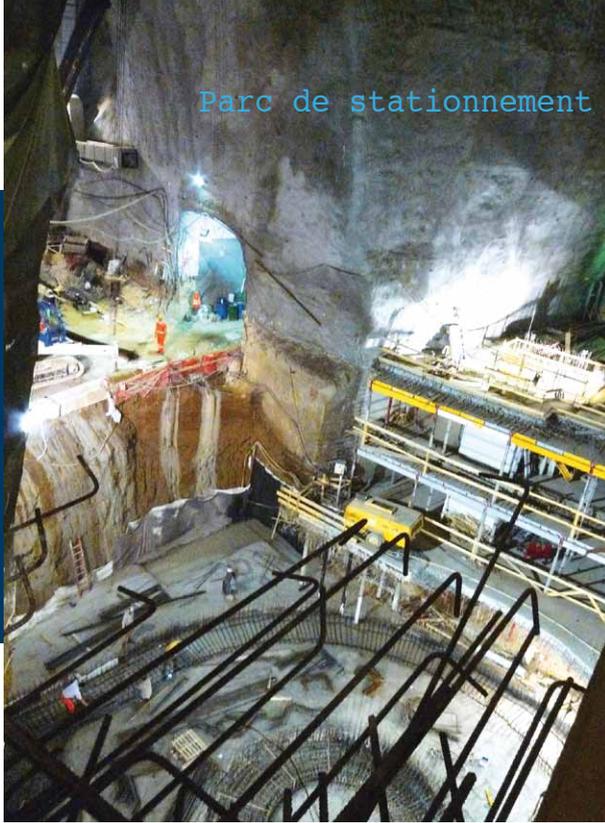
- Rendu 3D des charpentes du parc de stationnement à l'intérieur de la grotte
- 3D rendering of the car park's structures inside the cave



In 2004, works began for the now completed operative seven-level automated car park, award winning in Italy and abroad, accommodating 480 parking spaces inside the "Morelli cave," located in one of the most strategic areas in Naples just a few hundred metres from the centrally located Piazza Dei Martiri, from Villa Comunale, and from Via Caracciolo. It is the starting point for a Bourbon-era tunnel that connects Piazza del Plebiscito with the area of Via Toledo.

The works began with the excavation of the bench and the consolidation of the walls and of the cavity crown. This consolidation was carried out by inserting structural elements, threaded rods and Ct-Bolts, to improve the geomechanical properties. Another work was done at the cavity crowns, which, in some sections, were reinforced by lattice ribs, constituting a kind of lining. To install these ribs, in addition to the consolidation proper, multi-





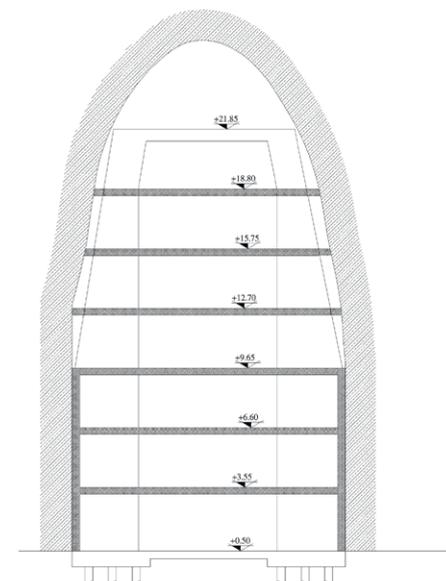
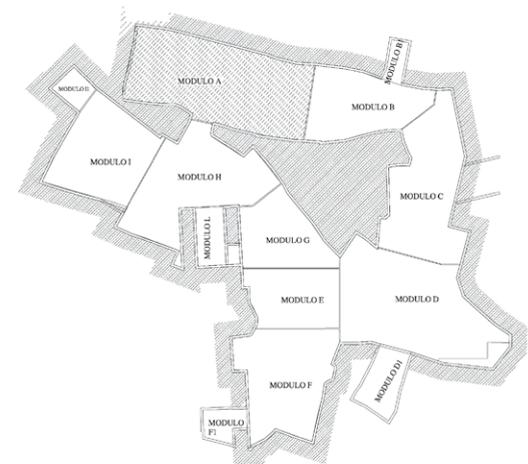
directional scaffolding was erected ad hoc, with irregular geometries adapted to the cavity's morphology, making it possible to reach these heights. The operations were completed with the laying of welded wire mesh and shotcrete.

d'où part la "galerie Bourbonne" reliant la place du Plébiscite et le quartier de la rue Toledo.

Les travaux ont commencé par l'excavation du stross et le soutènement des parois et de la voûte de la caverne. Ce soutènement a consisté à introduire des éléments structuraux, des barres filetées et des Ct-Bolt en mesure d'améliorer les caractéristiques géomécaniques. L'autre intervention a eu lieu à hauteur des voûtes de la caverne, qui ont été renforcées dans certaines sections par des cintres réticulés afin de former une sorte de revêtement.

Pour la pose de ces cintres, ainsi que pour le soutènement en lui-même, des échafaudages multidirectionnels ont été aménagés spécialement avec des géométries irrégulières adaptées à la morphologie de l'évidement et pour atteindre de telles hauteurs. Les opérations ont été complétées par la pose de grillage électrosoudé et de béton projeté.

Le tunnel d'accès au parc de stationnement de la rue Domenico Morelli





a été creusé dans un premier temps en pleine section, en consolidant la section d'excavation avec des clous et la pose de grillage. En septembre 2005, le chantier s'est trouvé face à une caverne pleine de débris en vrac. Il a alors fallu modifier le mode d'excavation : après avoir injecté du béton maigre, qui permettait de remplir cette cavité, et avoir stabilisé le front de taille avec du béton projeté, il a été décidé de procéder par section tronconique en double parapluie avec enfilage de tubes d'armature de 139,7 dans la calotte, ép. 8 mm à entraxe d'environ 25 cm, ce qui allait permettre de résoudre le problème. Le revêtement de la première phase (cintres et jet) a ensuite été réalisé, de même que l'imperméabilisation, l'armature de coffrage et la coulée du revêtement définitif, complétée en juin 2006 par la coulée d'une dalle intermédiaire rendant la partie supérieure de ce tunnel piétonnier.

Outre les travaux de soutènement et d'excavation du stross ou du tunnel d'accès, Cipa a également coulé tous les bétons armés du parc de stationnement en affrontant et en surmontant des difficultés non négligeables dues aux travaux dans une caverne et au seul accès particulièrement exigu. ■

The excavation of the entrance tunnel to the Via Domenico Morelli car park was done first in full face, consolidating the excavation cross-section with bolts and the installation of welded wire mesh. Then, in September 2005, intercepting a cavity filled with loose debris required changing the mode of excavation; in fact, after having grouted with lean concrete to allow the cavity to be filled and after stabilizing the excavation face with shotcrete, the decision was made to excavate a truncated conical cross-section with double forepoling on the crown, reinforcement pipes, diam. 139.7, 8 mm thick, with an interaxis of about 25 cm, to allow this problem to be overcome. Subsequently, the first-phase lining was made (ribs and shotcrete), as well as waterproofing, reinforcement, formwork, and the casting of the final lining which was then completed in June 2006 with the grouting of an intermediate slab allowing the upper portion of this tunnel to be used by pedestrians.

Cipa, in addition to the consolidation and excavation works, both of bench and of the entrance tunnel, also made all the reinforced concrete for the car park, grappling with and resolving the many difficulties due to the works in the cave and to the single and particularly narrow entrance. ■



Prolongement de la Ligne A du Métro de Rome

Extension of Rome Underground Line A

De petits diamètres pour une petite Cipa. En 1992 nous avons pris part aux travaux de prolongement de la ligne A du métro de Rome par la réalisation de deux tronçons d'égout d'une longueur totale d'environ 100 mètres, avec une section d'excavation creusée à la main de 4,5 m² seulement, et leurs ouvrages accessoires.

Ces tronçons seront suivis par trois puits de ventilation, un dans la rue Pio IX, un à la place Innerio et le dernier dans la rue Moricca.

Le puits de ventilation de la rue Pio IX, réalisé en reprise en sous-œuvre, a exigé une excavation de 6 mètres de diamètre et de 26 mètres de profondeur. Deux galeries partent du puits en direction des tunnels de la ligne et ont été creusées avec des engins de petite taille. Une galerie sert de raccordement au tunnel à double voie, de 6 mètres de longueur et de 24 m² de section d'excavation. L'autre amène au tunnel à voie unique, avec une section d'excavation de 11 m² et une longueur de 56 mètres, dont 10 mètres par une déclivité à 57%.

Le puits de ventilation de la place Innerio, construit lui aussi en reprise en sous-œuvre, est profond de 42 mètres et a un diamètre d'excavation de 4,7 mètres. Il est bon de signaler que l'excavation a eu lieu pour la première fois en Italie en situation de congélation, de même que les galeries de raccordement à la ligne. Ces galeries de raccordement aux tunnels de la ligne, d'une longueur respective de 5 et 13 mètres, ont une section d'excavation de 11 m².

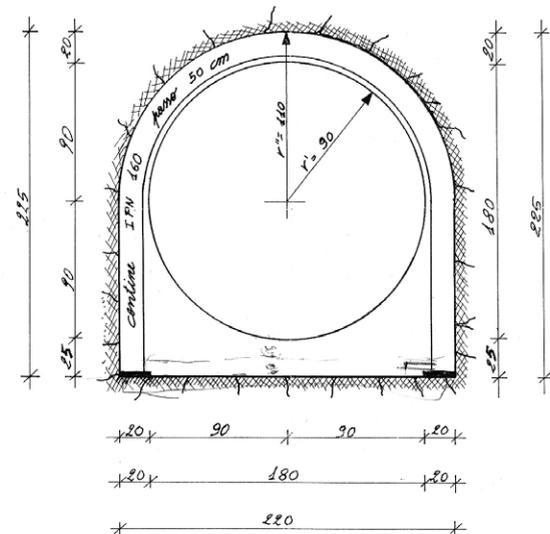
Le puits de ventilation de la rue Moricca a un diamètre d'excavation de 4,7 mètres et une profondeur de 20 mètres.

Le raccordement à la chambre de ventilation, qui ne pouvait être aménagée en tête de puits en raison des bâtiments environnants, a eu une section d'excava-



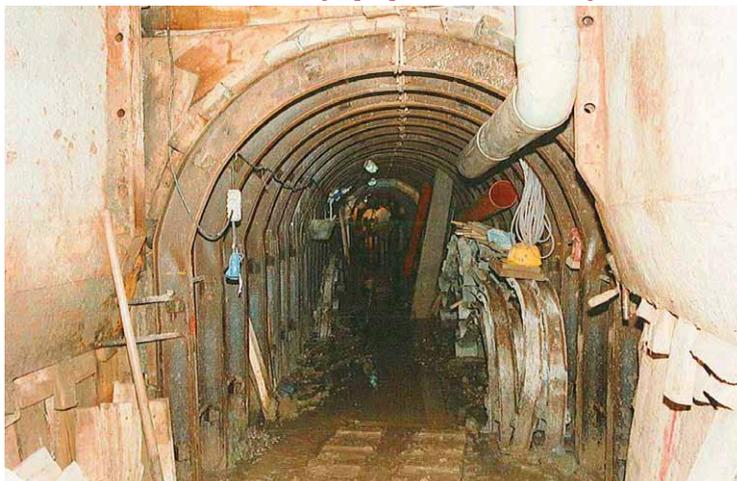
Ouvriers de Cipa au travail
Cipa workers in action

cipa s.r.l. NOVA HETRO S.r.l.
Ipotesi di scavo a foro cieco attraversamento fallette in via Monti di Parnavalle. Sezione rapp. 1:20



Section des égouts
Sewer section

Proposition de projet de réalisation du réseau d'égouts
Design proposal for building the sewer





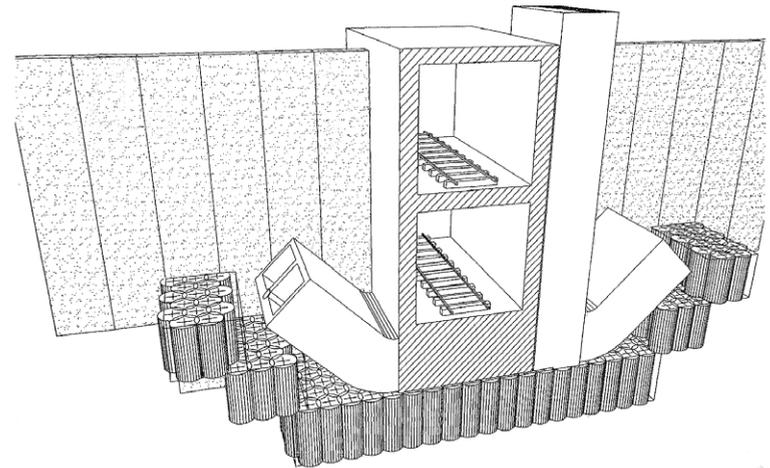
Small diameters for a small Cipa. In 1992, we started working on the extension of line A of the Rome Underground, building two sewer lines for a total length of about 100 metres, with an excavation cross-section of only 4.5 m², hand-made, and ancillary works.

This was followed by three ventilation shafts, one on Via Pio IX, one at Piazza Imerio, and the other on Via Moricca. The ventilation shaft on Via Pio IX, excavated in underpinning, entailed excavating a diameter of 6 metres, and a depth of 26 metres.

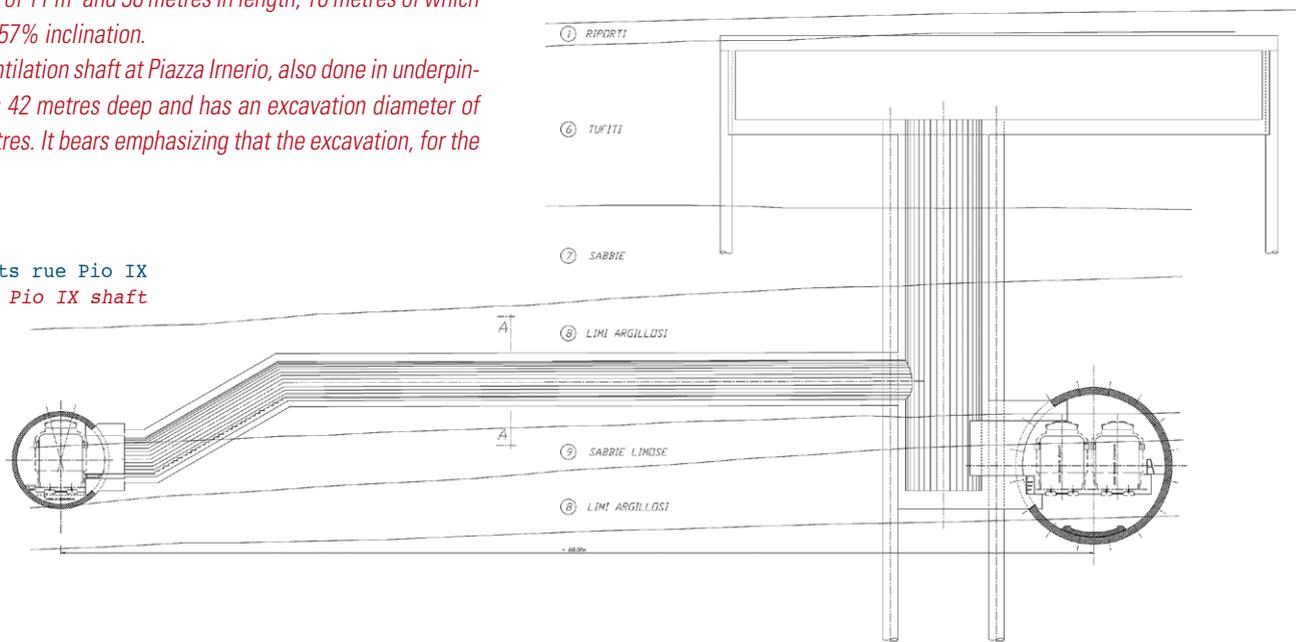
Starting from the shaft are two adits towards the line tunnels, made with small-sized machines. One adit is for connection to the double-track tunnel, 6 metres in length and with an excavation cross-section of 24 m², and the other links to the single-track tunnel, with an excavation cross-section of 11 m² and 56 metres in length, 10 metres of which with a 57% inclination.

The ventilation shaft at Piazza Imerio, also done in underpinning, is 42 metres deep and has an excavation diameter of 4.7 metres. It bears emphasizing that the excavation, for the

- Traversée souterraine des égouts - Siphon de Santa Maria delle Grazie
- Sewer undercrossing - Santa Maria delle Grazie siphon



- Puits rue Pio IX
- Via Pio IX shaft





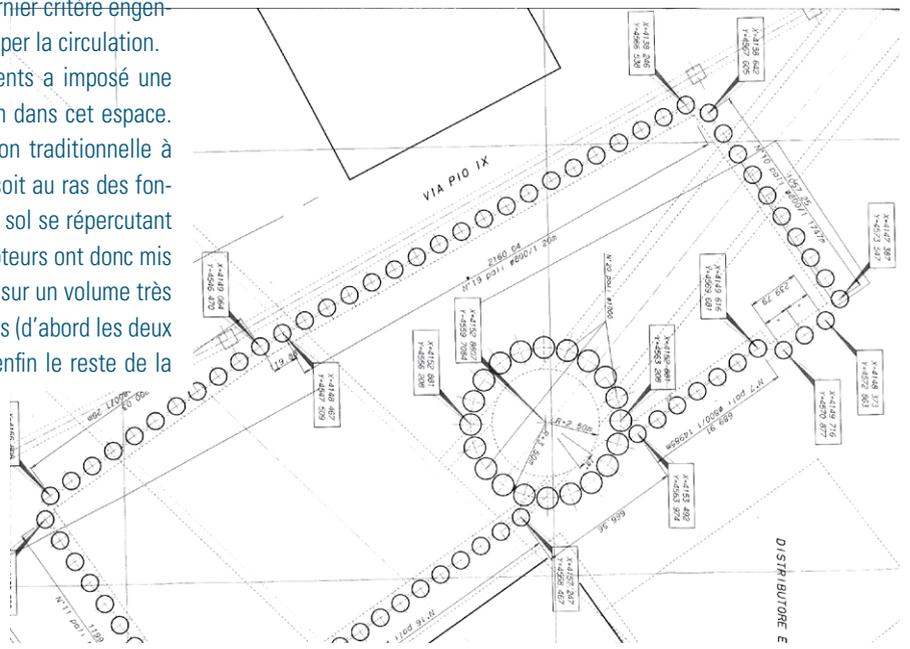
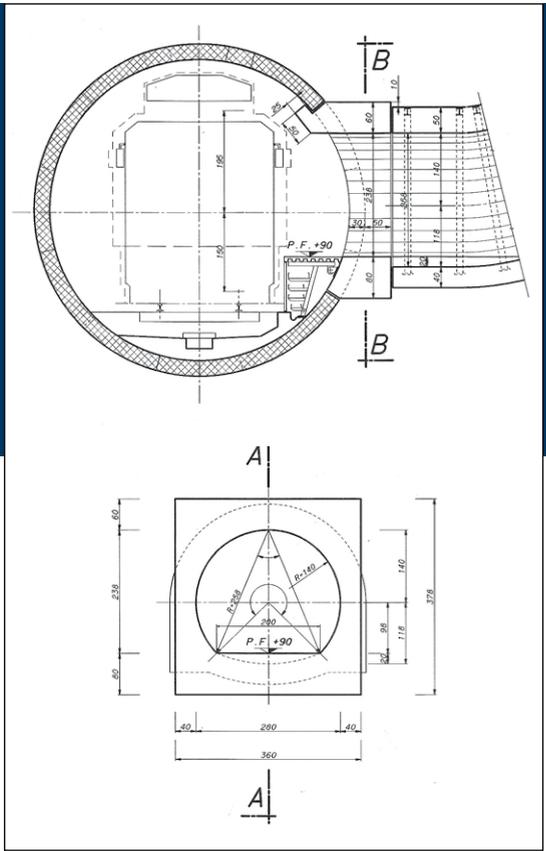
Excavation du puits rue Pio IX et détails d'exécution de la galerie
 Excavation of Via Pio IX shaft and details of the adit

tion de 15 m² sur une longueur de 30 mètres, dont 6 mètres par une déclivité de 25%, pour permettre la traversée souterraine d'une canalisation d'égout. La réalisation a exigé 4 champs d'enfilage.

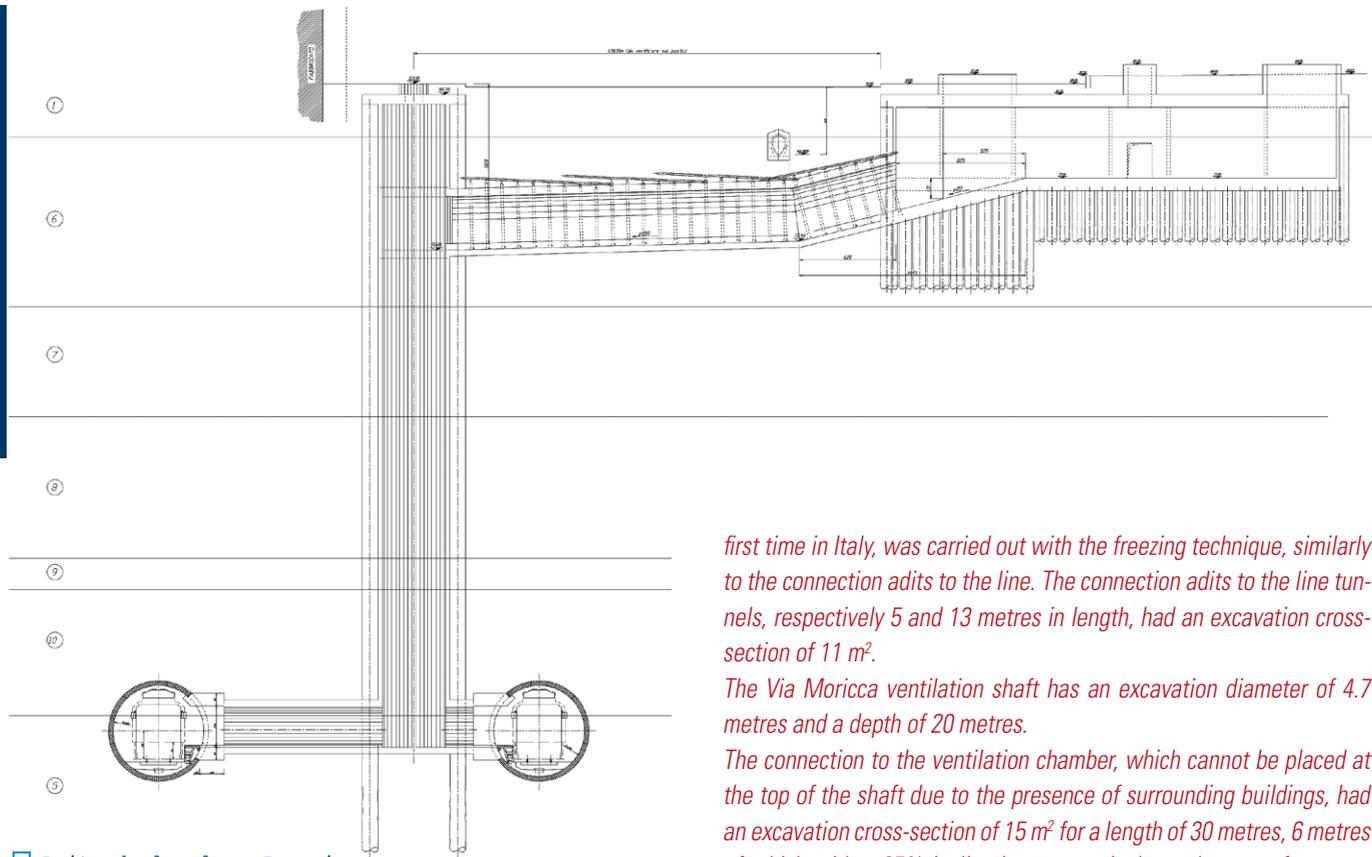
Nous avons également construit les cloisons de séparation internes des puits et les planchers de la chambre de ventilation du puits de la place Inverno.

Dans le cadre de la réalisation de la station Baldo degli Ubaldi, nous avons fait appel à une méthode d'excavation novatrice et à l'avant-garde du point de vue technologique.

La station représente un seul grand espace de 130 mètres de long sur 16 mètres de large, complètement aménagée dans un tunnel à 35 mètres de profondeur, couverte par une voûte en voussoirs de ciment préfabriqués. Pour sa construction, l'on a eu recours à deux solutions technologiques particulières : le "prédécoupage" et la fameuse "voûte active". Les particularités de cette voûte sont une conséquence directe des contraintes des surfaces liées principalement au type de terrain à excaver, au calibre réduit de la rue (24 mètres) et à son importance en tant qu'axe routier. En effet, ce dernier critère engendrait l'obligation contractuelle de bâtir la station sans couper la circulation. L'impossibilité d'aller au-delà des fondations des bâtiments a imposé une solution à voûte unique, permettant d'englober la station dans cet espace. Ce projet se serait avéré impossible avec la configuration traditionnelle à trois tunnels. Le chantier aurait fonctionné quoi qu'il en soit au ras des fondations des bâtiments, avec le risque d'affaissements du sol se répercutant immédiatement sur la stabilité des bâtiments. Les concepteurs ont donc mis au point un type d'intervention qui, bien qu'en travaillant sur un volume très vaste, couvert par une seule voûte, a été creusé par étapes (d'abord les deux piédroits, puis la partie supérieure du noyau central et enfin le reste de la



Extrait d'un document
 graphique ayant trait au
 puits de la rue Pio IX
 Extract of a drawing
 of the Via Pio IX shaft



■ Puits de la place Irnerio
■ Shaft in Piazza Irnerio



first time in Italy, was carried out with the freezing technique, similarly to the connection adits to the line. The connection adits to the line tunnels, respectively 5 and 13 metres in length, had an excavation cross-section of 11 m².

The Via Moricca ventilation shaft has an excavation diameter of 4.7 metres and a depth of 20 metres.

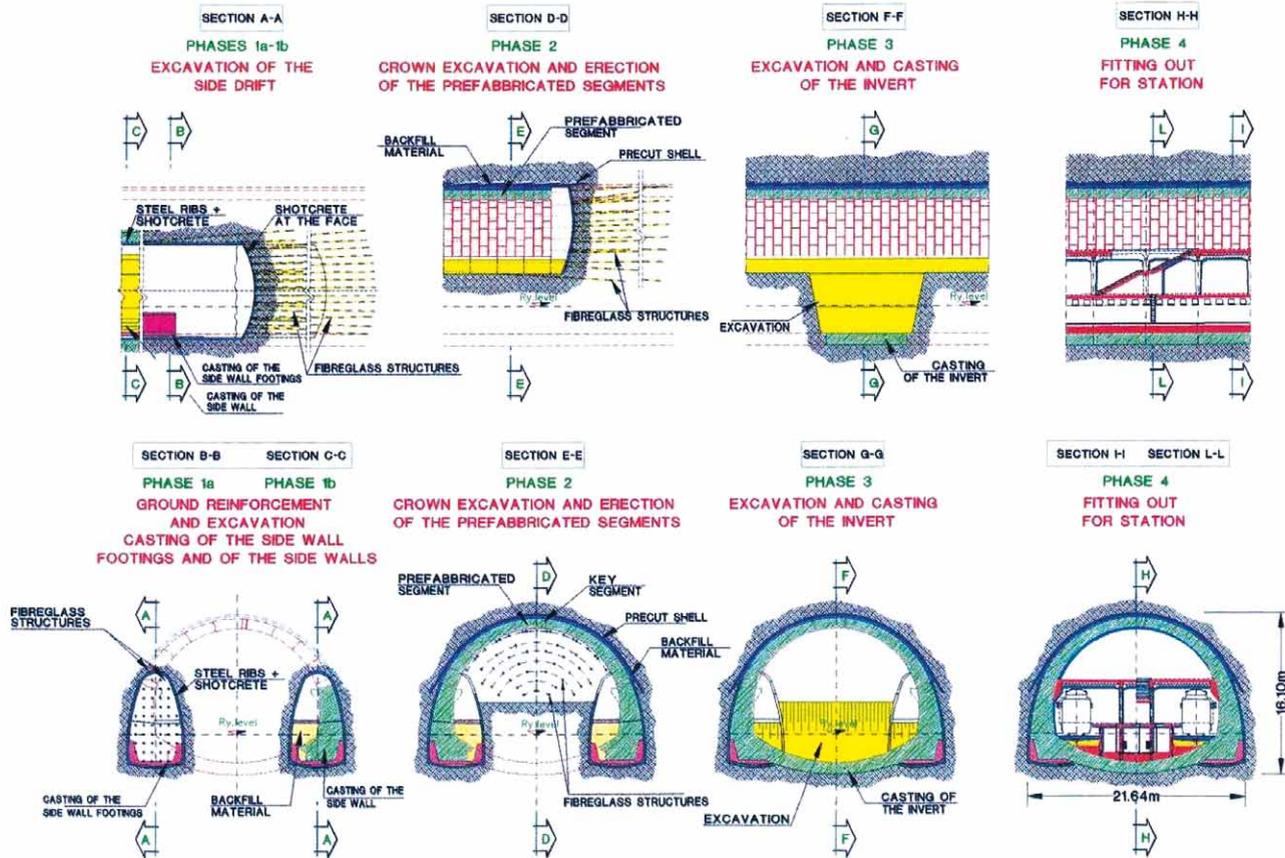
The connection to the ventilation chamber, which cannot be placed at the top of the shaft due to the presence of surrounding buildings, had an excavation cross-section of 15 m² for a length of 30 metres, 6 metres of which with a 25% inclination to permit the underpass of a sewer line. The work required 4 fields of forepoling.

For the shafts, we also built the interior dividers, while for the Piazza Irnerio ventilation chamber we built the floor slabs.

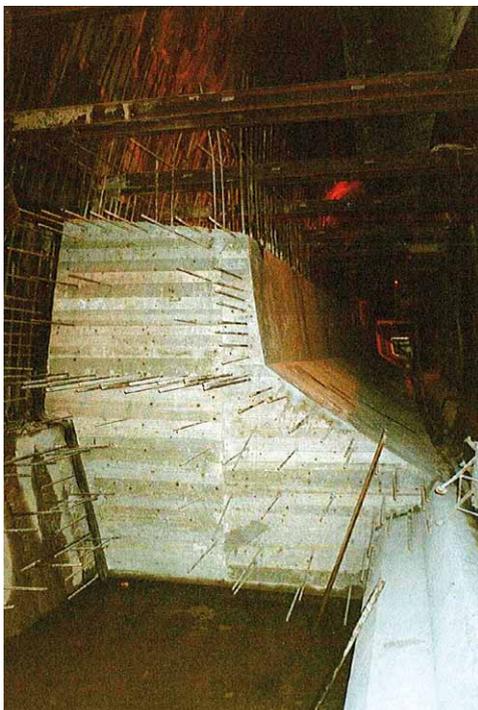
We were also involved in building the Baldo degli Ubaldi station, where a technologically cutting-edge and innovative excavation methodology was used.

The station is a single, large space, 130 metres long and 16 metres wide, built completely in the tunnel, at a depth of about 35 metres, covered with a vault of precast concrete segments. Two special technological solutions were used to build the vault: the "pre-cut" and the so-called "active vault." Its special features are the direct consequence of the areas' constraints, connected mainly with the type of ground to be excavated, the narrowness of Via Baldo degli Ubaldi (24 metres), and its importance as a road axis, which generated a contractual obligation to build the station without interrupting traffic.

The impossibility of going beyond the buildings' foundations required a construction solution with a single vault, which made it possible to contain the station inside this space, while it would not have been possible with the traditional three-tunnel solution. The work site, however, would have operated at the edge of the buildings' foundations, with the risk of ground settling which would have immediately impacted the buildings' stability. The designers thus developed a type of intervention which, although working on a very large volume, covered by a single large vault, was excavated by successive parts (first the two abutments, then the upper portion of the central core, and lastly the



Étapes de construction de la station Baldo degli Ubaldi
 Construction sequence of the Baldo degli Ubaldi station



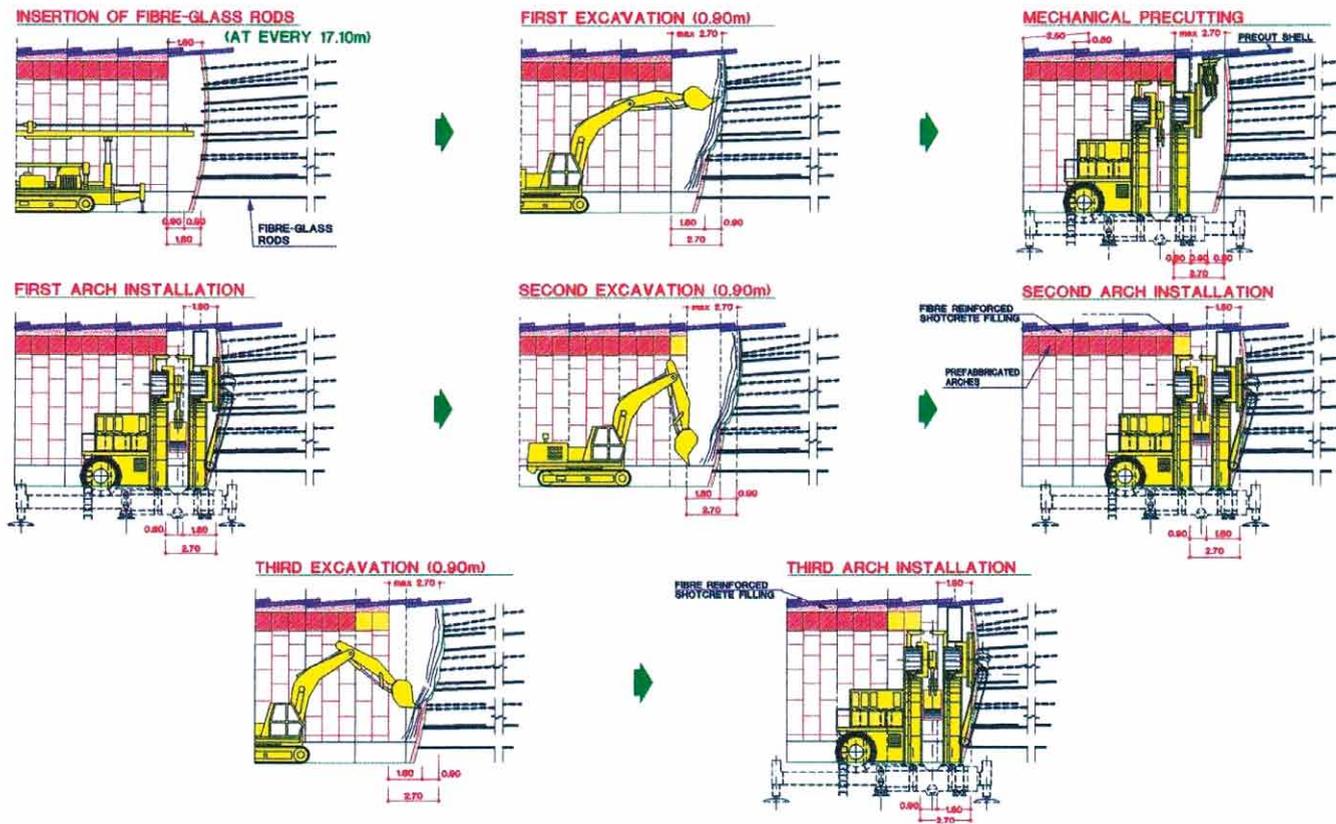
Piédroits d'appui de la voûte active de la station Baldo degli Ubaldi
 Abutment supporting the active vault in the Baldo degli Ubaldi station

partie inférieure). Il imposait la mise en œuvre simultanée de la charpente d'appui, réalisée elle aussi par étapes, à partir des piédroits, avec un soutènement constant et systématique du terrain à l'aide d'éléments en plastique renforcé de fibre de verre. La voûte de la station à proprement parler est formée de 12 voussoirs préfabriqués en béton : deux reposent sur les piédroits, neuf sont des modèles standard, et le dernier est un modèle spécial, appelé clé de la "voûte active". Cette clé contient deux vérins plats de 360 tonnes (course maximale de 3,5 centimètres), qui ont permis de mettre sous tension l'ensemble de la voûte : lorsque l'arc est achevé, le vide entre son extrados et la coque de prédécoupage a été bourré de béton projeté contenant des additifs. À partir des deux vérins de la clé de voûte, l'ensemble de l'arc a été mis en précontrainte afin de le rendre immédiatement actif et autoporteur. De cette façon, tout phénomène de déformation est annulé et l'on récupère les déformations élastiques subies par la coque de prédécoupage.

Au cours de cet ouvrage, Cipa a réalisé les piédroits en béton armé sur toute la longueur du tunnel et les consoles d'appui sur les piédroits du plancher de la mezzanine de la station, l'excavation partielle du puits en aval et de la dalle du radier, la dalle du radier et les panneaux de renforcement en béton, ainsi que toutes les découpes au fil diamanté.

Nous avons également mis en place les fondations de la superstructure ferroviaire des tronçons Ottaviano - Valle Aurelia sur environ 1,6 km et Valle Aurelia - Battistini sur env. 2,5 km dans les deux tubes. Qui plus est, les travaux de la place de la Salle en sous-sol ont eu pour objectif la construction d'une cabine électrique de l'Acea, pour le compte du Concessionnaire de la Municipalité de Rome. À l'heure actuelle, Cipa travaille encore pour ce maître d'ouvrage dans le cadre du programme d'AMLA 3 et d'AMLA 4 (modernisation de la Ligne A), à de nouveaux puits de milieu de ligne et leurs chambres de ventilation, et à des puits d'accès destinés aux services d'incendie. ■

- Phases d'excavation de la station Baldo degli Ubaldi
- Excavation phases of the Baldo degli Ubaldi station

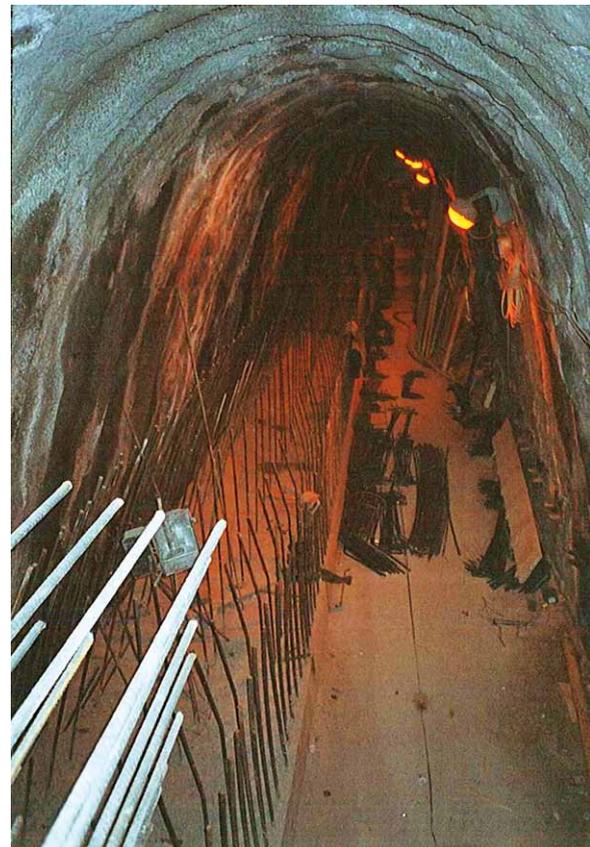


remaining, lower portion) with the simultaneous installation of the support structure, also built in successive stages, starting from the abutments, with a constant and systematic consolidation of the ground by fibreglass elements. The station's vault proper consists of 12 precast concrete segments: two resting upon the abutments, nine standard, and then a special one, the key segment of the "active vault," containing within it two flat 360 ton jacks (maximum extension: 3.5 centimetres) which made it possible to tension the entire vault: upon completion of an arch, the space remaining between the extrados and the pre-cutting shell was filled with additive and projected concrete. By acting upon the two jacks of the key segment, the whole arch was prestressed, thus making it immediately active and self-supporting, so as to cancel out any deformation phenomenon or to recover the elastic deformations already suffered by the pre-cutting shell.

In this work, Cipa: built the reinforced concrete abutments for the entire length of the tunnel, and the supporting brackets of the abutments of the station mezzanine's floor slab; carried out the partial excavation of the downstream shaft and of the bottom slab; built the bottom slab and the concrete interlinings; made all the cuts with diamond wire.

We also made the subgrade for the railway superstructure in the Ottaviano - Valle Aurelia section of about 1.6 km and in the Valle Aurelia - Battistini section for approximately 2.5 km on both tubes. Moreover, works were performed underground at Piazza della Salle for an ACEA electrical substation, directly on behalf of the concessionaire of the municipality of Rome, with which at present Cipa is carrying out works for the AMLA 3 and AMLA 4 programme (upgrading Line A), new shafts between the sections, and the relative ventilation chambers and fire department access. ■

- Excavation du piédroit
- Abutment excavation



Travaux de construction du métro de Rome - Ligne C

Excavation works for the Rome Underground - Line C



Les tunnels creusés dans le cadre de la Ligne "C" du métro de Rome appartiennent aux tronçons T5 et T6.

Notamment, le tronçon Alessandrino-Torrespaccata, Tronçon T5, a exigé:

- l'élargissement du tunnel de la ligne "Tronchino Alessandrino";
- l'interconnexion;
- la connexion en aval;
- la galerie du puits 5.6 à voie impaire;
- la galerie de secours en aval du Tronchino Alessandrino;
- la réalisation de la dalle de réglage dans les tronçons creusés au tunnelier.

L'accès a eu lieu à travers le puits d'aération Puits 5.6 qui fait office de tronçon final de la connexion en aval de la station Alessandrino et de début de la voie d'escale.

Le bâtiment de forme pratiquement rectangulaire s'étend sur une trentaine de mètres et a une largeur intérieure de 13,5 mètres.

Les dimensions de ce puits sont nettement supérieures aux besoins

The excavated tunnels for Line "C" of the Rome Underground are in section T5 and T6.

In particular, for the Alessandrino-Torrespaccata T5 section, the following were done:

- widening of the "Tronchino Alessandrino" line tunnel;
- interconnection;
- downstream connection;
- adit from shaft 5.6 to odd track;
- escape adit downstream of the Tronchino Alessandrino;
- construction of regulation slab in the sections excavated by TBM.

Access took place through ventilation shaft 5.6, which is the terminal section of the downstream connection of the Alessandrino station and the start of the staging point.

Almost rectangular in shape, the excavation extends for about 30 metres, with an internal width of 13.5 metres.

This shaft has dimensions far greater than those strictly needed to perform the function of ventilation, for two reasons: to allow, on the Alessandrino side, the entrance of the even track and of the connection, while, on the Torrespaccata side, a double-track tunnel for the insertion of the even track and the change track. The shaft is then connected to the odd-track tunnel by an adit.

Tronchino Alessandrino tunnel

What is called the Tronchino Alessandrino tunnel was excavated with subsequent widening of the cavity produced by the passage of the TBM, after the demolition of the lining segments for an excavation cross-section of 98 m² and a length of 226 metres.

Once the stretch of the TBM line tunnel to be demolished was filled, the excavation developed from the diaphragms of Shaft 5.6 in the direction of Torre Spaccata by half-section excavation, upon consolidation in crown by steel forepoling for a length of 14 metres. The heading proceeded with excavation 9.60 metres in length, with the positioning of a pair of ribs in IPE180 steel at an interaxis of 1.20 metres, and shotcrete. The half-section, with an elevation of the working plane in correspondence with the water table at about +28.00 metres above sea level, permitted the execution of a series of cement injections in order to reduce

stricts de sa fonction d'aération, et ce pour deux raisons : afin de permettre, côté Alessandrino, l'entrée de la voie paire et de la connexion, et côté Torrespaccata, d'un tunnel à double voie pour l'introduction des voies paire et d'aiguillage. Le puits est alors relié au tunnel de la voie impaire par une galerie.

Tronchino Alessandrino

Le tunnel dénommé Tronchino Alessandrino a été creusé en élargissant le vide provoqué par le passage du tunnelier après la démolition des voussoirs de revêtement, sur une section d'excavation de 98 m² et une largeur de 226 mètres.

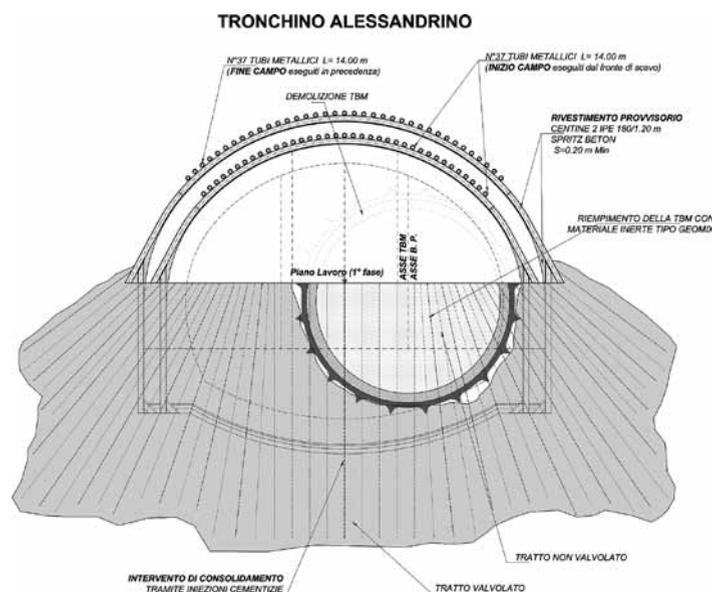
Lorsque le tronçon du tunnel du tunnelier a été rempli, l'excavation s'est poursuivie depuis les voiles du Puits 5.6 en direction de Torre Spaccata en demi-section, après avoir aménagé le soutènement de la calotte par enfilages métalliques de 14 mètres de longueur. L'avancement a continué par rayons d'excavation de 9,60 mètres de longueur, et par la mise en place d'une paire de cintres en acier IPE180 à entraxe de 1,20 m, et de béton projeté.

La demi-section, avec un niveau du plan de travail à hauteur de celui de la nappe, en l'occurrence à +28,00 m au-dessus du niveau de la mer, a permis de réaliser une série d'injections de béton afin de réduire la perméabilité des matériaux du deuxième banc jusqu'à la section définitive. Pour la phase de banc, le revêtement provisoire a été mis en place avec une paire de cintres IPE180 à entraxe de 1,20 m, boulonnés à la plaque de base de la première phase.

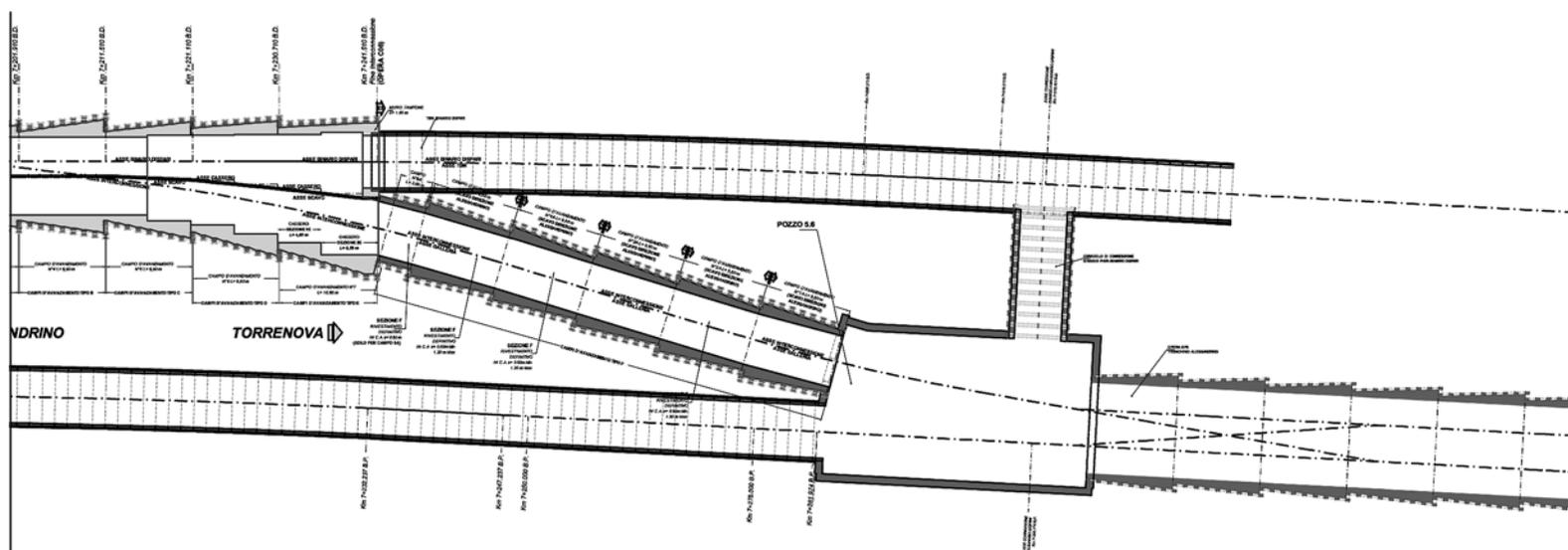
Le revêtement définitif dont l'épaisseur varie entre 60 et 130 cm a été réalisé au moyen d'un coffrage de L = 6,00 m, après mise en place du système d'imperméabilisation (TNT + gaine en PVC) et d'une armature composée d'éléments en treillis. La Galerie de secours a été creusée en aval du Tronchino, en pleine section de 9 m² et 15 mètres de longueur,



- Phase de soutènement
- Consolidation phase



- Tronchino Alessandrino - Encadrement des ouvrages
- Tronchino Alessandrino - Grading work





Interconnexion, imperméabilisation et armature de la deuxième phase

the permeability of the materials that were the objects of the second bench, up to the final section.

For the bench phase as well, the temporary lining was done with a pair of IPE180 ribs at an interaxis of 1.20 metres, bolted to the first-phase base plate. The final lining, with a variable thickness between 60 and 130 cm, was made through the use of a L=6.00 m formwork, after positioning the waterproofing package (TNT+ PVC sheath) and reinforcement consisting of lattice elements. Downstream of Tronchino, the escape tunnel was excavated in whole section of 9 m² and 15 metres in length, while in correspondence with Shaft 5.6 excavation and lining was done, again proceeding by half-section and then lowering the connection tunnel, for an excavation cross-section of 40 m² and a length of 18 metres.

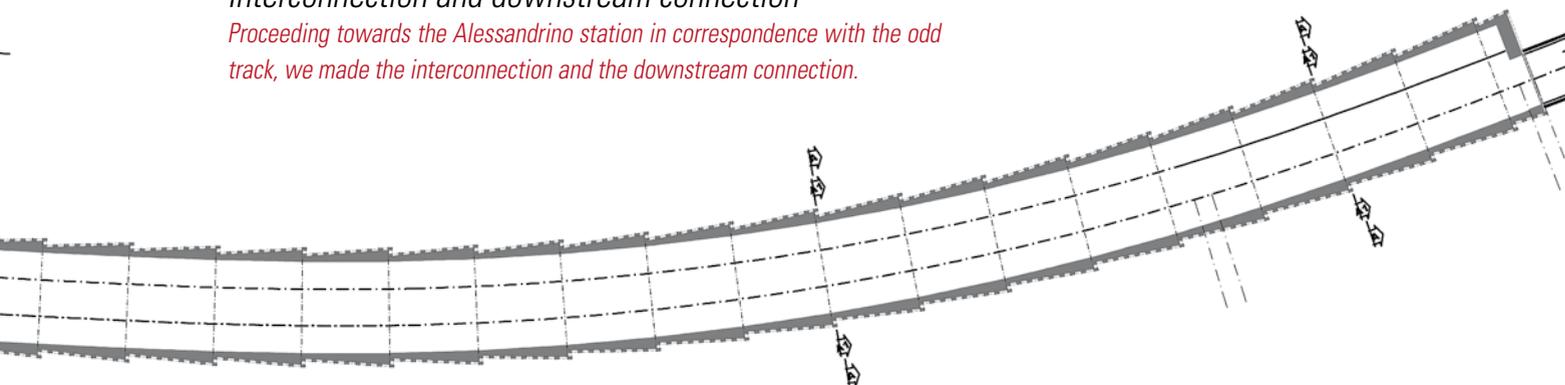
Interconnection, waterproofing, and reinforcement, second phase



Phase de béton projeté - Tunnel Giglioli
Shotcrete phase - Giglioli tunnel

Interconnection and downstream connection

Proceeding towards the Alessandrino station in correspondence with the odd track, we made the interconnection and the downstream connection.





tandis qu'à hauteur du Puits 5.6, l'on a réalisé l'excavation et le revêtement en procédant toujours par demi-section, puis en rabaisant la galerie de raccordement, sur une section d'excavation de 40 m² et une longueur de 18 mètres.

Interconnexion et Connexion en aval

En progressant en direction de la station Alessandrino à hauteur de la voie impaire, nous avons construit l'interconnexion et la connexion d'aval.

L'interconnexion a été réalisée en deux phases d'excavation après mise en place du soutènement de la calotte et des injections, sur une section d'excavation de 69 m² et une longueur de 50 mètres entièrement revêtue.

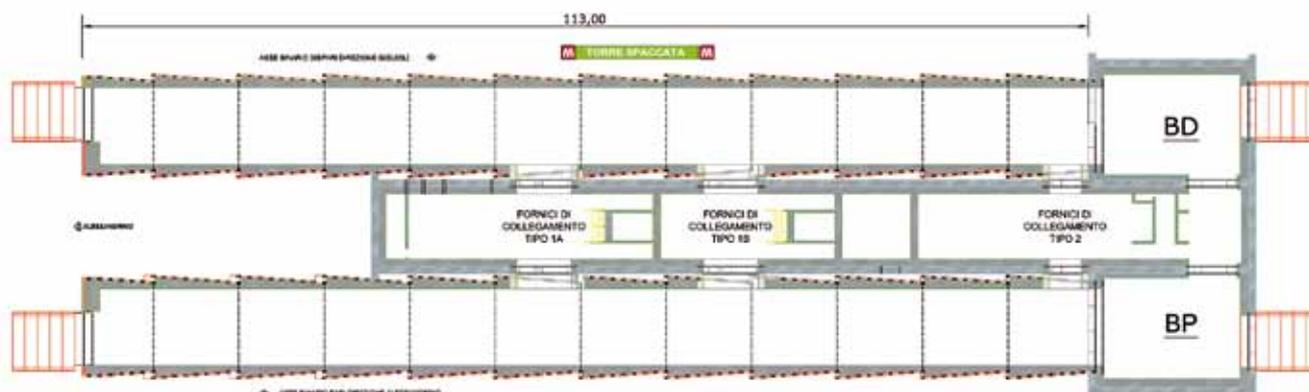
Quant à la Connexion, nous avons posé le revêtement définitif de la première phase et du banc. La première phase a été achevée avant la réalisation du banc. Pour ce faire, la demi-section a été consolidée par deux poutres fortement armées. Ce n'est qu'après les coulées des calottes que l'on a achevé l'excavation du banc et le revêtement définitif pour la fermeture de l'arc en phases alternées,

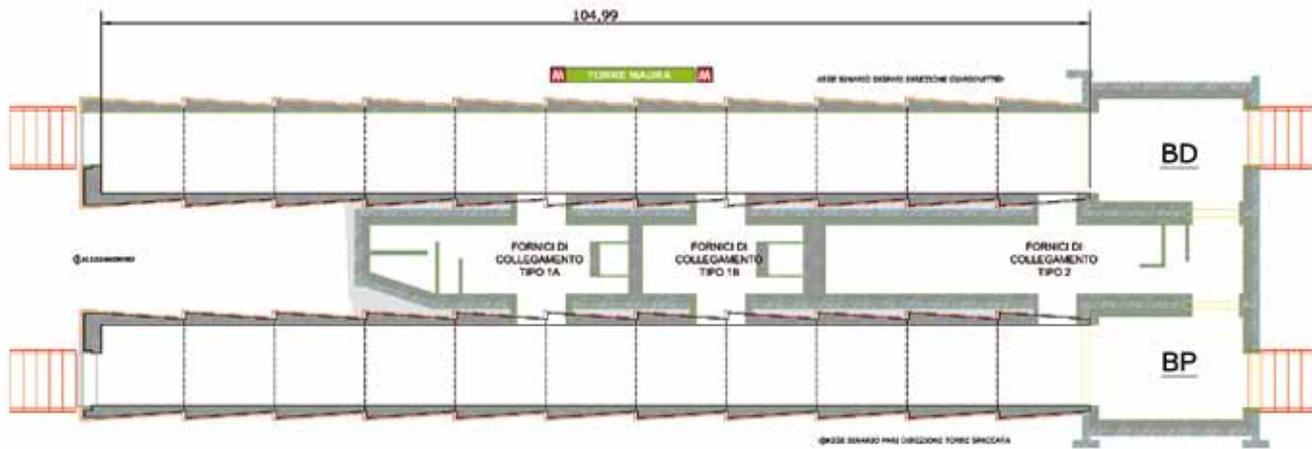
- Connexion en aval - Tampon
- Downstream connection - Sealing



- Revêtement Torrespaccata - pertuis
- Torrespaccata lining - Adits

- Classement TS
- TS grading





Excavation du tunnel de la ligne - Station Torre Maura
 Line tunnel excavation - Torre Maura station

en laissant systématiquement une section entièrement revêtue à l'arrière de l'excavation.

Pour le tronçon T6, les travaux ont procédé de la manière suivante.

Station Torrespaccata

Deux galeries de quai en évasement avec démolition des voussoirs du tunnelier et excavation en demi-section avec des champs d'enfilage, puis le banc après les injections de soutènement vers le bas. Revêtement définitif de la calotte avec un coffrage spécial après jet d'air. Section moyenne de 92 m² et longueur d'environ 110 mètres pour chaque tunnel. Réalisation de galeries de raccordement VP/VI.

Station Torre Maura

Deux galeries de quai en évasement avec démolition des voussoirs du tunnelier et excavation en pleine section avec champs d'enfilage. Revêtement définitif de la calotte avec un coffrage spécial après jet d'air. Section moyenne de 92 m² et longueur d'environ 106 mètres pour chaque tunnel.

Réalisation de galeries de raccordement VP/VI. ■

The interconnection was done in two excavation phases, upon consolidation in crown and injections, for an excavation cross-section of 69 m² and a length of 50 metres, and lined for the entire length. For the connection, we made the final lining of the first phase and the bench. The first-phase lining was completed prior to making the bench; to allow this, the half-section was supported by two heavily reinforced supporting beams. Only after the casting of the crowns was the excavation of the bench, and the final lining at the closure of the arch carried out in alternate phases, completed, thus always leaving a fully lined section behind the excavation.

The T6 section was done as follows.

Torrespaccata station

Two platform tunnels in widening with demolition of the lining segments of the TBM and excavation by half-section with fields of forepoling and subsequent bench, upon the performance of downward consolidation injections. Final lining of the crowns with formwork for this purpose, after air jet. Average section of 92 m² and length of about 110 metres for each tunnel.

Construction of connection adits, even track/odd track.

Torre Maura station

Two platform tunnels in widening with demolition of the lining segments of the TBM and excavation in whole section with forepoling fields. Final lining of crown with formwork for this purpose, after air jet. Average section of 92 m² and length of about 106 metres for each tunnel.

Construction of connection adits, even track/odd track. ■



Variante di Valico

Depuis 2006, Cipa participe à la réalisation de la "Variante di Valico" pour le renforcement de l'autoroute A1 entre Sasso Marconi et Barberino. Nous y avons réalisé le chiffre non négligeable de 34 puits structuraux et de drainage, ainsi que le revêtement définitif d'une partie du tunnel principal.

Les puits structuraux ont été creusés dans le cadre de la construction des viaducs, au moyen d'un godet et d'un brise-béton en installant des bordures de blindage et un revêtement avec un grillage électrosoudé et du béton projeté à prise rapide. Après l'excavation, les puits ont été remplis de béton.

Voici les puits structuraux qui ont été creusés et les viaducs correspondants.

Since 2006, Cipa has taken part in the construction of the "Variante di Valico," in order to strengthen the A1 motorway between Sasso Marconi and Barberino, where we have built structural and drainage shafts in considerable number - 34 of them - as well as the final lining of part of the main tunnel.

The structural shafts were built as part of the construction of the viaducts, excavating by bucket and concrete breaker, and making stiffening and lining with welded wire mesh and quick setting shotcrete. At the end of the excavation operations, the shafts were filled with concrete. These are the structural shafts that were made, and their afferent viaducts.

Casaglia Viaduct

- 10 shafts with an excavation diameter of 8.30 metres and an average depth of 24 metres.
- 2 shafts with an excavation diameter of 12.60 and a depth of 42 metres.

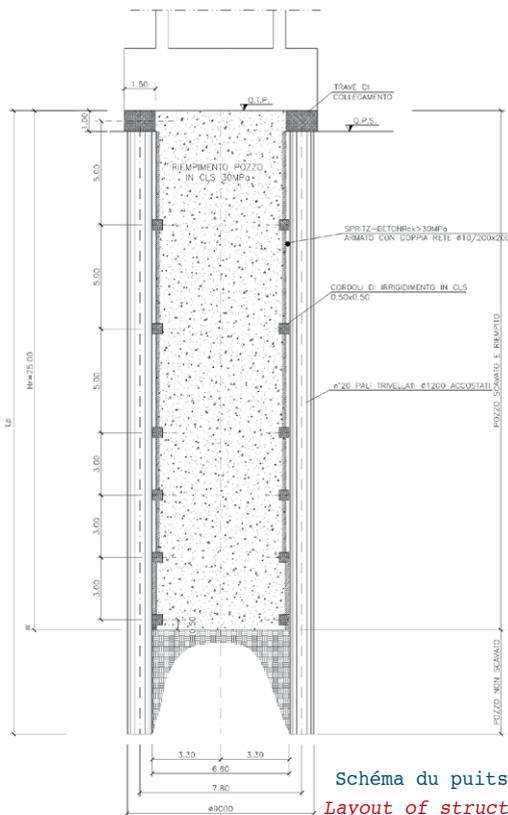
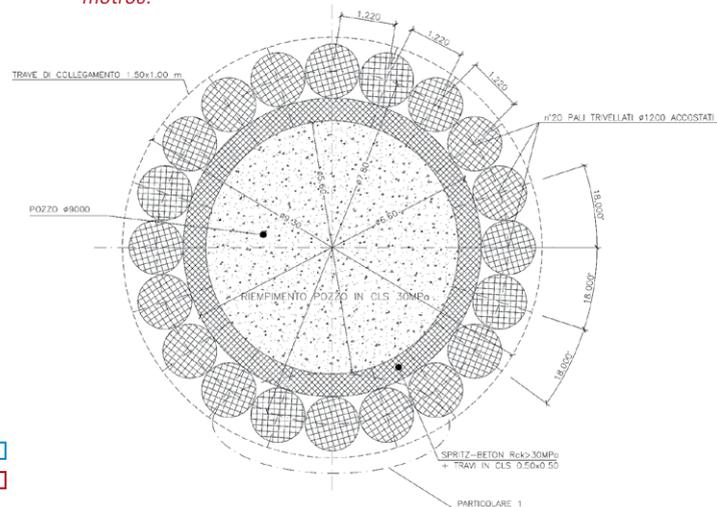


Schéma du puits structural
Layout of structural shafts





Coffrage modulaire
 Modular formwork



Revêtement de puits structuraux Variante di Valico
 Lining of structural shafts, Variante di Valico

Viaduc Casaglia

- 10 puits d'un diamètre d'excavation de 8,30 mètres et d'une profondeur moyenne de 24 mètres.
- 2 puits d'un diamètre d'excavation de 12,60 mètres et d'une profondeur de 42 mètres.

Viaduc Stura

- 4 puits d'un diamètre d'excavation de 11,00 mètres et d'une profondeur moyenne de 16 mètres.

Viaduc Montecarelli

- 2 puits d'un diamètre d'excavation de 7,50 mètres et d'une profondeur de 17 mètres.
- 2 puits d'un diamètre d'excavation de 9 mètres et d'une profondeur de 17 mètres.

Viaduc Le Bandite

- 2 puits d'un diamètre d'excavation de 11,00 mètres et d'une profondeur de 15 mètres.
- 2 puits d'un diamètre d'excavation de 9,00 mètres et d'une profondeur de 17 mètres.

Viaduc Casaglia
 Casaglia viaduct



Travaux à l'intérieur d'un puits
 Working operations inside a shaft

Stura Viaduct

- 4 shafts with an excavation diameter of 11.00 metres and an average depth of 16 metres.

Montecarelli Viaduct

- 2 shafts with an excavation diameter of 7.50 metres and a depth of 17 metres.
- 2 shafts with an excavation diameter of 9 metres and a depth of 17 metres.

Grue à chenilles pour les aménagements des puits
 Track crane for working in the shafts



Revêtement avec des plaques incurvées préfabriquées
 Lining with precast curved slabs



- 2 puits d'un diamètre d'excavation de 7,50 mètres et d'une profondeur de 17 mètres.

Les puits structuraux de drainage ont été réalisés dans le cadre de la construction de la station Poggiolino, par excavation au godet et brise-béton, revêtement avec grillage électrosoudé, cintres métalliques, béton projeté à prise rapide, armature et jet de béton en remontée avec coffrages grimpants. Nos travaux se sont achevés par les perforations destinées aux raccordements hydrauliques de drainage entre les puits.

Station Poggiolino

- Creusement de 8 puits d'un diamètre d'excavation de 9,00 mètres et d'une profondeur de 22 mètres.

Dans le cadre des travaux de la Galerie principale, nous avons mis en place le revêtement définitif d'environ 1 800 mètres du tunnel avec un coffrage métallique hydraulique, 18 passages de raccordement entre les deux tubes et 14 évasements avec zone de sécurité, délimités par des plaques incurvées préfabriquées en béton armé posées au moyen d'engins équipés d'outillages spécialement conçus. Le béton qui constitue le revêtement définitif des tunnels, a été coulé derrière les plaques et les a englobées. ■

Le Bandite Viaduct

- 2 shafts with an excavation diameter of 11.00 metres and a depth of 15 metres.
- 2 shafts with an excavation diameter of 9.00 metres and a depth of 17 metres.
- 2 shafts with an excavation diameter of 7.50 metres and a depth of 17 metres.

The structural drainage shafts were made as part of the construction of the Poggiolino station, excavating by bucket and concrete breaker, lining with welded wire mesh and steel ribs, quick setting shotcrete, reinforcement and concrete casting in lift with climbing formwork. When the drilling was performed for the hydraulic drainage connections between the shafts, our working operations were concluded.

Poggiolino Station

- Construction of 8 shafts with an excavation diameter of 9.00 metres and a depth of 22 metres.

As part of the working operations for the main tunnel, we carried out the final lining of about 1,800 metres of the tunnel by hydraulic steel formwork, of 18 linking bypasses between the two tubes, and 14 widenings with lay-by, using curved precast reinforced concrete slabs, positioned on site by machines with specially designed equipment, behind which the concrete was cast that constitutes the final lining of the tunnels, which completely incorporated the slabs. ■

Un puits achevé
 A finished shaft





Grande Vitesse

High-Speed Railway Lines

Depuis l'an 2000, Cipa participe aux ouvrages civils de construction des lignes ferroviaires à grande vitesse, par la réalisation de nombreux puits de fonctions différentes, de même que par différents travaux dans les tunnels.

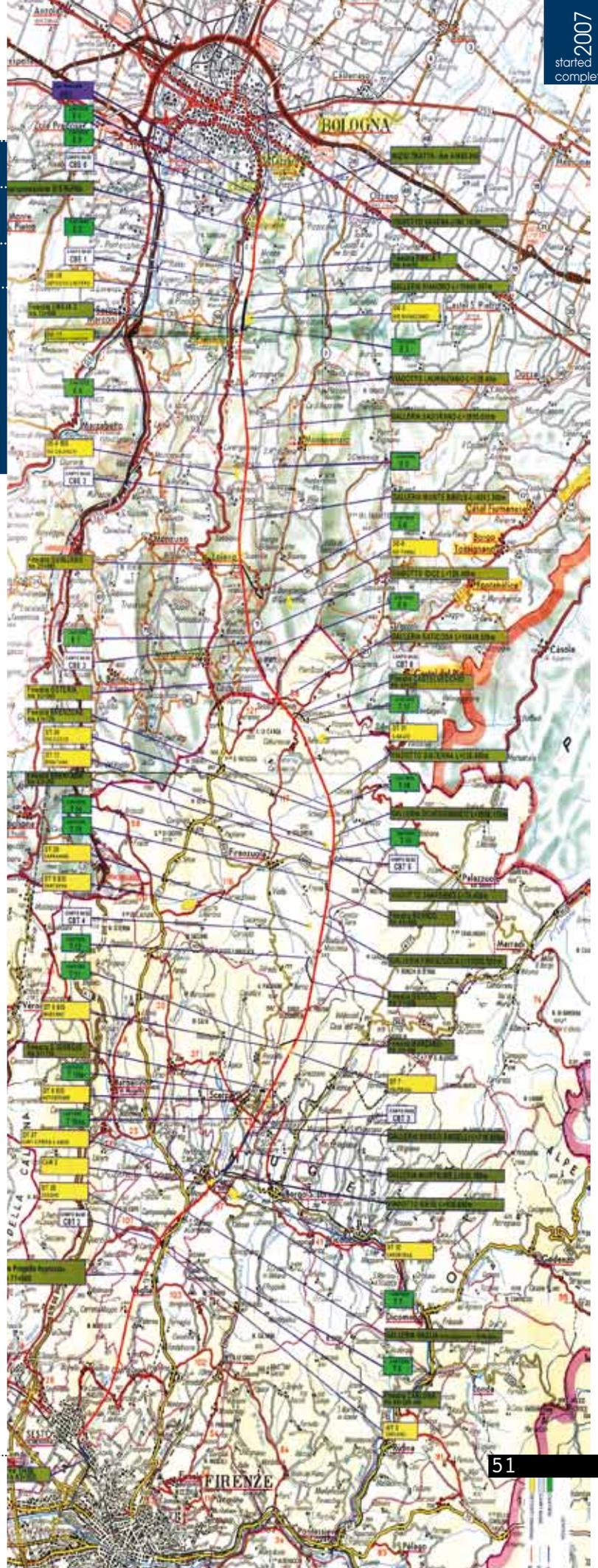
Viaduc Idice

Dans le cas du viaduc Idice, situé à l'entrée du tunnel Raticosa côté Bologne, nous avons creusé six puits structuraux circulaires de 11 m de diamètre et de 9 à 24 mètres de profondeur. L'excavation a été réalisée avec un godet et un brise-béton et le pré-revêtement au moyen de cintres métalliques et de béton projeté à prise rapide. Deux des six puits ont été creusés à proximité du lit du fleuve Idice à un niveau d'extrados de 380 mètres au-dessus du niv. de la mer, soit 4,56 mètres sous le niveau de la plus importante crue du siècle estimée à 384,56 mètres au-dessus du niv. de la mer.

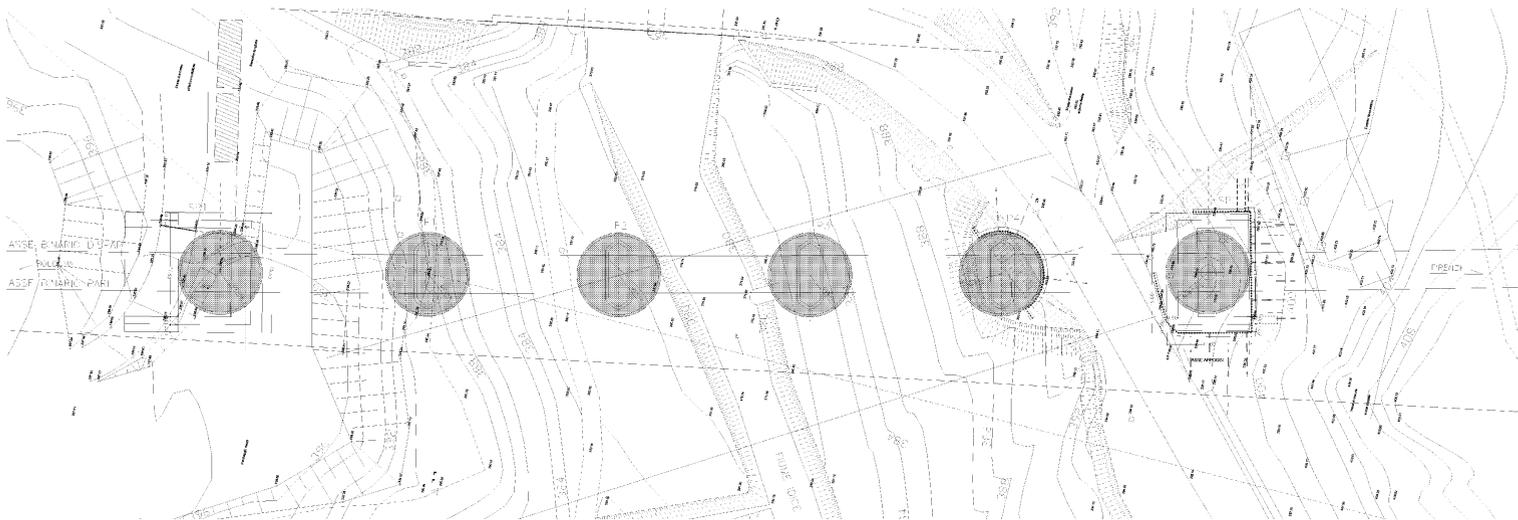
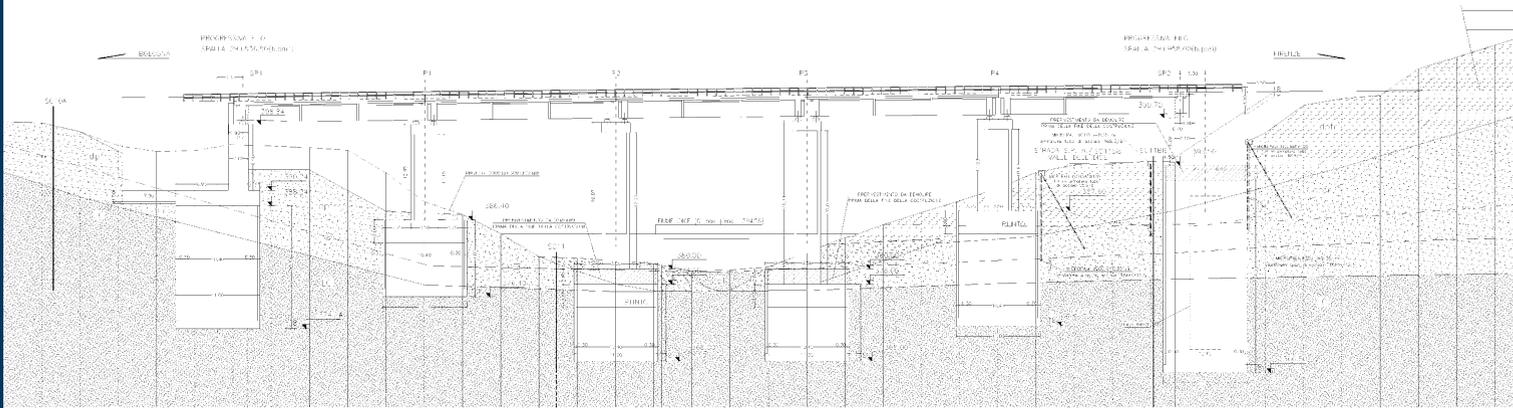
L'aménagement de tranchées de drainage a permis de travailler dans un environnement sec.

En fin de phase d'excavation, les puits ont été entièrement remplis de béton, sauf le piédroit SP2 pour lequel on a prévu un allègement du noyau avec mise en place d'un coffrage circulaire de 4 mètres de diamètre.

- Viaduc Idice traversé par le TGV Frecciarossa
- *Frecciarossa high-speed train transiting on the Idice viaduct*



- Puits structuraux du viaduc Idice
- Structural shafts of the Idice viaduct



- Construction des puits structuraux de drainage du viaduc Diaterna
- Concrete backfilling of structural drainage shafts, Diaterna side



Since 2000, Cipa has been executing civil works for the construction of high-speed railway lines, for which our company excavated shafts having different purposes, and executed various tunnel excavation works.

Idice Viaduct

As to the Idice viaduct located at the entrance to the Raticosa tunnel, on the Bologna side, we excavated six round structural shafts having a diameter of 11 metres, and with depths ranging from 9 to 24 metres. The excavation was carried out using buckets and rock breakers, pre-lining by steel ribs, and quick-hardening shotcrete. Two of the six shafts were excavated near the bed of Idice river at an extrados level of 380 metres a.s.l., i.e. 4.56 metres below the maximum flood level for a return period of 100 years, estimated at 384.56 metres a.s.l. The excavation of drainage trenches guaranteed a dry working environment.

At the end of the excavation phase, the shafts were completely back-filled with concrete, apart from abutment SP2, the central core of which was made lighter by using round formwork with a diameter of 4 metres.

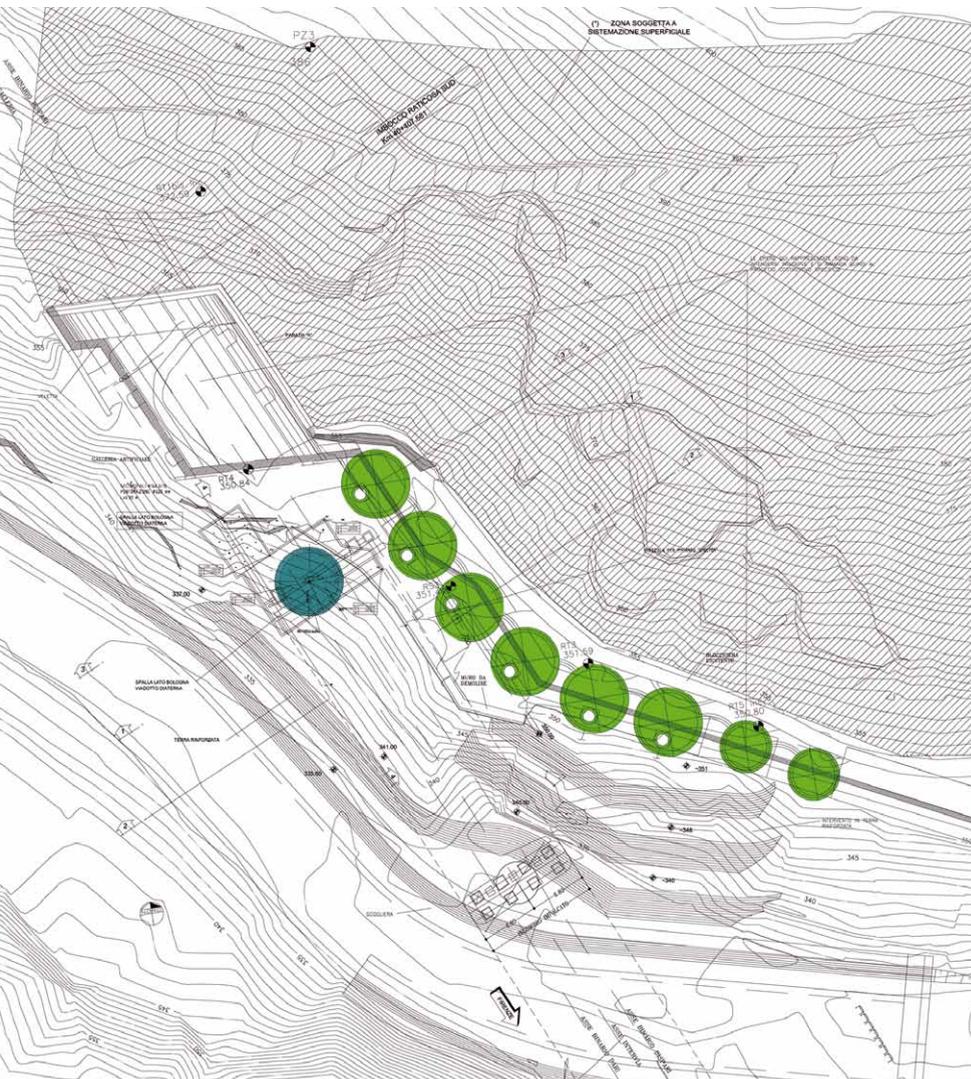
Diaterna Viaduct

Our company took part in the construction of this viaduct, located at the

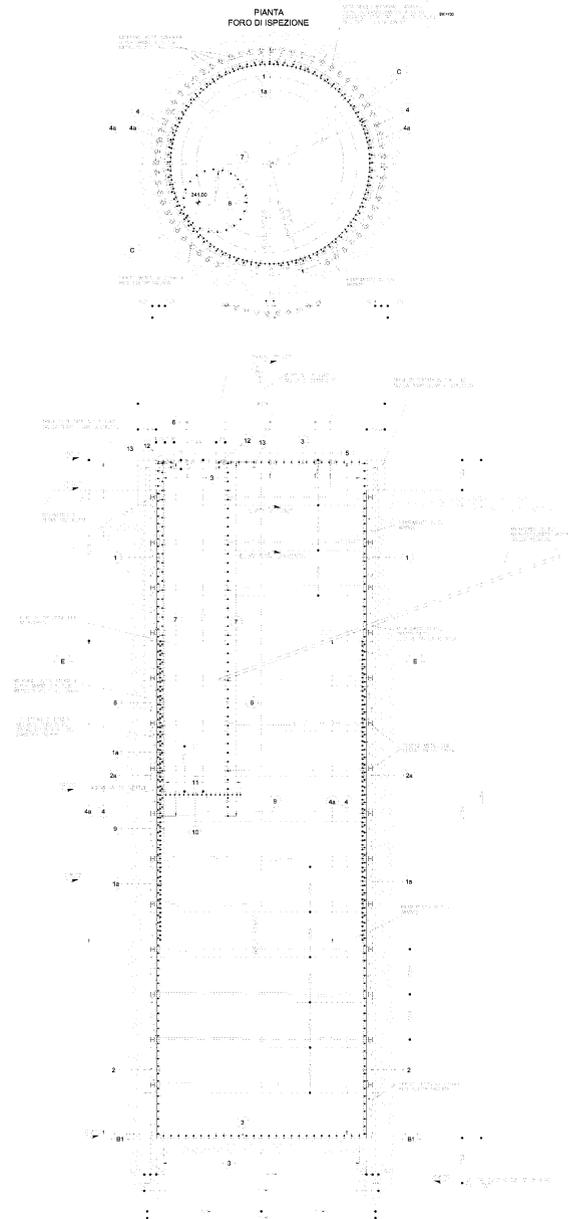


- Phase de coulée de remblaiement des puits structuraux de drainage du versant Diaterna
- Excavation of structural drainage shafts, Diaterna viaduct

- Viaduc Diaterna une fois construit
- Diaterna viaduct



Plan et schéma type des puits structuraux de drainage du viaduc Diaterna
 Plan view and schematic layout of the structural drainage shafts of Diaterna viaduct



□ Phase d'excavation à l'explosif des puits du viaduc Diaterna

□ Phase of excavation of Diaterna viaduct shafts using explosives



Viaduc Diaterna

Situé à l'entrée du tunnel Raticosa, côté Florence, nous avons participé à sa construction en creusant huit puits circulaires de fondations structuraux et de drainage pour la consolidation du versant gauche du torrent Diaterna, de 7,40 mètres de diamètre et de 22,50 mètres de profondeur, et un puits structural pour la culée du viaduc, de même diamètre et de 11 mètres de profondeur.

En plus du godet et du brise-béton, l'excavation a exigé l'emploi d'explosifs. Le pré-revêtement est constitué de cintres métalliques, d'un grillage électrosoudé et de béton projeté à prise rapide. En fin d'excavation, les puits ont été refermés au béton armé en laissant un petit puits libre, du diamètre de deux mètres et de la profondeur de 11 mètres, dans les puits de drainage.

Tunnel Raticosa

Ce tunnel a requis de notre part un travail unique en son genre: la construction de six puits structuraux à l'intérieur du tunnel, creusés de façon à obtenir une "clé de clavage" dans la roche, reliée au radier de

□ Réalisation des puits structuraux dans le tunnel Raticosa

□ Building of structural shafts inside Raticosa tunnel



□ Panoramique de la construction des puits du versant Diaterna

□ Wide shot of the shaft building, Diaterna side

entrance of the Raticosa tunnel, on the Florence side, by excavating eight round structural drainage foundation shafts of a diameter of 7.40 metres and a depth of 22.50 metres for the consolidation of the left shore of Diaterna stream, and a structural shaft for the viaduct abutment, having the same diameter and depth of 11 metres.

The excavation works were carried out using not only buckets and rock breakers, but explosives as well. The pre-lining was made of steel ribs, welded wire mesh and quick-hardening shotcrete. At the end of the excavation phase, the shafts were backfilled by reinforced concrete, while preserving, within the drainage shafts, a hollow volume of a diameter of 2 metres and a depth of 11 metres.

Raticosa Tunnel

For the construction of this tunnel, our company carried out unprecedented work: the excavation, from within the tunnel, of six structural shafts aimed at making the tunnel crown integral with the surrounding rock and connected to the invert in order to prevent tunnel bore deformation due to the considerable load exerted by the Diaterna slope because of its long-lasting instability. Such deformations occurred several times, affecting the works of the various companies involved from time to time. We can proudly state that the successful outcome of our works allowed the excavation of the remaining section of the tunnel – which had been at a standstill since the works on the Diaterna slope side began in 1998 – to be continued, and the last 100 metres of tunnel still to be excavated throughout the entire railway section from Florence to Bologna to be finally completed.



Excavation du puits et réalisation de niches dans le tunnel Raticosa
 Shaft excavation and construction of niches inside Raticosa tunnel

souterrain, pour éviter que le câble ne “vrille” sous l’énorme poussée exercée par le versant Diaterna en éboulement depuis des années. Les différentes entreprises qui se sont succédé sur le chantier se sont trouvées confrontées à ce problème de vrillage à maintes reprises. Nous signalons non sans orgueil que le succès de cet ouvrage nous a permis de débloquer le dernier tronçon de tunnel demeuré pratiquement à l’arrêt depuis 1998, lors du début des travaux sur le versant Diaterna. De ce fait, il a enfin été possible d’achever les 100 derniers mètres de tunnel encore en chantier sur l’ensemble du tronçon de Florence à Bologne.

Les six puits ont un diamètre de 6,50 mètres pour deux de 8,28 mètres de profondeur et quatre de 12,18 mètres de profondeur. Ils ont été creusés au godet, au brise-béton et à l’explosif et pré-revêtus de cintres métalliques, de grillage électrosoudé et de béton projeté à prise rapide. Après l’excavation, les puits ont été armés et remplis de béton. Outre les puits, nous avons également construit le radier de souterrain avec des murettes sur 155 mètres de tunnel, le revêtement définitif en béton armé des chambres de manœuvre, de 12 m de longueur et de 34 m² de section, et les niches technologiques.

Tunnel accès Osteto

(bifurcation du tunnel Firenzuola)

Revêtement définitif en béton armé de quelque 700 mètres de tunnel. Réalisation des niches technologiques.

Tunnel accès Castelvecchio

(bifurcation du tunnel Raticosa)

Revêtement définitif en béton armé de quelque 1.135 mètres de tunnel. Réalisation des niches technologiques. Remblayage des deux chambres de manœuvre.

Tunnel accès Rovigo

(bifurcation du tunnel Firenzuola)

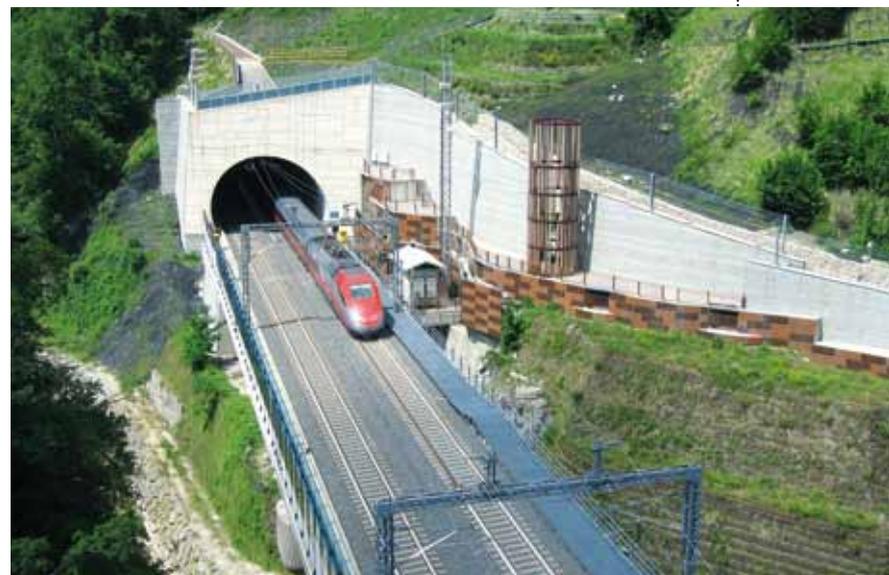
Revêtement définitif en béton armé de quelque 510 mètres de tunnel. Réalisation des niches technologiques.

The six shafts of a diameter of 6.50 metres, two of which 8.28 metres deep and the other four of 12.18 metres deep, were excavated using buckets, rock breakers and explosives, and pre-lined with steel ribs, welded wire mesh and quick-hardening shotcrete. At the end of the excavation phase, the shafts were reinforced and backfilled with concrete. In addition to the shafts, our company executed the invert and the elements in concrete for 155 metres of the tunnel length, and saw to the final lining in reinforced concrete of the underground structure intended for train shunting, for a length of 12 metres and a cross-section of 34 m², and the recesses housing the technological systems.

Osteto tunnel access (branch of Firenzuola tunnel)

Final lining in reinforced concrete for approximately 700 metres of the tunnel length. Execution of the recesses housing the technological systems.

Tunnel Raticosa versant Diaterna
 Raticosa tunnel, Diaterna side



- Coffrage pour la réalisation du portique de l'accès au tunnel Rovigo
- Formwork for the construction of the portal of the Rovigo tunnel access



Tunnel accès Emilia 2

(bifurcation du tunnel Pianoro)

Revêtement définitif en béton armé de quelque 279 mètres de tunnel. Réalisation de la trompe d'entrée du tunnel principal.

Tunnel Pianoro

Revêtement définitif des passages avec les interconnexions paires et impaires.

Galerie de reconnaissance géologique et de service (Sesto Fiorentino)

Réfection des parties détériorées du revêtement sur quelque 540 mètres de tunnel. Réalisation des calottes et du portique d'entrée nord sur environ 25 mètres.

Interconnexion S. Ruffillo (Bologne)

Pour l'interconnexion S. Ruffillo, nous avons construit le Tunnel Polycentrique, d'une section moyenne de 130 m² et d'une longueur

Castelvecchio tunnel access (branch of Raticosa tunnel)

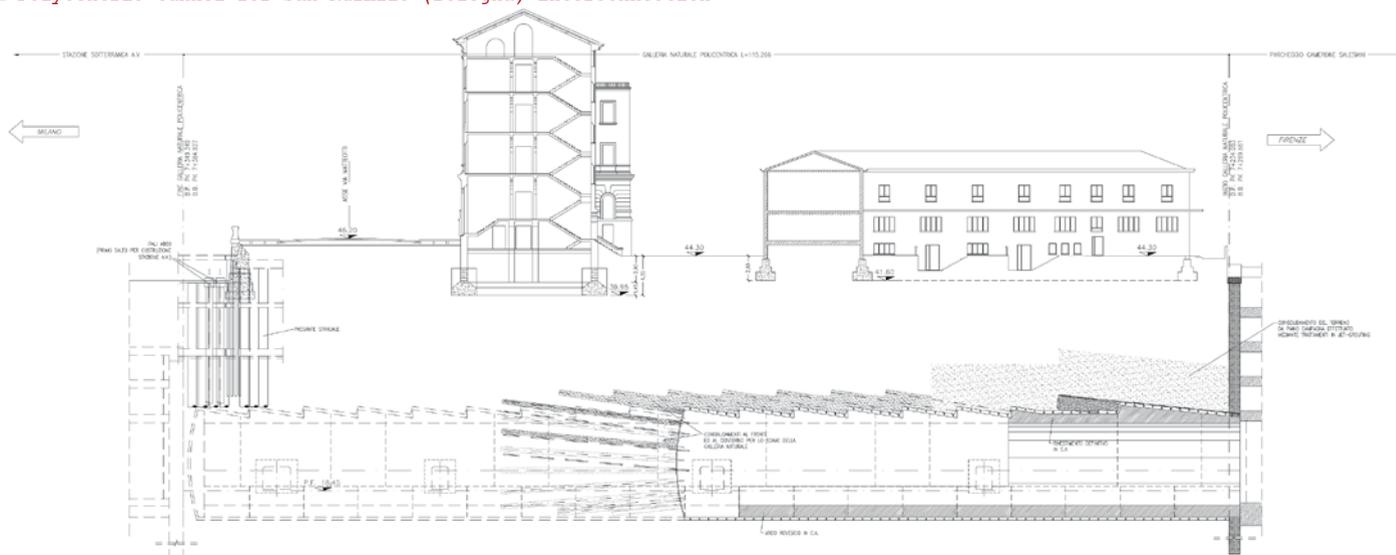
Final lining in reinforced concrete for approximately 1,135 metres of the tunnel length. Execution of the recesses housing the technological systems. Backfilling of the two box-shaped structures intended for train shunting.

Rovigo tunnel access (branch of Firenzuola tunnel)

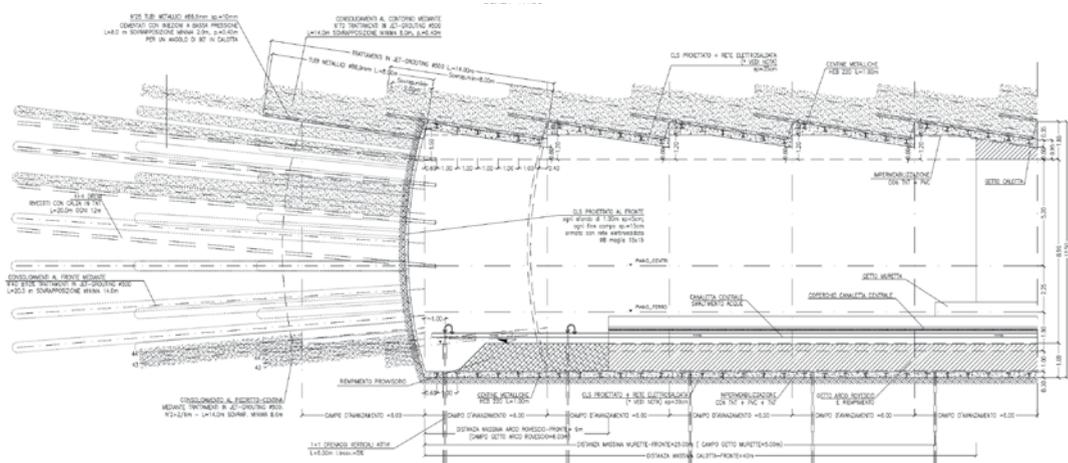
Final lining in reinforced concrete for approximately 510 metres of tunnel length. Execution of the recesses housing the technological systems.

- Tunnel polycentrique pour l'interconnexion S. Ruffillo (Bologne)

- Polycentric tunnel for San Ruffillo (Bologna) interconnection



Profil longitudinal et sections
du tunnel polycentrique pour
l'interconnexion S. Ruffillo
Longitudinal profile
and sections of the polycentric tunnel
for San Ruffillo interconnection



d'env. 115 m, en creusant en rayons d'avancement tronconiques de 6 mètres, avec pré-blindage par injections de jet grouting sur le pourtour et la face, enfilages d'un parapluie de micropieux, de cintres, de grillage électrosoudé et de béton projeté. L'imperméabilisation a été assurée par la pose de couches de textiles TNT+PVC, puis après l'armature, par la coulée du revêtement définitif à l'aide d'un coffrage. Nous avons également construit deux puits de ventilation de 5,6 mètres de diamètre et d'environ 26 mètres de profondeur, y compris les galeries de raccordement à la ligne. Pour la construction des puits, nous avons choisi la méthode de la reprise en sous-œuvre, du pré-blindage avec des cintres, un grillage électrosoudé et du béton projeté et l'imperméabilisation au TNT+PVC. Après réalisation de charpentes métalliques de renforcement des zones des tunnels de la ligne, l'excavation des galeries a eu lieu à l'aide de petits engins et le pré-revêtement a été assuré par des cintres, un grillage électrosoudé et du béton projeté. Imperméabilisation avec une couche de TNT+PVC. Revêtement définitif en béton armé. ■

Sesto Fiorentino - Ouvrage de réfection dans la galerie
de reconnaissance géologique et de service
Sesto Fiorentino - Rehabilitation of service
and geological investigation tunnel



Emilia 2 tunnel access (branch of Pianoro tunnel)

Final lining in reinforced concrete for approximately 279 metres of the tunnel length. Widening the tunnel cross-section for connection with the main tunnel.

Pianoro Tunnel

Final lining of the by-passes providing a link with odd- and even-numbered tracks.

Geological investigation and service tunnel (Sesto Fiorentino)

Restoration of lining for a length of approximately 540 metres. Construction of crowns and North tunnel portal for a length of approximately 25 metres.

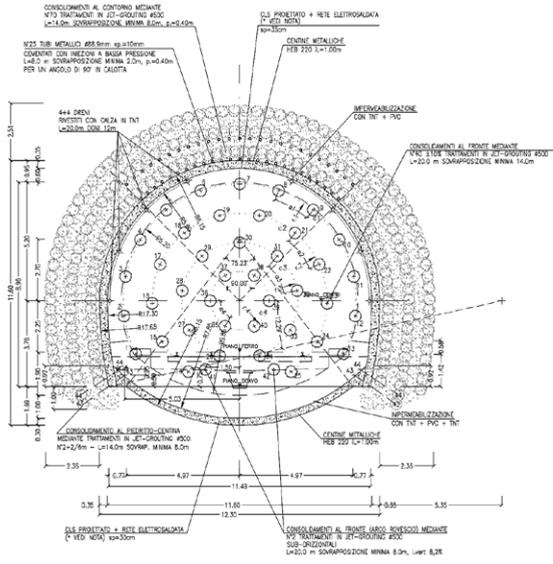
San Ruffillo (Bologna) Interconnection

As to the San Ruffillo interconnection, we excavated the polycentric tunnel, having an average cross-section area of 130 m² and length of approximately 115 metres, tunnel-face excavation progressing by truncated-cone-shaped sections of a length of 6 metres, with soil pre-consolidation by jet-grouting along the tunnel contour and the excavation face, forepoling, ribs, welded wire mesh and shotcrete. The waterproofing was executed by TNT+PVC layers and, after reinforcement, the final lining was executed by concrete cast in-situ using formwork. Our company also excavated two ventilation shafts having a diameter of 5.6 metres and a depth of about 26 metres, including the cross-link tunnels to the main line. For the excavation of the shafts we adopted the underpinning method, with pre-consolidation by means of steel ribs, welded wire mesh and shotcrete. The waterproofing was executed by TNT+PVC layers. The cross-link tunnels were excavated by previous erection of steel structures for the purpose of reinforcing the areas of interconnection with the railway line tunnel, using small-size equipment and machinery; the pre-lining was executed by steel ribs, welded wire mesh and shotcrete. TNT+PVC layers were used for waterproofing. The tunnel was lastly lined with reinforced concrete. ■

SEZIONE MINIMA

SCALA 1:100

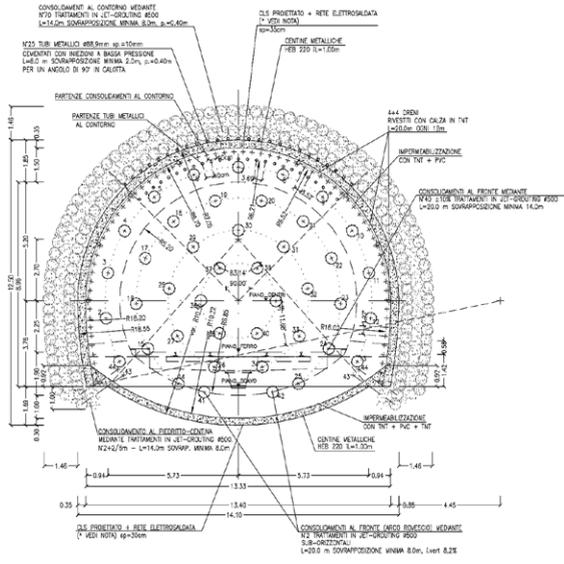
PARTENZE CONSOLIDAMENTI AL FRONTE



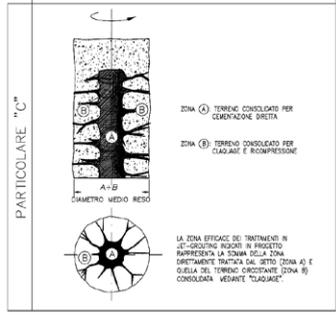
SEZIONE MASSIMA

SCALA 1:100

FINE CAMPO, PARTENZE CONSOLIDAMENTI AL CONTOURNO

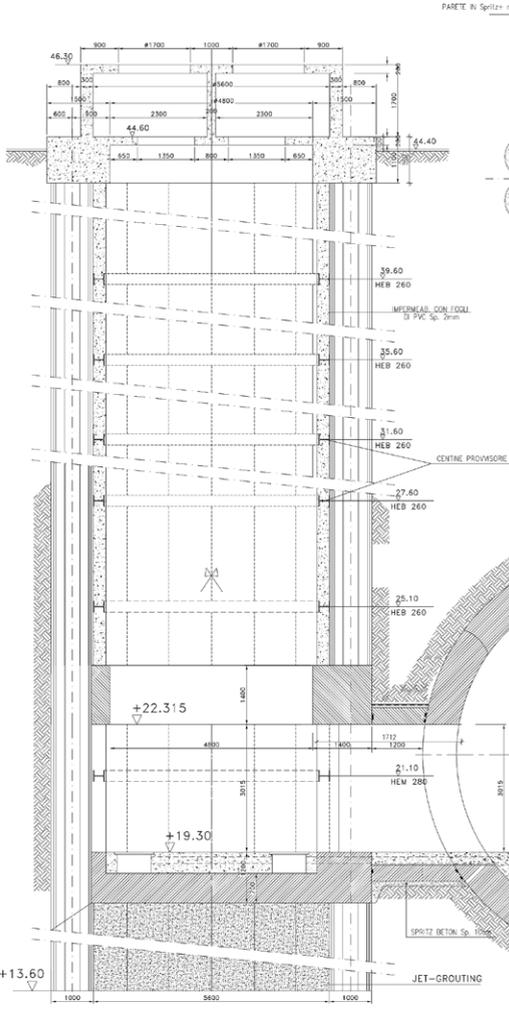


CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO
CON SISTEMA JET-GROUTING

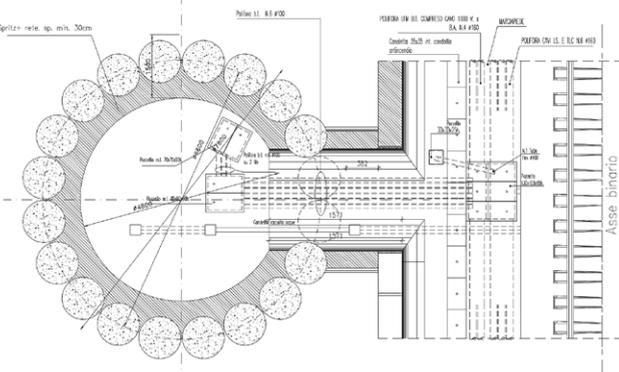


SEZIONE VERTICALE

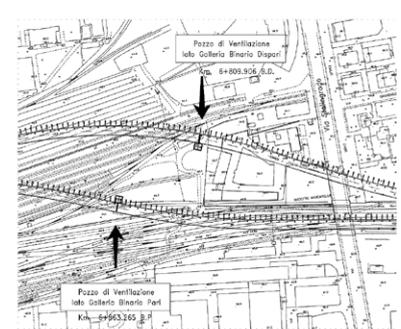
POZZO DI VENTILAZIONE E CUNICOLO 1:50



PIANTA CUNICOLO 1:50

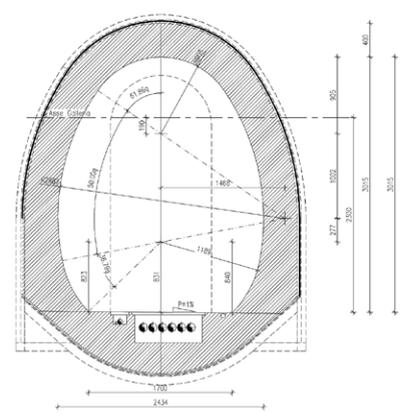


Planimetria di riferimento



- Puits de ventilation de l'interconnexion S. Ruffillo
- Ventilation shafts of the San Ruffillo interconnection

Sezione 1-1
Cunicolo tra Galleria e Pozzo di Ventilazione



Métro de Gênes tronçon De Ferrari – Brignole

Genoa Underground: De Ferrari - Brignole section

En 2006, la société consortiale Corvetto, détenue majoritairement par Cipa Spa, a entamé une série de travaux dans le cadre de la ligne De Ferrari - Brignole du métro de Gênes. Ces travaux ont été réalisés en grande partie par une entrée de puits et se sont achevés en 2009.

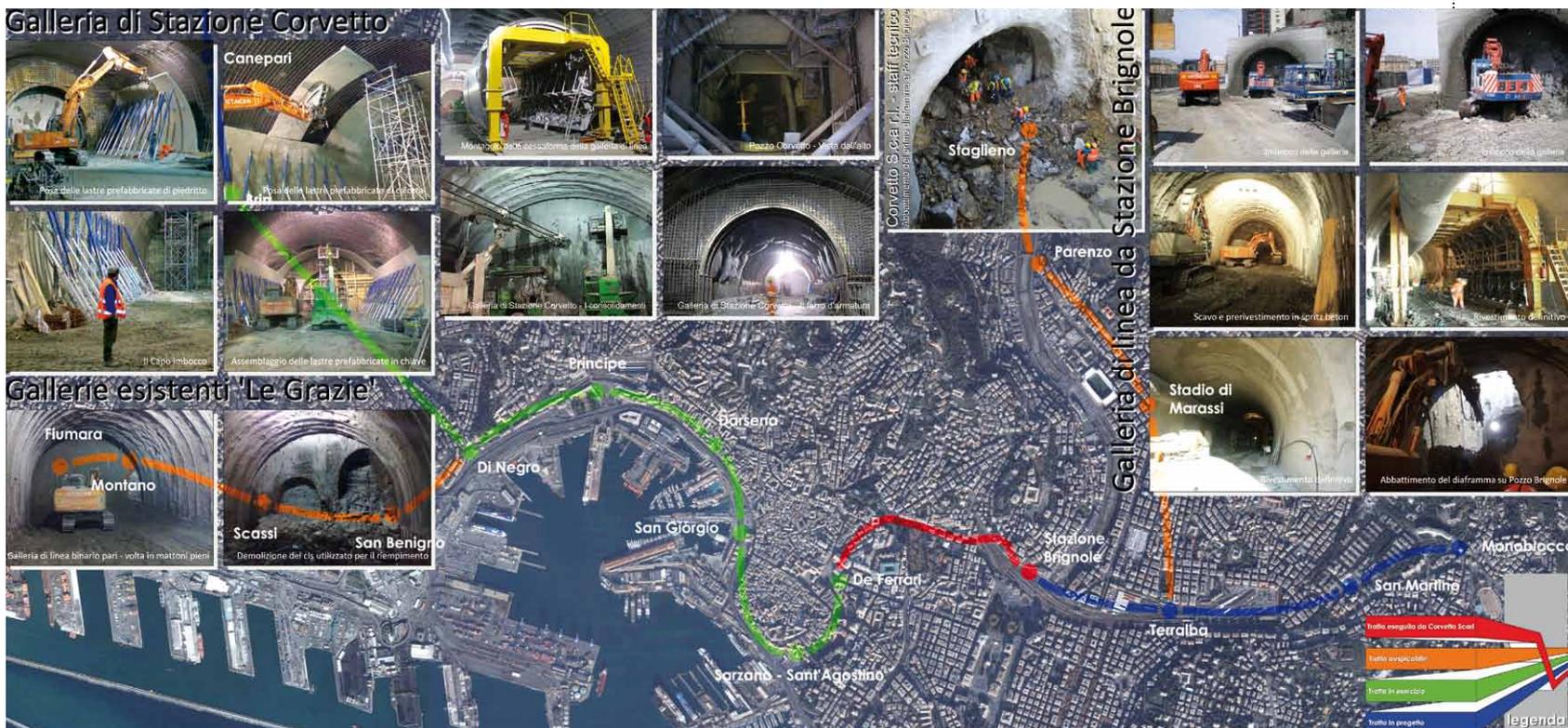
La ligne De Ferrari - Brignole est comprise entre le point métrique 6 400,00 à hauteur du dernier tronçon d'exploitation des tunnels "Le Grazie" actuels, de là l'on passe à travers une vaste chambre dans le tronçon de tunnel bitube au point métr. 7206,23 à hauteur des excavations à ciel ouvert de la Gare de Brignole.

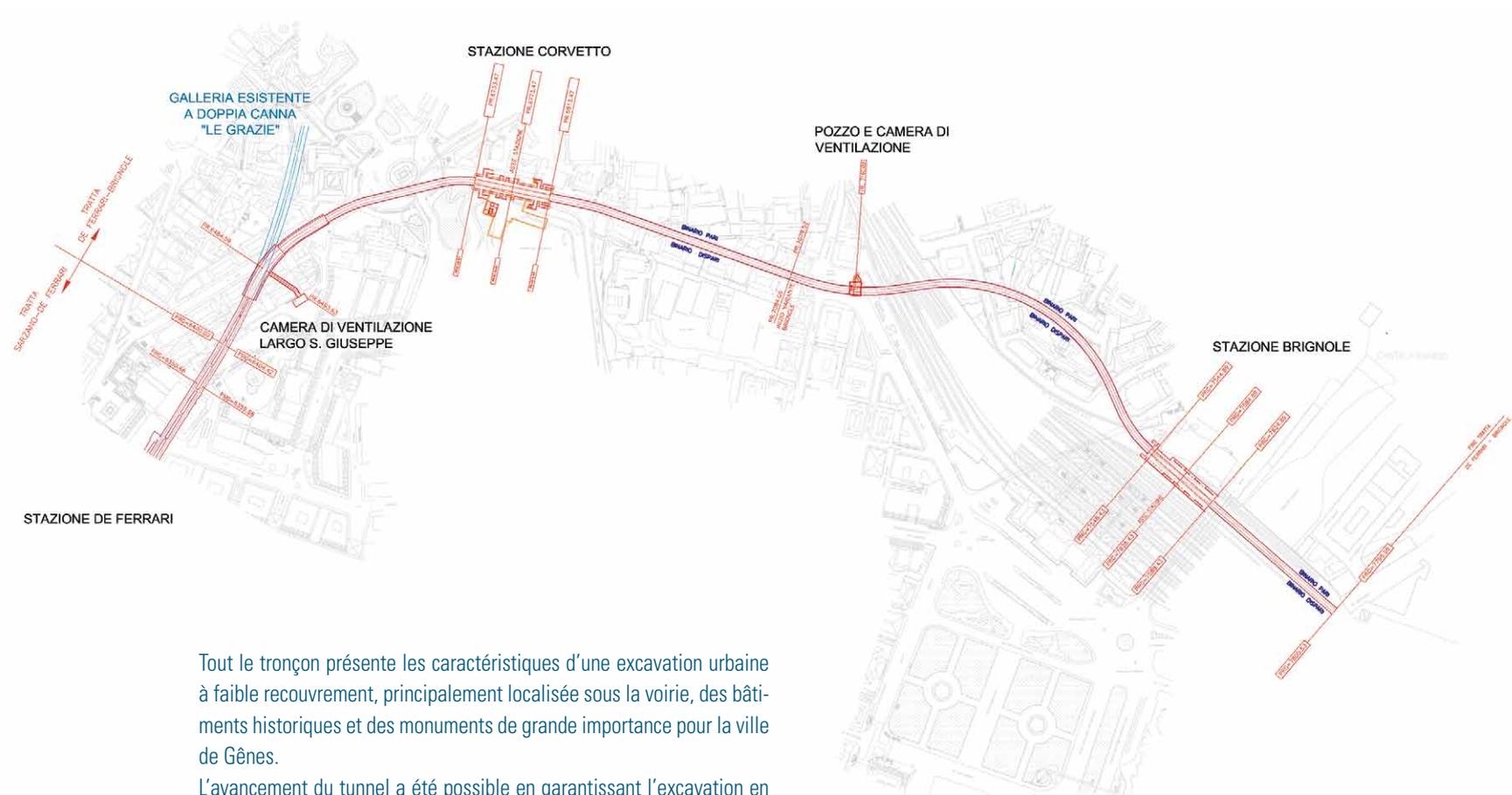
Sur la place Corvetto, nous trouvons les couvertures maximales dans la calotte d'environ 25 m, tandis qu'à la place Brignole, se trouvent les minimales d'environ 8 mètres.

In 2006, the Corvetto consortium, in which the majority is held by Cipa Spa, started a series of works for the De Ferrari - Brignole section of the Genoa Underground. The works were carried out largely with entrance from the shaft, and were completed in 2009.

The De Ferrari - Brignole section is between point 6400.00, in correspondence with the final section using the existing "Le Grazie" tunnels; from these, through a cavern, one passes to section of the double-tube tunnel at point 7206.23, in correspondence with the open-air excavation for the Brignole station.

At Piazza Corvetto we come across the maximum coverings in crown equal to about 25 metres, while at Piazza Brignole we find the minimum ones, equal to about 8 metres.





Tout le tronçon présente les caractéristiques d'une excavation urbaine à faible recouvrement, principalement localisée sous la voirie, des bâtiments historiques et des monuments de grande importance pour la ville de Gênes.

L'avancement du tunnel a été possible en garantissant l'excavation en pleine section à l'aide du système A.DE.CO. et en utilisant des sections transversales différentes en fonction des convergences relevées en cours d'ouvrage, et du comportement de déformation des terrains traversés.

Chaque section type du tunnel est définie par des soutènements dans la calotte, devant et au pied du cintre avec une intensité différente.

Station Corvetto

Entre les points métriques 6636,94 et 6716,94 se trouve la station Corvetto, formée d'un puits de descente de 36 mètres de profondeur d'où part ce que l'on appelle la Chambre d'abattage qui conduit aux tunnels de la station.

La Chambre d'abattage a été réalisée grâce à une excavation en trois étapes de banc. Elle a une hauteur totale de 21 mètres, des cônes de section moyenne de 170 m² et 32 mètres de long. Un soutènement de l'excavation a été mis en place avec des plastiques à renfort de verre cimentés sur le front et le pourtour subhorizontal et subvertical depuis le niveau d'excavation.

L'excavation a continué en section courante, en revêtant de béton armé la section partielle avant le début des étapes de banc successives.

Les galeries de la station sont à double voie et partent de la Chambre d'abattage sur une longueur de 80 mètres chacune et une section d'excavation de 152 m². Pour le revêtement définitif, l'on a utilisé des plaques incurvées préfabriquées en béton afin de retenir la coulée de

The entire section has the characteristics of an urban excavation with low covering, mainly centred under the road network, historic buildings, and monuments of considerable importance to the city of Genoa.

The advance of the tunnel was made possible by guaranteeing a full-section excavation by A.DE.CO. system, using different cross-sections according to the convergences observed during work in progress and to the strain behaviour of the soils that were crossed.

Each typical cross-section of the tunnel is defined by consolidations at the crown, at the face, and at the foot of the rib with different intensities.

Corvetto station

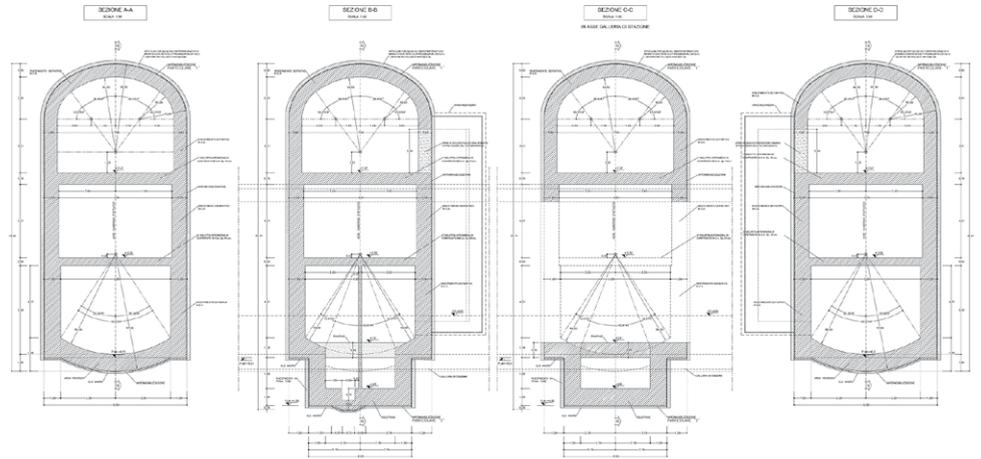
Between points 6636.94 and 6716.94 is the Corvetto station, consisting of a dropshaft 36 metres deep, from which the cavern called "Camerone di Attacco," which leads to the station tunnels, begins.

Camerone di Attacco was built with an excavation in three phases of bench. It is 21 metres high in total, with an average cross-section of 170 m², and is 32 metres in length. A consolidation of the excavation with cemented VTR at the face, on the subhorizontal and subvertical boundaries from the excavation level, was made.

The excavation proceeded in current section, covering the partial sec-



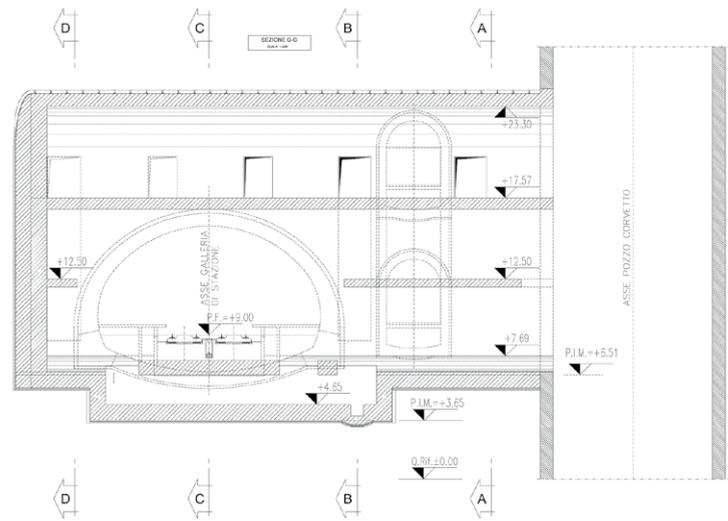
Puits d'accès à la station Corvetto
 Entrance shaft to Corvetto station



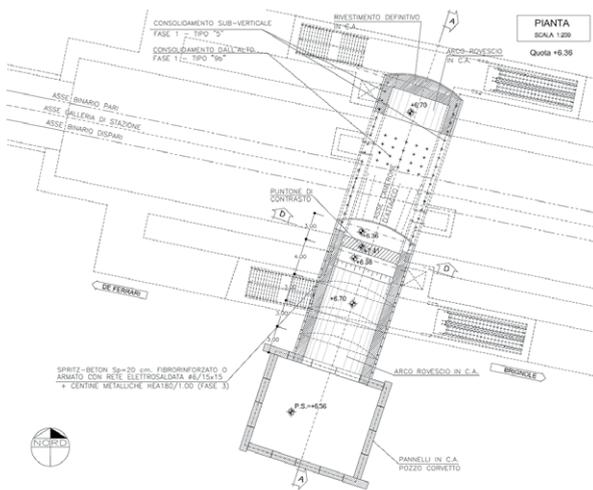
béton qui les englobe. Les plaques, connues comme "Prédalles courbes", sont dotées d'une armature de projet sur leur contreparement. Par ailleurs, un équipement a été spécialement conçu pour leur manutention et leur positionnement.

Tronçon station Corvetto - De Ferrari

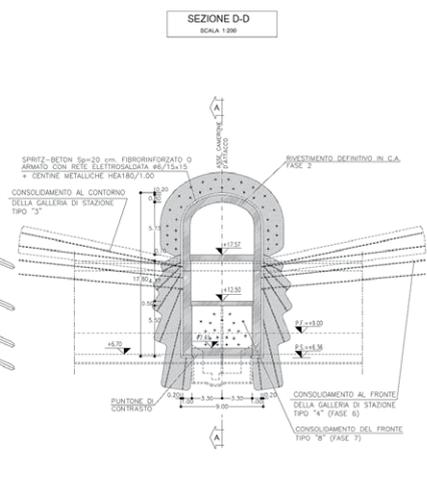
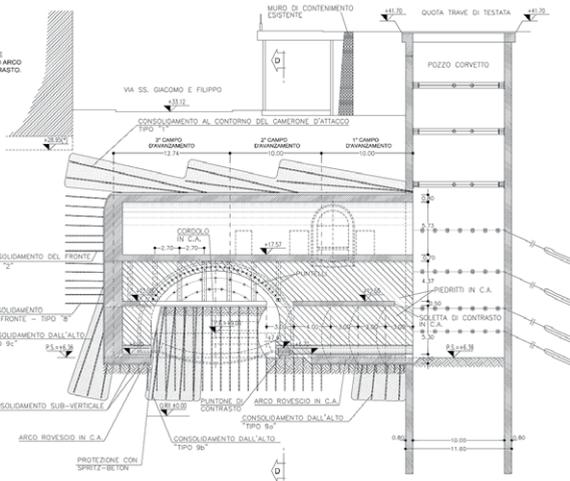
Du tunnel de la station Corvetto en direction de De Ferrari, nous avons réalisé une série de galeries en enfilade : la galerie de la ligne 2, de 167 mètres de longueur avec une section d'excavation de 66 m², la chambre de raccordement de type 2, de 70 mètres de longueur et de 99 m² de section d'excavation, la chambre de type 1, de 50 mètres de longueur et de 145 m² de section d'excavation. À l'intérieur de cette dernière se dessine le réalignement des deux galeries "Le Grazie" actuelles, remises en état par nos soins sur 180



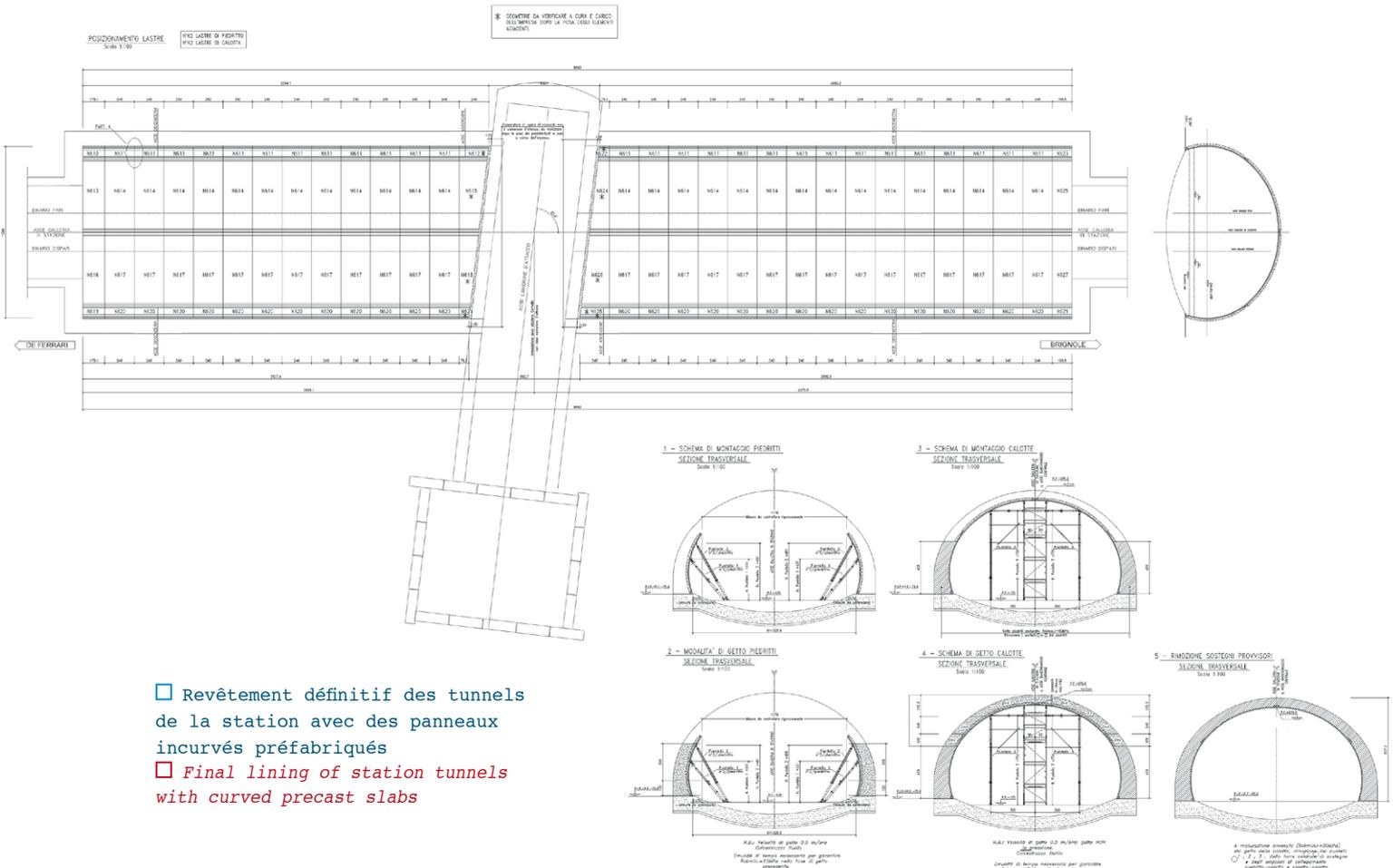
Phases de réalisation de la Chambre d'abattage
 Camere di Attacco, working sequence



FASE 9
 22. SCAVO IN AVANZAMENTO DI ULTERIORI 3.00m...
 CON SFONDI DI 1.30m
 ESECUZIONE DEL POS-RIVESTIMENTO (CENTINE E
 SPRITZ-BETON), CON SUCCESSIVA REALIZZAZIONE
 DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO IN C.A. (PROVETTO ARCO
 GALLERIA DI STAZIONE) E DEL PUNTO DI CONTRASTO

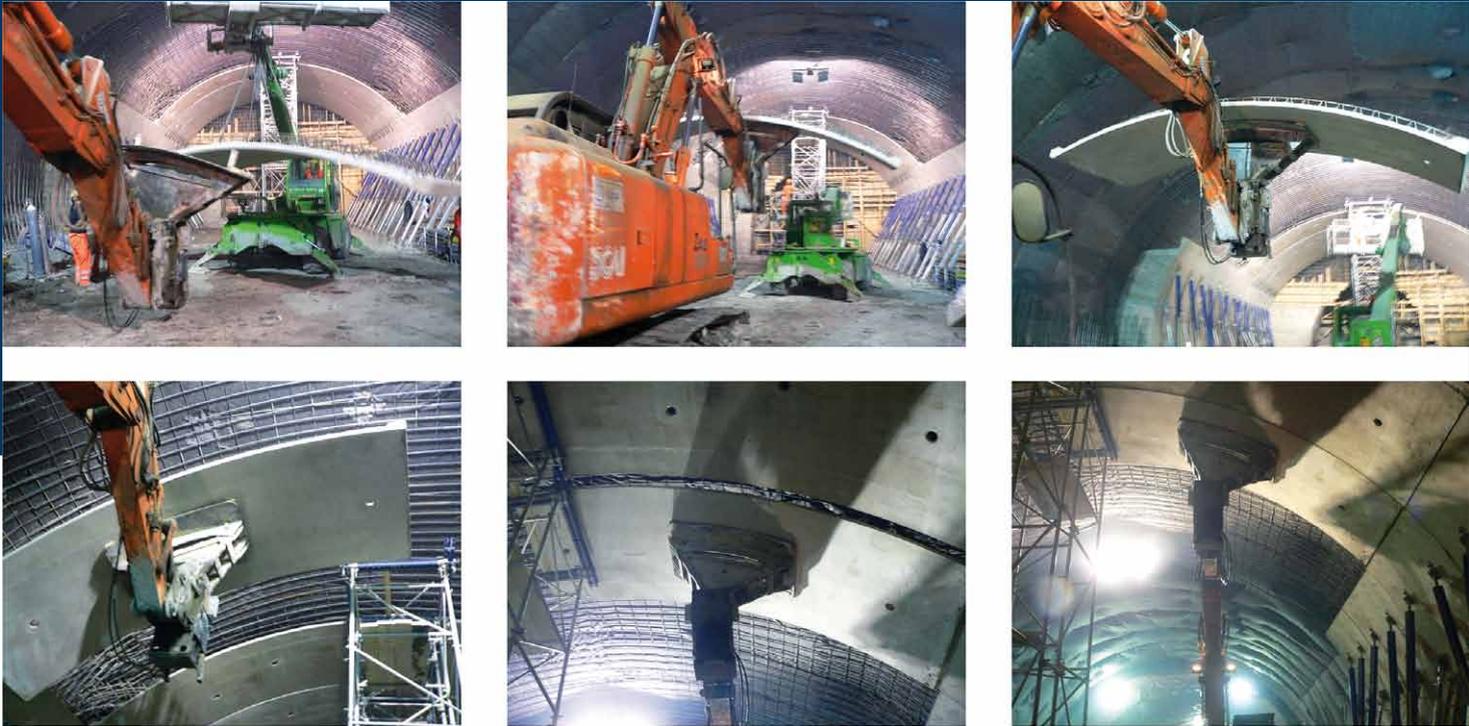


- Chambre d'abattage de la station Corvetto
- Camere di Attacco, Corvetto station



- Revêtement définitif des tunnels de la station avec des panneaux incurvés préfabriqués
- Final lining of station tunnels with curved precast slabs





mètres au total. Elles rejoindront, par un parcours de 300 mètres, le tracé en construction et celui en exploitation qui débouche aujourd'hui sur la station De Ferrari. Les deux chambres ont été revêtues de plaques incurvées préfabriquées en béton armé pour contenir la coulée de béton, dont elles ont été enveloppées. Des situations délicates ont été constatées pendant les travaux d'excavation pour la chambre de type 1, en premier lieu parce que la courbure du tracé a amené la galerie sous les bâtiments de rue Roma et, en deuxième lieu, parce que le chantier a

Les deux pertuis du tunnel Le Grazie
The two adits of the Le Grazie tunnel



Séquence de montage des prédalles du tunnel de la station
Station tunnel: predalles assembly sequence

tion with reinforced concrete before the start of the subsequent bench phases.

The station tunnels are double-tracked, and start from Camerone di Attacco for a length of 80 metres each and an excavation cross-section of 152 m². For the final lining, curved precast concrete slabs were used, containing the casting of concrete that includes them. The slabs, known as "curved predalles," have the design reinforcement already placed on their back, and specially design equipment has been made to move and position them.

Corvetto station - De Ferrari section

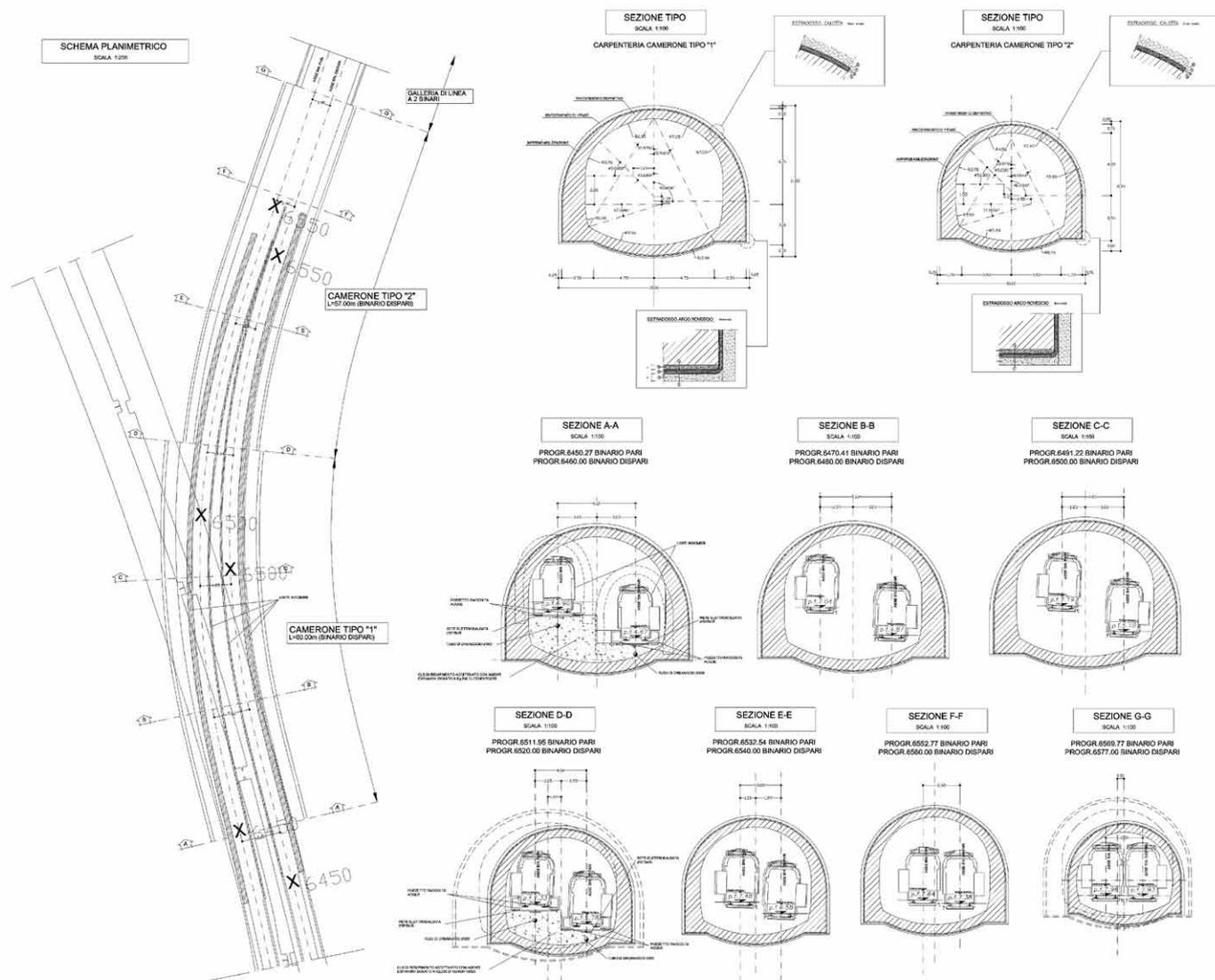
From the Corvetto station tunnel towards De Ferrari, we made the sequence of tunnels that follow one after the other as follows: line tunnel section 2, of a length equal to 167 metres, with an excavation cross-section of 66 m², connection cavern type 2 of a length equal to 70 metres and excavation cross-section of 99 m², and cavern type 1 of a length equal to 50 metres and an excavation cross-section of 145 m². Inside the latter is the realignment of the two existing "Le Grazie" tunnels, restored by us for a total of 180 metres, which, through a 300 metre path, will join the layout under construction with the one in operation that at present ends at the De Ferrari station. Both caverns were covered with curved precast reinforced concrete slabs containing the casting of concrete that includes them. Delicate situations were encountered during the excavation activity for the cavern type 1, first of all because the curvature of the layout brought the tunnel beneath the buildings in Via



- Raccordement du tunnel de la ligne avec les tunnels des Grazie
- Connection line tunnel with the Le Grazie tunnels

croisé les deux galeries Le Grazie dès les premiers mètres d'excavation de ce deuxième évasement. Cette interception a provoqué un impact environnemental acoustique et vibrationnel en cours d'avancement, qui nous a obligé à interdire l'excavation pendant la nuit.

Roma, and secondly because from the first metres of excavation of this second widening, the two existing Le Grazie tunnels were intercepted, thus causing, during advancement, an environmental impact in terms of noise and vibrations, forcing us to suspend excavation at night.



Coffrage pour revêtement du tunnel de la ligne □
 Formwork for line tunnel lining □



Tronçon puits Corvetto - Puits de ventilation de la place Brignole

Du tunnel de la station Corvetto, le tracé se poursuit par le tunnel de la ligne 4 sur une longueur totale de 334 mètres, passe sous la rue Serra pour atteindre la chambre de ventilation de la place Brignole. Ce tronçon a été creusé à partir de deux fronts de taille auxquels on accède par les deux puits de Corvetto et de Brignole.

La rencontre des deux fronts a eu lieu au mois de décembre 2008, tandis que les revêtements définitifs ont été achevés au mois de janvier 2009.

Corvetto shaft - Piazza Brignole ventilation shaft section

From the Corvetto station tunnel, the layout continues with the section 4 line tunnel for a total length equal to 334 metres, and passes beneath Via Serra until reaching the ventilation chamber at Piazza Brignole. This section was excavated from two heading faces, entering from the two shafts: Corvetto and Brignole.

The two faces met in December 2008, while the final linings were completed in the month of January 2009.

Tronçon station Brignole - Puits de ventilation de la place Brignole

Le seul tunnel de la ligne du tracé ayant un accès au niveau du sol est la ligne 5 de la station Brignole en direction du puits Brignole sur une

Brignole station - Piazza Brignole ventilation shaft section

The only line tunnel in the layout with grade-level access is section 5, from the Brignole station to the Brignole shaft, having a length of 377 metres. It proceeds in slope, passing the cluster of limestone at Corso Monte Grappa, taking a position perpendicular to the group of rails of the Brignole station railway yard and then crossing beneath them and finally reaching the Piazza Brignole ventilation chamber.

Surely the most critical working phase of the entire layout was this sec-

Tête du tunnel de la ligne côté station Brignole □
 Line tunnel entrance, Brignole station side □





□ Puits de ventilation de Largo Lanfranco
□ Largo Lanfranco ventilation shaft

longueur de 377 mètres. Il avance en pente en dépassant l'amas calcaire de l'avenue Monte Grappa pour se placer perpendiculairement au faisceau de rails du parc ferroviaire de la station Brignole, le franchir en souterrain et atteindre la chambre de ventilation de la place Brignole. La phase d'exécution la plus critique de tout le tracé a été sans conteste celle de cette ligne à hauteur de la traversée inférieure du faisceau de rails de la station Brignole, qui devait avoir lieu sans interruption ni limitation de l'exploitation ferroviaire. Les raisons de l'aspect critique de la traversée inférieure en conditions d'exploitation ont été multiples. Rappelons, entre autres, les couvertures basses et variables de 4 à 7 mètres et le sol meuble, formé principalement de matériau de remblai. Après avoir décelé une tranche de 65 mètres environ sous le faisceau de rails, le concepteur a préconisé d'utiliser une série de sections géomécaniques très conservatives, dans lesquelles les activités de soutènement revêtaient une importance fondamentale pour la réussite de la traversée inférieure.

Les premiers soutènements de la traversée inférieure ont débuté au point métrique 280 en avril 2008 et se sont achevés au point métrique 345 en octobre 2008.

L'aménagement d'une auscultation continue en temps réel, permettant le repérage des déformations provoquées par les activités de construction souterraines sur la voie, a été tout aussi capital.

Le contrôle constant et rapide de ces déformations s'est traduit par une vérification ponctuelle de la justesse des prescriptions restrictives du projet, ainsi que la modulation de la fréquence et de l'intensité des travaux. L'arrivée au puits Brignole a eu lieu au mois de novembre 2008. Une fois que la chambre de ventilation a été atteinte, toutes les machines ont franchi le puits et ont poursuivi leur avancement sur la ligne 4 jusqu'au front de taille de Corvetto, au mois de décembre 2008.

Embranchement puits Largo Lanfranco avec le tunnel de la ligne

Il s'agit d'une petite excavation et du revêtement de la galerie de raccordement. ■

tion, in correspondence with the undercrossing of the group of rails at the Brignole station, which had to be done without interrupting or limiting railway operation. There were many reasons for the criticalities of the undercrossing in operating conditions, including the low coverings, ranging from 4 to 7 metres, and the inconsistent material, consisting mainly of filling material.

After identifying a section of about 65 metres beneath the complete group of rails, the designer prescribed using a series of highly conservative geomechanical sections, in which the consolidation activities were of primary importance for the success of the undercrossing.

The undercrossing's first consolidations began at 280 metres in April 2008, and were completed at 345 metres in October 2008.

Just as important was the preparation of a continuous, real-time monitoring that made it possible to determine the deformations induced onto the rail by the underground construction activities.

The prompt and continuous monitoring of these deformations made it possible to accurately verify the soundness of the already restrictive design specifications, and to modulate the frequency and intensity of the working activities. The arrival at the Brignole shaft took place in the month of November 2008. Once the ventilation chamber was reached, all the machinery passed the shaft and continued the advance on section 4 until the meeting with the heading face from Corvetto, which took place in December 2008.

Connection of Largo Lanfranco shaft with the line tunnel

This was a small excavation and covering of the connection adit. ■

Parc de stationnement souterrain Park San Giusto à Trieste

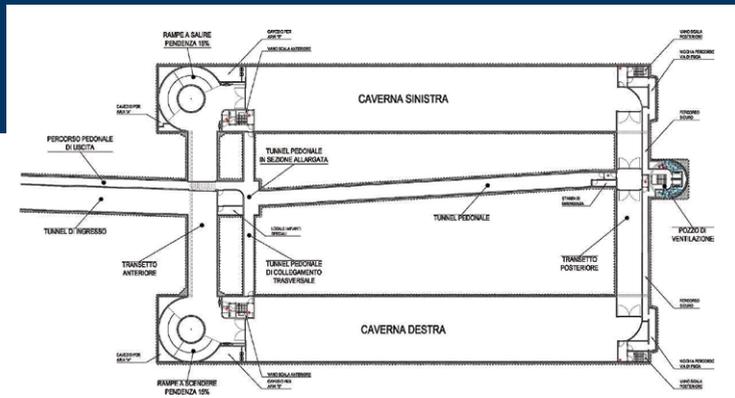
San Giusto Underground Car Park in Trieste

CIPA S.p.A. a réalisé les travaux de creusement pour la construction du parc de stationnement sous la colline San Giusto, à savoir l'excavation et le soutènement du puits de ventilation, du tunnel d'entrée, des cavernes, des transepts, de la galerie piétonnière et des galeries mineurs, ainsi que l'exécution du revêtement définitif en béton armé du puits, des voûtes des cavernes et du tunnel d'entrée. L'emplacement des travaux et les caractéristiques des galeries rendent cet ouvrage à la fois fascinant et délicat dans sa réalisation, au point d'exiger de l'attention et une compétence technique particulière au cours des travaux.

S'agissant d'ouvrages en milieu urbain, l'explosif n'a pas été employé pendant l'excavation. Il a, par conséquent, fallu utiliser des systèmes mécaniques tels que le marteau brise-béton classique et/ou une machine à attaque ponctuelle.

Deux périmètres distincts ont été repérés pour la réalisation des travaux, à hauteur des deux fronts de taille prévus:

- l'aire de chantier «A», via del Teatro Romano, à un niveau de +5,00 m s/m, d'où ont été réalisées les excavations du tunnel d'entrée, des



Planimétrie générale du projet du parc de stationnement
General design layout of the car park

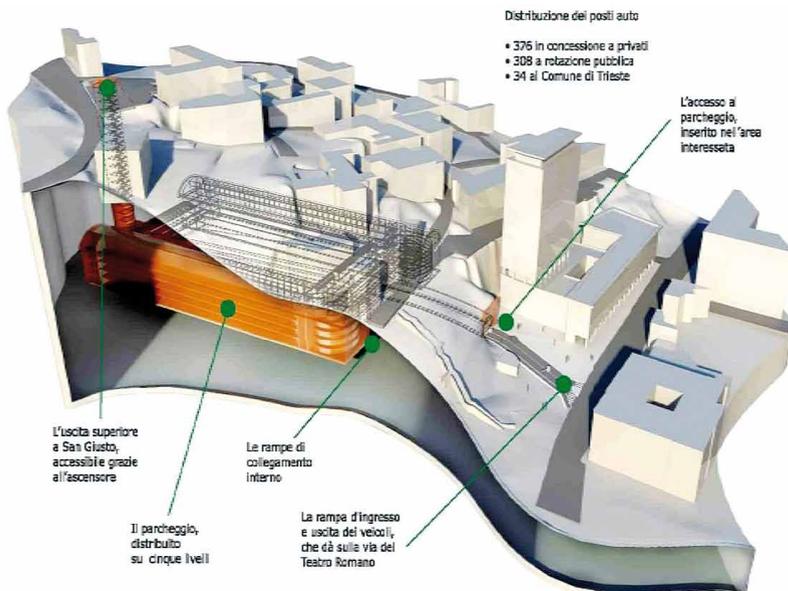
CIPA S.p.A. has performed the tunnelling works to build the car park beneath San Giusto hill, consisting of the excavation and consolidation of the ventilation shaft, the entrance, the caverns, the transepts, the pedestrian tunnels, and the minor tunnels, as well as the final lining in reinforced concrete of the shaft, of the cavern vaults, and of the entrance tunnel. The project's location and the features of its tunnels make it interesting yet at the same time delicate enough to require attention and particular technical skill during the works.

Since these are works to be performed in an urban environment, no explosive was used during the excavation phases. Therefore, excavation proceeded with mechanical systems, using a classic rock breaker and/or roadheader.

To perform the works, two distinct areas were identified in correspon-

*Vue générale du nouveau parc de stationnement inclus
dans le périmètre du projet, tel qu'il apparaît dans une élaboration numérique. Les deux accès sont visibles: le premier destiné aux véhicules, via del Teatro Romano, et l'accès piétonnier à San Giusto, accessible en ascenseur. Les places sont réparties sur cinq étages pour un total de 718 unités*

*General view of the new car park, inserted into
the area planned in the design, as it appears in a digital rendering. In view are the two accesses: the vehicle access on Via del Teatro Romano and the pedestrian one at San Giusto, which can be reached by lift. The parking spaces are distributed over five levels, for a total of 718 units*



- Le périmètre du chantier via Rota
- The Via Rota work site area

cavernes, des transepts et de la galerie piétonnière,
- l'aire de chantier «B», via Rota, à un niveau de +60,60 m s/m, d'où ont été réalisés l'excavation et le revêtement du puits de ventilation.

Excavation et revêtement du puits de ventilation

Le Puits de ventilation (PV) relie le transept postérieur à la surface sur la Colline de San Giusto, entre via del Castello et via Rota, et comptera de nombreux services, dont les escaliers, deux ascenseurs, les conduits de ventilation et d'extraction d'air. Sa profondeur est de quelque 63 mètres et son diamètre d'excavation, de 9,60 mètres. Il a été réalisé en reprise en sous-cœuvre, avec des champs d'avancement de 2 mètres. L'exécution du PV est achevée à ce jour. Elle a requis 8 mois de travail. Les conditions particulièrement favorables de l'amas rocheux rencontré en cours d'avancement ont permis de procéder directement à l'exécution du revêtement définitif sans exiger la pose d'aucun soutènement provisoire (béton projeté, cintres ou ancrages).

- Le périmètre du chantier qui sera l'aire d'accès au parc de stationnement de via del Teatro Romano
- The work site area, which will be the area to access the car park from Via del Teatro Romano



dence with the two designed advancing faces:

- work site area "A" at Via del Teatro Romano, at an elevation of +5.00 m above sea level, from which the excavations were performed for the entrance tunnel, the caverns, the transepts, and the pedestrian tunnel;
- work site area "B" at Via Rota, at an elevation of +60.60 m above sea level, from which the excavation and lining of the ventilation shaft were carried out.

Excavation and lining of the ventilation shaft

The Ventilation Shaft (Pozzo di Ventilazione – PV) links the rear transept with the surface on San Giusto hill, between Via del Castello and Via Rota; it will house multiple services, including stairs, two lifts, ventilation conduits, and air extraction. It is about 63 metres deep and has an excavation diameter of 9.60 metres. It was done by the underpinning technique, with excavation progress steps of 2 metres.

The works to build the Ventilation Shaft are at present completed, and required 8 months of work. The particularly favourable conditions of the rocky mass found during the advance made it possible to proceed directly with making the final lining without requiring any provisional support (shotcrete, ribs, or anchoring).

Excavation of the entrance tunnel and of the front transept

The Entrance Tunnel (Tunnel di Ingresso – TI) starts from the portal at Via del Teatro Romano and reaches the front transept. About 42 metres in length and with an excavation cross section of 47 m² and average slope of 2.2%, it will be travelled by vehicles and pedestrians alike, and used for ventilation as well.

The Front Transept (Transetto Anteriore – TA) links all five levels of the right and left cavern, and the upper portion is used for ventilation. It is



Pose de coffrage circulaire du puits
 Installing the shaft's circular formwork



Pose de l'armature pour le voussoir du puits
 Installation of reinforcement for the shaft segment

Excavation du tunnel d'entrée et du transept antérieur

Le Tunnel d'entrée (Tunnel di Ingresso – TI) part du portique de via del Teatro Romano, pour en arriver au transept antérieur. Il mesure 42 mètres de long avec une section d'excavation de 47 m² et une déclivité moyenne de 2,2%. Il sera emprunté par des véhicules et des piétons, et servira également à la ventilation.

Le Transept antérieur (TA) relie les cinq niveaux de la caverne droite et gauche, et la partie supérieure fait office de ventilation. Sa longueur est de 74 mètres (dont 9 m environ d'intersection avec le TE) pour une section globale d'environ 135 m², à creuser en phases successives: une première section d'excavation de la calotte d'environ 48 m², et les bancs en cinq phases successives.

L'excavation du TI a eu lieu à pleine section en choisissant une classe de soutènement avec des fonds de 1,00 m, la pose d'un cintre réticulé,

about 74 metres in length (approximately 9 m of which of intersection with the Entrance Tunnel), for an overall cross section of about 135 m², to be excavated in successive phases: an initial section excavating the crown of about 48 m², and the subsequent benches in five different phases.

The Entrance Tunnel was excavated in full section, adopting a consolidation class with 1.00 m bottoms, laying of lattice ribbing, consolidation of the rock with passive bolting connected to a lining in reinforced shotcrete with welded wire mesh done in three successive phases. Overall, the Entrance Tunnel excavation required 65 days of work. A problem that was encountered was interference by an existing adit (used as a shelter during wartime) with the route of the Entrance Tunnel (and then with that of the Front Transept and the caverns), which required filling works with

Vue d'ensemble du Tunnel d'entrée
 Overall view of Entrance Tunnel

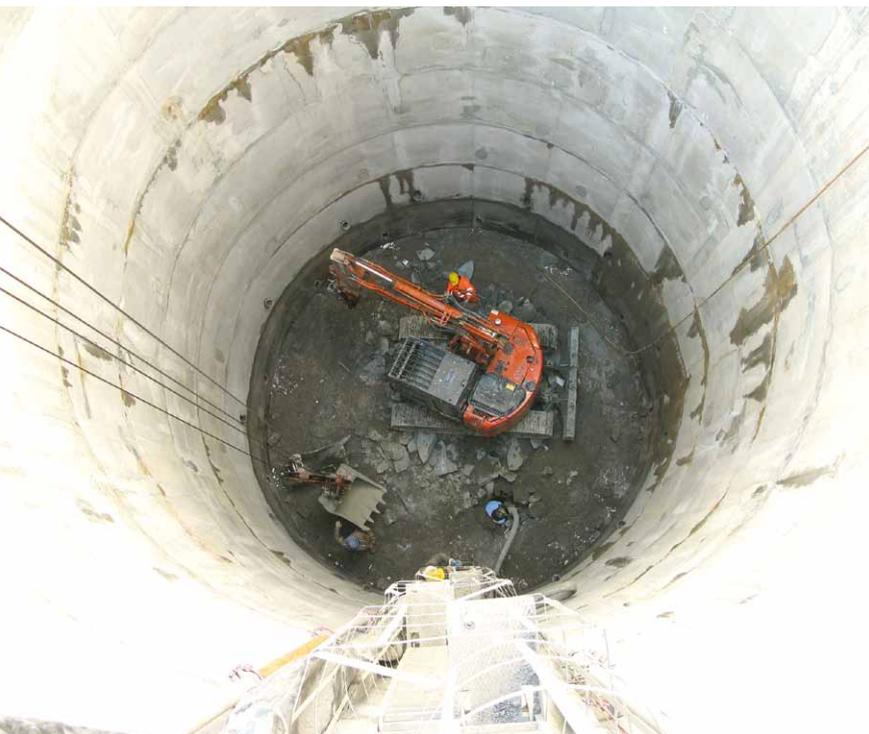


- Coffrage pour le jet de la voûte des cavernes
- Formwork for the casting of the caverns' vault

le soutènement de la roche par clouage passif du sol, lié à un revêtement en béton projeté armé d'un grillage électrosoudé, qui a été réalisé en trois phases successives. Dans l'ensemble, les travaux d'excavation du T1 ont pris 65 jours. L'interférence d'une galerie existante (utilisée comme refuge pendant la guerre) a posé problème sur le tracé du T1 (et par la suite sur celui du TA et des cavernes). Elle a exigé des travaux de remblayage au béton maigre et matériau de remblai.

Une fois l'excavation du T1 terminée, on est passé à celle du TA, qui s'est déroulée sur deux fronts. D'abord le front gauche, pour repartir sur la droite dès l'obtention de l'espace nécessaire au logement des machines. Dans l'ensemble, les travaux d'excavation du TA ont pris 60 jours.

- Vue du haut du puits pendant la phase d'excavation
- View from above of the shaft during the excavation phase



lean concrete and material from landfill.

Upon completing the excavation of the Entrance Tunnel, the excavation for the Front Transept began, which took place along two faces, first only the left one, and then starting with the right one as soon as the space for housing the necessary machinery had been obtained. In total, the excavation for the Front Transept took 60 days of work.

Excavation and lining of caverns (crowns)

The two caverns, the right cavern (caverna destra – CD) and the left one (caverna sinistra – CS), are the essential volume of the parking facility, within which five parking levels will be built, linked to one another by circular ramps placed in the front portion of these caverns. The caverns are about 120 m in length, 17 m wide, and 18 m high, for a total volume of approximately 75,000 m³, to be excavated in successive phases: an initial excavation section of the crown of about 98 m², and the subsequent benches in six different phases.

The excavation of the two portions of crown, currently terminated, was done at the same time on the two faces, and took 152 days for the left cavern and 163 for the right cavern.

When the excavations were completed, the project called for carrying out, before proceeding with the caverns' benches, the final lining of the crowns, consisting of a structure in reinforced concrete composed of two perimeter beams and a vault.

The final crown lining of the two caverns took a total of 127 natural days, including stops for assembling/disassembling the scaffolding and formwork, a period during which all the other activities in the cavern were interrupted.

Excavation of pedestrian tunnel

The pedestrian tunnel (TPED) links the Front Transept at level "0" to the Rear Transept and Ventilation Shaft at level "-3". Moreover, a transver-

Vue à l'intérieur du puits
View from inside the shaft

Excavation et revêtement des cavernes (calottes)

Les deux cavernes, droite (CD) et gauche (CS), représentent le volume essentiel de la structure de stationnement. Cinq niveaux de stationnement reliés par des rampes circulaires situées dans la partie antérieure des cavernes y seront construits. Leur longueur est de 120 mètres, leur largeur de 17 m et leur hauteur de 18 m, pour un volume global d'environ 75 000 m³, à creuser en phases successives: une première section d'excavation de la calotte d'environ 98 m², et les bancs en six phases successives.

L'excavation des deux portions de calotte, terminée à ce jour, a été exécutée simultanément sur les deux fronts et a pris 152 jours pour la CS et 163 jours pour la CD.

Après quoi, le projet prévoyait le revêtement définitif des calottes sous forme de structure en béton armé composée de deux poutres périmétriques et d'une voûte, avant de passer aux bancs des cavernes.

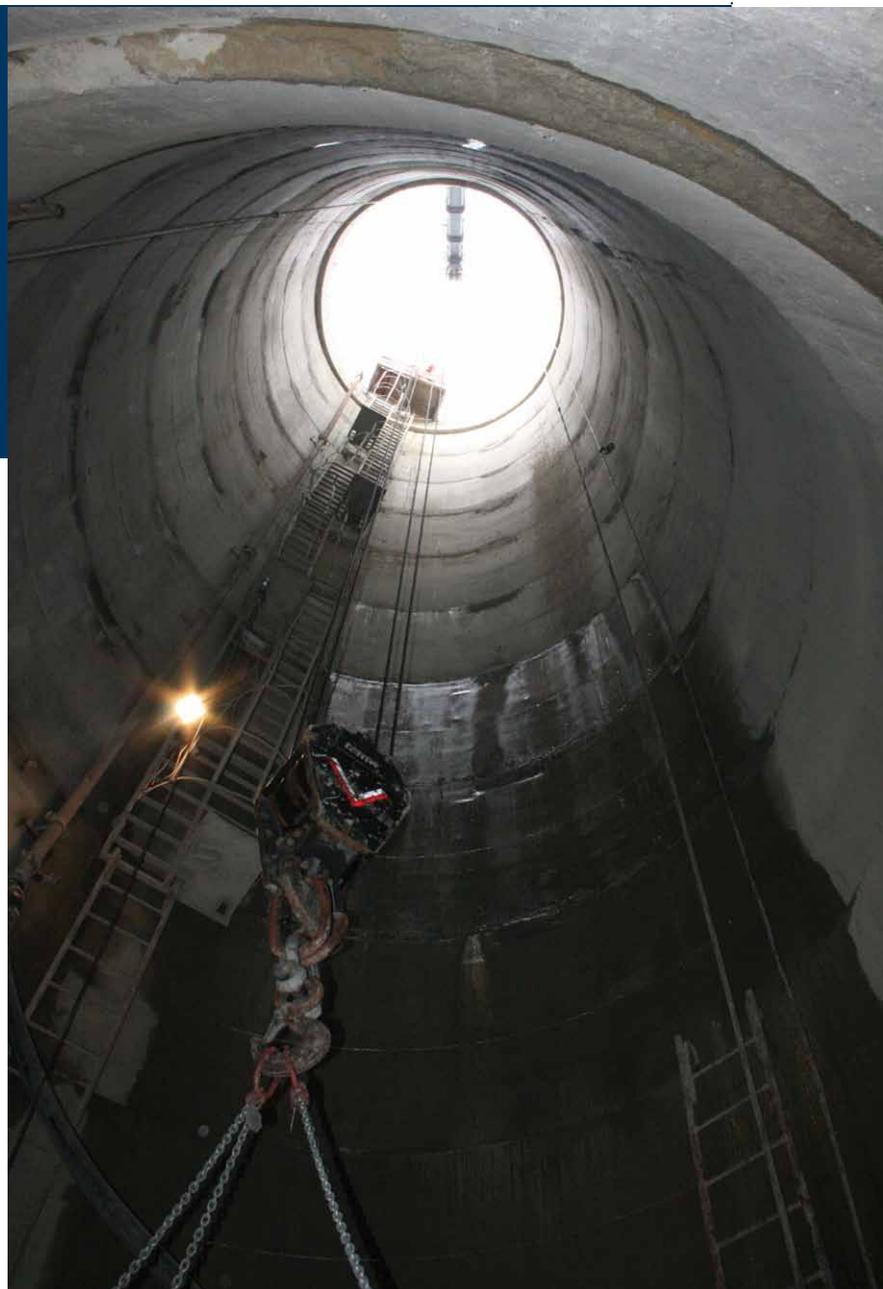
Le revêtement définitif de la calotte des deux cavernes a duré globalement 127 jours civils, incluant des arrêts pour montage/démontage de l'échafaudage et du coffrage. Au cours de cette période, toutes les autres activités ont été interrompues.

Excavation de la galerie piétonnière

La galerie piétonnière (TPED) relie le TA au niveau «0» et le TP et le PV au niveau «-3». De plus, un tunnel de passage transversal (TT) donnera accès au niveau «0» des cavernes droite et gauche. Le TPED mesure 100 mètres et a une section d'excavation de 25 m², tandis que le TT a 42 mètres de longueur et une section d'excavation de quelque 13 m².

Dans l'ensemble, les travaux d'excavation du TPED ont pris 56 jours. L'excavation du TT est encore en cours actuellement.

Les plus grandes difficultés d'exécution rencontrées pendant les travaux étaient imputables à l'exiguïté des espaces, ce qui a limité fortement le rendement des travaux et a imposé leur réalisation en succession sans possibilités de superposition.



sal transit tunnel (TT) will make it possible to access level "0" of the left and right caverns. The TPED is about 100 metres long and has an excavation cross section of 25 m², while the Transit Tunnel is about 42 metres in length, with an excavation cross section of approximately 13 m². Overall, the TPED excavation required 56 days of work. The excavation of the Transversal Tunnel is still in progress.

The greatest difficulties in carrying out the work that were encountered were due to the narrow spaces, which strongly limited the performance of the individual working operations, making it necessary to carry them out in succession with no possibility of overlap.



- Image des cavernes pendant les étapes de banc successives
- Image of the Cavern during the successive bench steps

Excavation de banc des cavernes et des transepts

Les travaux de revêtement des calottes terminés, les excavations des bancs des deux cavernes et des transepts ont pu commencer jusqu'à atteindre la volumétrie prévue par le projet pour le stationnement des voitures. À partir du niveau +9,40 (étage excavations des calottes), le projet prévoyait l'exécution de 6 bancs au total, jusqu'à atteindre le niveau de fond d'excavation à -4,00 m s/m. Les creusements ont débuté dans la CS et se sont étendus peu à peu au TA et à la CD. Entre le premier et le second niveaux de banc, l'on a creusé les connexions du parc de stationnement au système de ventilation extérieure (constitué de tunnels et de galeries techniques communiquant avec l'extérieur). Après l'excavation de banc du niveau 3 en CS, on est passé à l'avancement du TP (qui relie les deux cavernes, le puits de ventilation et le TPED à un niveau inférieur de 5,50 m à celui du TA) avant de poursuivre par le rabaissement successif. Au fur et à mesure que se creusait le volume des cavernes et que le niveau de fond d'excavation baissait, les rampes de raccordement entre le TA et les cavernes devaient être remodelées. Une fois le niveau de fond d'excavation atteint dans le TP, les deux voiles, qui mettent en communication le transept et le TPED d'un côté, et le PV de l'autre, ont été abattus.

Les excavations de banc ont duré dans l'ensemble 200 jours civils pour les deux cavernes.

Exécution des revêtements définitifs

Après l'achèvement des excavations, l'on passera aux revêtements définitifs des cavernes, des transepts, du TPED et du TI en béton armé coulé sur place.

Le calendrier du projet prévoit l'achèvement de tous les revêtements dans un délai de 14 mois environ.

Park San Giusto fait figure de projet «pilote» en Italie. C'est pourquoi il représente actuellement une gageure du point de vue purement technique et d'exécution, après avoir exigé des procédures de conception et d'approbation inédites, qui ont duré 15 ans. Par ailleurs, il impose la participation quotidienne de l'ensemble de l'équipe chargée du projet. ■

Excavation of bench of caverns and transepts

When the lining works of the crowns were completed, the bench excavations could begin for the two caverns and the transepts until reaching the volumes required by the design for the car park. Starting from an elevation of +9.40 (crown excavation level), the project called for a total of 6 benches until reaching the excavation bottom at -4.00 m a.s.l. The lowerings were started in the left cavern and gradually extended to the Front Transept and right cavern. Between the first and second bench levels, the car park's connections to the external ventilation system (consisting of tunnels and utility adits communicating with the outside) were also excavated. Upon completing the level 3 bench excavation in the left cavern prior to proceeding with the subsequent lowering, the advance of the rear transept (which links the two caverns, the ventilation shaft, and the TPED at an elevation 5.50 m lower than that of the Front Transept) was excavated. As the caverns' volume was emptied, and thus the elevation of the excavation bottom lowered, the ramps connecting the Front Transept and the caverns themselves had to be reshaped. Upon reaching the excavation bottom in the Rear Transept, the two diaphragms connecting this transept with the TPED on the one hand and the Ventilation Shaft on the other were knocked down.

Overall, the bench excavations took about 200 natural days for the two caverns.

Final linings

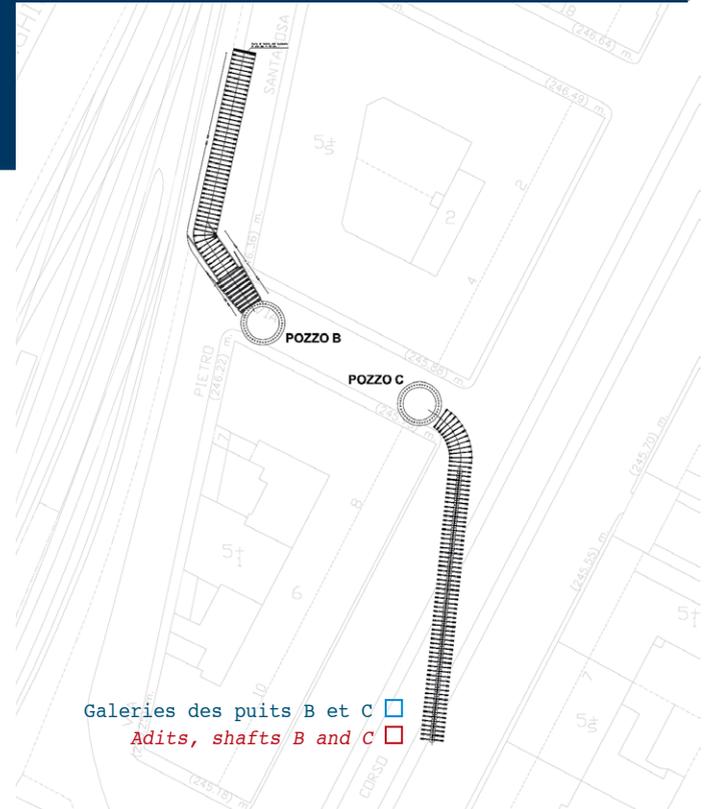
After the excavations are completed, the final linings will be done in reinforced concrete cast on site, of the caverns, transepts, TPED, and Entrance Tunnel.

The project timeline calls for completing all the linings in a period of approximately 14 months.

Park San Giusto is a sort of "pilot" project in Italy; for this reason, after having requested entirely unique design and approval procedures that went on for 15 years, it is now a challenge from the strictly technical and executive standpoint, which involves the entire staff engaged in the project on a daily basis. ■

Métro automatique de Turin

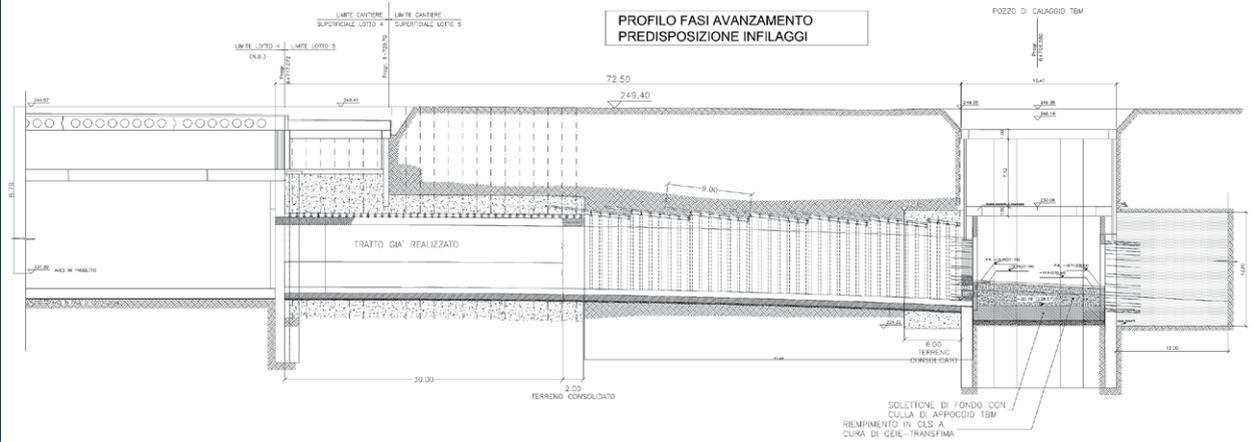
Automatic Turin Underground



Galleries des puits B et C
Adits, shafts B and C

Depuis 2003, Cipa est implantée à Turin, ville qui lui est chère pour différentes raisons, afin de participer à la réalisation du premier métro automatique en Italie par l'excavation de nombreux puits et galeries. En dépit du manque de visibilité des ouvrages dont nous sommes les auteurs et même s'ils ne bénéficient pas du privilège de la considération de l'utilisateur ordinaire, ils n'en demeurent pas moins indispensables à la réussite du projet de réseau métropolitain de Turin. Certains puits et galeries "de service" ont eu pour unique objectif de permettre l'accès des machines destinées à l'injection et au soutènement en protection de la stabilité des constructions de surface, tout en sécurisant le passage du tunnelier. Leur mission terminée, les puits et galeries de service ont été remblayés. Nous avons réalisé, entre autres, les galeries des puits "B" et "C" à l'aide d'engins de petite dimension, par l'excavation et le pré-revêtement d'une section moyenne de 13,5 m² s'étendant sur quelque 45 mètres dans la galerie du puits B et 55 mètres dans la galerie du puits C. Nous nous sommes également employés à la construction du tunnel en traditionnel entre le puits de descente et la station Principi D'Acaja, concernée à l'époque par des travaux entravant le passage du tunnelier.

Present since 2003 in Turin, a city dear to Cipa for many reasons, we took part in building Italy's first automatic underground, seeing to the construction of many shafts and adits. Even though the works we did do not enjoy the privilege of visibility and of being taken into consideration by ordinary riders, they were and remain to this day important to the success of the proposition of providing Turin with an underground. Some "service" adits and shafts had the sole purpose of permitting access by the machinery used for injections and consolidations to safeguard the stability of the constructions above, making the TBM's subsequent transit safer. Once they served their purpose, the service shafts and adits were sealed. Of these, with the aid of small-sized equipment, we built the adits of shafts "B" and "C," excavating and pre-lining an average cross-section of 13.5 m², extending for about 45 metres into the adit of shaft B, and for about 55 metres into the adit of shaft C. We also built the tunnel using the traditional excavation method, between the service shaft and the Principi D'Acaja station, affected at the time by working operations that prevented the TBM's transit. The



Le tunnel devait également abriter le train suiveur aménagé au fond du puits de descente pour permettre au tunnelier de poursuivre son travail au-delà de la station.

La section moyenne du tunnel est de 72,5 m² sur une longueur d'env. 40 mètres, avec avancement par champs et pré-blindage par enfilages d'un parapluie de micropieux, de cintres et de béton projeté.

Ces ouvrages comprennent également des puits de ventilation et d'ac-

- Tunnel entre le puits de descente et la station Principi di Acaja
- Tunnel between service shaft and the Principi di Acaja station

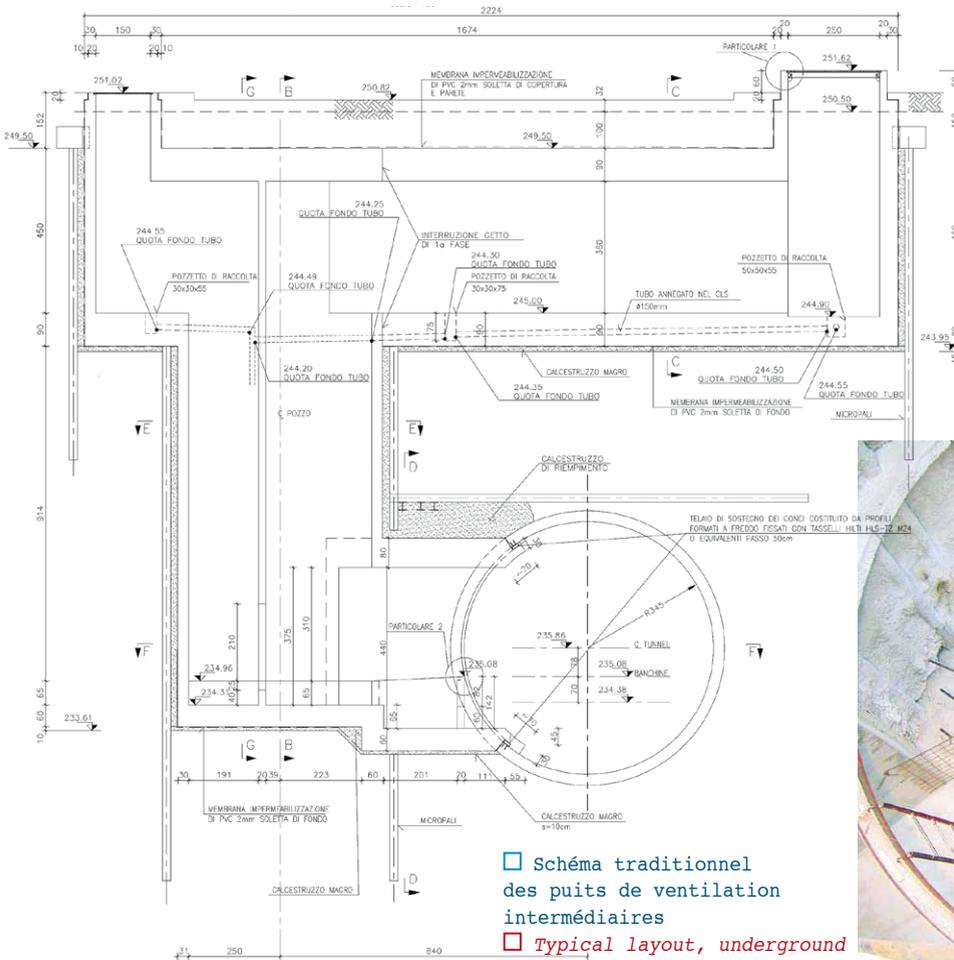
tunnel's purpose was also to house the TBM's backup, reassembled at the bottom of the service shaft to continue its work beyond the station.

The average tunnel cross-section is 72.5 m² for a length of about 40 metres, with advance by heading rounds and pre-support using forepoling, ribs, and shotcrete.

The shafts also comprise those for ventilation and for access to the line, including the five ones numbered from "5" through "9," with an excavation diameter of 6 metres and a depth of 11.5 metres each, built in underpinning.

Another shaft, number "12," has an excavation diameter of 6.5 metres and a depth of about 12 metres, made in underpinning and from which an adit 27 metres in

- Excavation du puits
- Shaft excavation

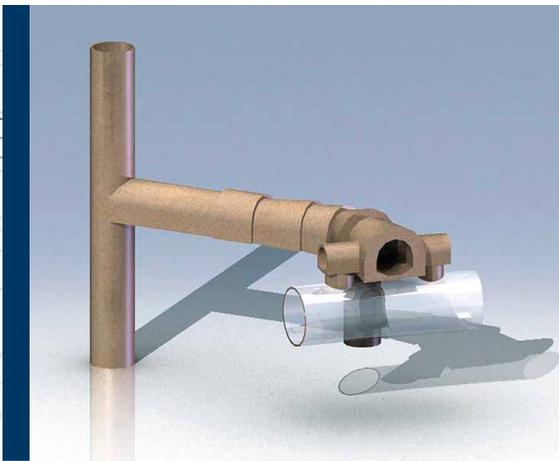


- Schéma traditionnel des puits de ventilation intermédiaires
- Typical layout, underground ventilation shafts





Puits 12 et D
Shafts 12 and D



Puits 10 en 3D et vue intérieure
Shaft 10 in 3D and interior view



cès à la ligne, dont les numéros de "5" à "9", réalisés en reprise en sous-cœvre, d'un diamètre d'excavation de 6 mètres et d'une profondeur de 11,5 mètres.

Le puits n° "12", d'un diamètre d'excavation de 6,5 mètres et d'une profondeur d'env. 12 mètres, réalisé lui aussi en reprise en sous-cœvre, sert de point de départ à une galerie de 27 mètres de longueur, tandis que du puits "D" partent deux autres galeries de 11 et 28 mètres de longueur.

length begins, while two shafts, 11 and 28 metres in length, leave shaft "D."

Special mention should be made of the branching of shafts and adits, called shaft "10." From shaft "10," about 40 metres deep, an adit at a depth of approximately 22 metres was built, with considerable complexity and variability of execution, with current excavation cross-section

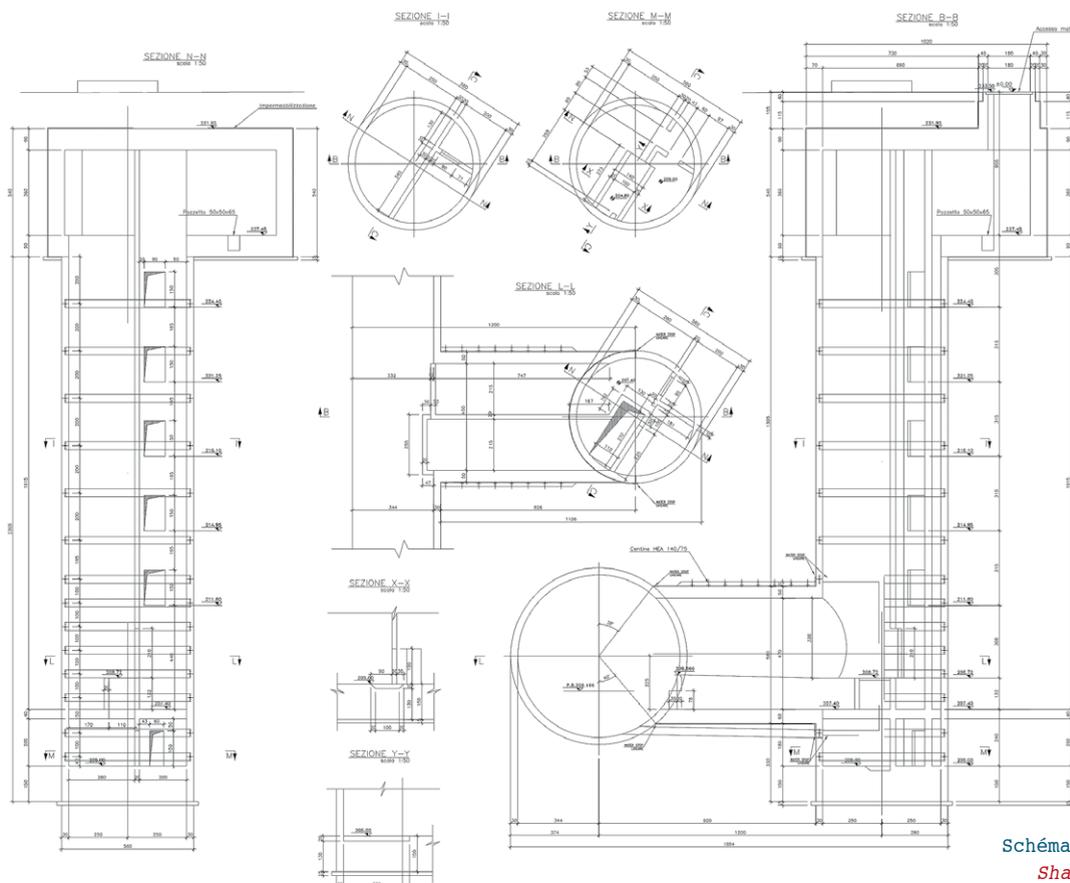


Schéma du puits PL6
Shaft PL6 layout



□ Excavation du puits en présence d'eau
 □ Shaft excavation in presence of water

La ramification des puits et des galeries dénommés puits "10" mérite une attention particulière. Du puits "10", de 40 mètres de profondeur, a été creusée une galerie de 22 mètres de profondeur, caractérisée par une exécution à la fois variée et fort complexe, avec des sections d'excavation courantes, en évasement et à champs d'enfilage dans le dernier tronçon incurvé. De cet endroit, part un puits donnant par une petite entrée sur le tunnel du tunnelier, et deux petites galeries opposées d'où ont été réalisés deux autres puits qui se greffent sur le tunnel du tunnelier. Étant donné l'articulation de l'ouvrage et l'exiguïté des zones de manœuvre, il est inutile de dire que nous nous sommes trouvés confrontés à des difficultés d'une envergure peu commune.

Récemment, nous avons réalisé quatre puits de ventilation et d'accès intitulés PL3, PL4, PL5 et PL6, de 5,60 mètres de diamètre et d'une profondeur variable de 14 à 19 mètres, dotés chacun d'une galerie d'accès au tunnel du tunnelier, d'une section de 27 m² et d'une longueur de 3,5 à 10 mètres. Parallèlement à la réalisation des puits, nous avons construit trois niches dans le tunnel de ligne, d'une profondeur de 2,5 mètres et d'une section de 23 m². ■



tions, widening cross-sections, and cross-sections with forepoling in the final stretch in the curve, from which were constructed a shaft with a small portal facing the TBM's tunnel, and two small opposite adits from which two more shafts were excavated; these are connected to the TBM tunnel. It need hardly be mentioned that in order to do this, we had to grapple with particular difficulties, given the work's complexity and the highly reduced available areas for working and manoeuvring. We recently excavated four ventilation and access shafts named PL3, PL4, PL5 and PL6, with a diameter of 5.60 metres and depths varying between 14 and 19 metres, each with an access adit to the TBM tunnel, with a cross-section of 27 m² and from 3.5 to 10 metres in length. In parallel with the building of the shafts, we also constructed three niches in the line tunnel, 2.5 metres deep, and with a cross-section of 23 m². ■



Métro de Varsovie - LIGNE II

Warsaw Underground - LINE II

Dans le cadre de la prolongation du métro, Cipa a travaillé à la réalisation complète de trois stations de la nouvelle ligne, dénommées C11, C13 et C14. Dans les stations C12 et C15, elle s'est employée à la réalisation des travaux de démolition, des excavations, des ouvrages en béton et des ouvrages partiels. Dans les puits V10, V11, A13, elle a été chargée des excavations, des démolitions et des ouvrages en béton. Dans les puits V12, V13 et V15, 6 galeries de raccordement à la ligne ont été réalisées pour chaque puits, en plus des travaux d'excavation, de démolition et du béton.

La technique de construction se retrouve dans toutes les stations, abstraction faite des particularités et de la physionomie de chacune d'elles. Après une excavation de banc superficielle, les travaux se sont poursuivis tout d'abord par les dalles de couverture avec finition architecturale apparente. Pour obtenir des surfaces régulières et homo-

During the underground's enlargement, Cipa worked to build three stations for the new line, named C11, C13, and C14, carrying out the entire work, while demolitions, excavations and reinforced concrete works, and partial works were performed in stations C12 and C15. In shafts V10, V11, and A13, it performed excavations and demolitions, and works in reinforced concrete, while in shafts V12, V13 and V15, in addition to excavation, demolition, and concrete works, 6 connection tunnels for each shaft were constructed.

The stations share the same construction technique, except for their different details and phases. First, after a surface excavation, the covering slabs were made, with fair-facing architectural finishing. To obtain even, uniform surfaces, panels were positioned above the initial casting of lean concrete.

The margin of error tolerated for slabs of this kind is only ± 5 mm. Once

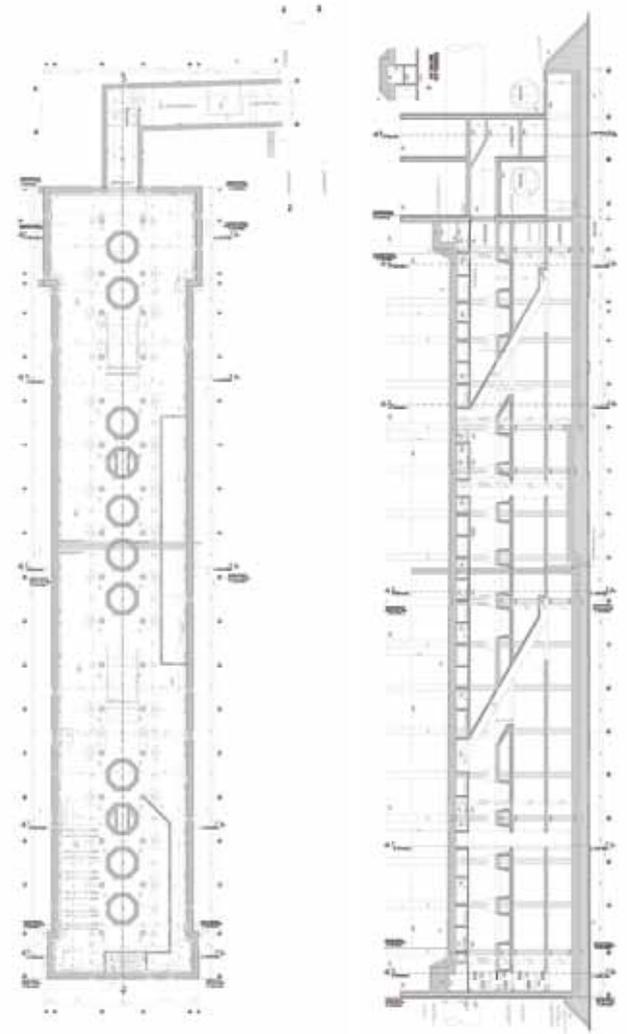
Planimétrie de la ligne
Line layout



□ Station C11: galerie de franchissement souterrain et raccordement à la ligne 1
□ Station C11: underpass tunnel and line 1 connection



□ Station C11: plan et section longitudinale
□ Station C11: Plan and longitudinal section



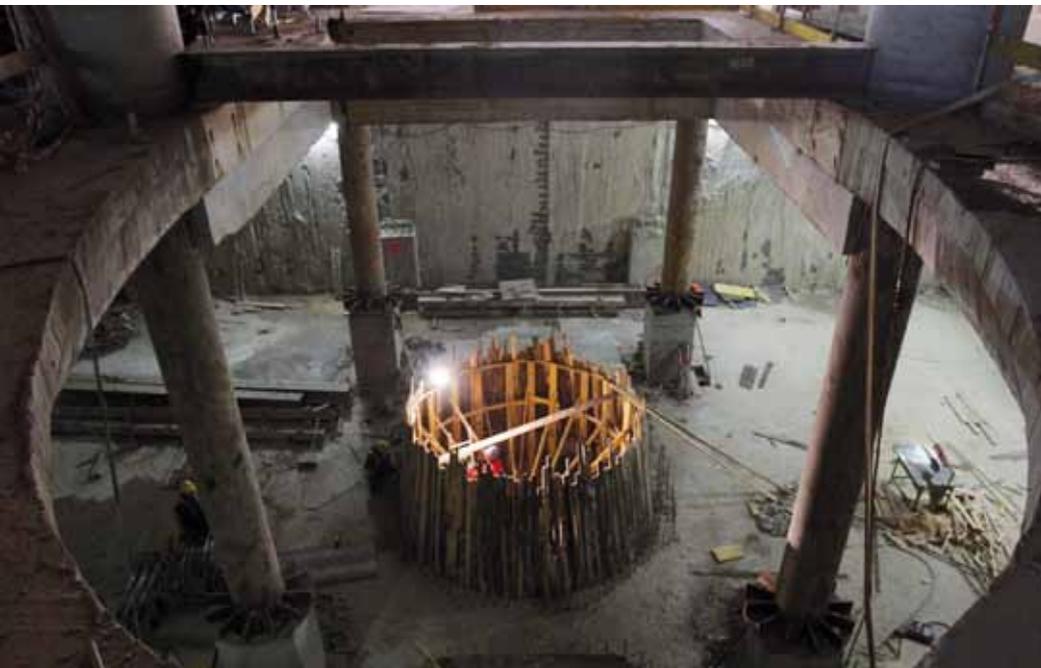
gènes, des panneaux ont été placés sur les bétons maigres de sommier. La marge d'erreur tolérée pour ce type de plancher n'est que de ± 5 mm. Lorsque les dalles de couverture ont été achevées, on a poursuivi par les excavations en sous-toiture jusqu'à atteindre le niveau des étages intermédiaires et la construction des planchers selon la même méthode. Les excavations de déblaiement ont été réalisées en fonction de la profondeur: à l'aide d'excavatrices traditionnelles jusqu'à -5 ± 6 m et d'excavatrices à bras télescopiques et bennes preneuses à griffes jusqu'à la profondeur de -18 m et d'excavatrices à corde et bennes preneuses à griffes pour des profondeurs supérieures. Selon cette séquence, l'on est arrivé au fond de la station, où les dalles de radier ont été dotées des aménagements, des rails et des selles destinés au passage du tunnelier.

Chaque station possède sa propre conformation et ses problématiques, qui la distinguent des autres :

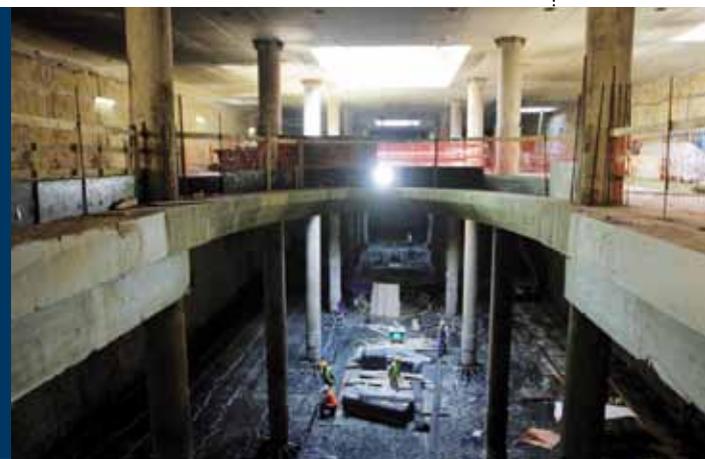
the covering slabs were done, excavations in undercovering took place, until reaching the elevation of the intermediate levels, and the floors were built by the same method.

The mucking out excavations were carried out, depending on the depth, using traditional excavators down to -5 ± 6 metres, excavators equipped with extended booms and grab buckets down to a depth of -18 metres, and cableway excavators with grab buckets for greater depths. With this sequence, the station bottom was reached, where bottom slabs were made with preparatory elements, tracks and cradles, to allow the TBM to pass through.

Each station has its own particular shape, with problems differentiating it from the others:



Station C11: exécution selon plancher intermédiaire
 Station C11: building the second intermediate slab



Station C11: armature dalle de radier
 Station C11: reinforcement of bottom slab



Station C11: interconnexion avec la ligne 1
 Station C11: interconnection with line 1

Station C11 Swietokrzyska

Cette station se trouve en plein centre-ville, au-dessous de l'assise de deux artères principales de Varsovie. Elle fait office de station de communication entre l'ancienne et la nouvelle ligne. En raison de son emplacement et de l'importance des routes qui la surplombent, il a fallu construire sans tarder une partie du bâtiment pour rendre une de ses rues principales à la ville, « l'ul. Marszalkowska ». Cette structure inclut également une liaison/échangeur sous forme de tunnel, réalisé lui aussi par Cipa, vers la ligne de métro existante.

Station C11 Swietokrzyska

This station is located right in the centre of the city, beneath the roadway of two main arteries in Warsaw; it is the station that links together the old and the new line. Given its location and the importance of the streets above, it was necessary to work to build a portion of the structure quickly in order to give back to the city one of its main streets, ul. Marszalkowska. This structure also provides a connection/exchange through a tunnel, also built by Cipa, for the existing underground line.

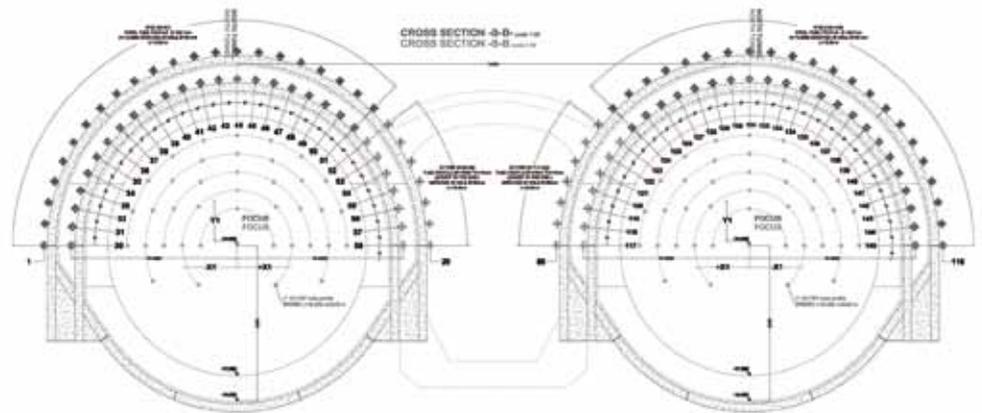
- Station C13 ouest avant dalle intermédiaire
- Station C13 west, first intermediate slab



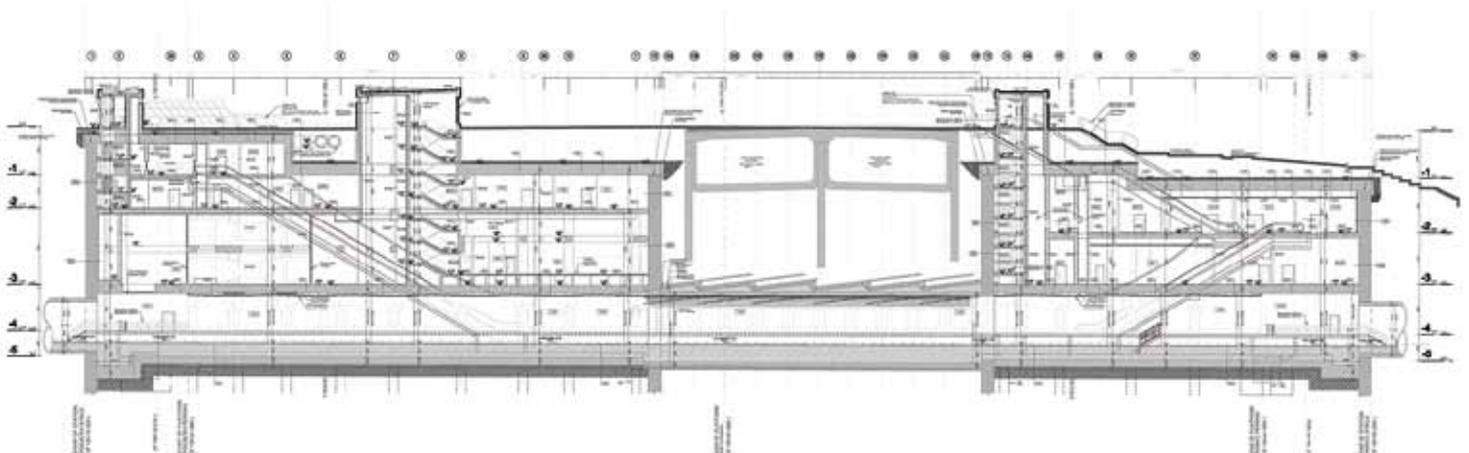
Station C13 Centrum Nauki Kopernik

La station est divisée en deux corps distincts, séparés par un tunnel routier, le "Wislostrada", à quatre voies toujours en activité. Le voisinage du fleuve Vistule a posé des problèmes non négligeables pendant les phases de réalisation, puisque des infiltrations massives d'eau ont envahi le périmètre de travaux. Les corps des stations ont été construits selon la technique décrite ci-dessus, puis ont été réunis au niveau des fondations par trois galeries qui passent sous le tunnel routier existant. Les tunnels de raccordement sont construits selon des techniques traditionnelles d'excavation moyennant congélation du sol et mise en place des revêtements provisoire et définitif.

- Station C13: tunnel de raccordement entre les deux corps de station
- Station C13: Connection tunnel between the two station bodies



- Station C13: section longitudinale
- Station C13: Longitudinal section





Station C13: est dalle de couverture
 Station C13: east, covering slab



Station C13: ouest deuxième dalle intermédiaire
 Station C13: west, second intermediate slab



Station C13 Centrum Nauki Kopernik

The station is subdivided into two distinct bodies, separated by a four-lane, always active existing road tunnel, "Wistostrada." The extreme proximity to the Vistula caused significant problems during the construction phases, with massive infiltration of water during the work. The station bodies were built using the technique described above, and then at the foundation level joined by three tunnels passing beneath the existing road tunnel. The connection tunnels were built by traditional excavation methods by freezing the ground, and positioning of the provisional lining and lastly of the final lining.

Station C13: galeries de raccordement réalisées par congélation du sol
 Station C13: connection tunnels made by freezing the ground





- Station C13: Galerie de raccordement avec revêtement définitif
- *Station C13: Link tunnel with final lining*

Station C14 Stadion Narodowy

C'est la plus grande station de la ligne. Étant donné sa grandeur, elle a été divisée en 4 grands secteurs au moyen de cloisons encastrées. De

- Station C14: travaux de finition
- *Station C14: finishing works*

Station C14 Stadion Narodowy

This is the largest station on the entire line. Due to its size, it was broken down into 4 large sectors with diaphragm walls placed close together;



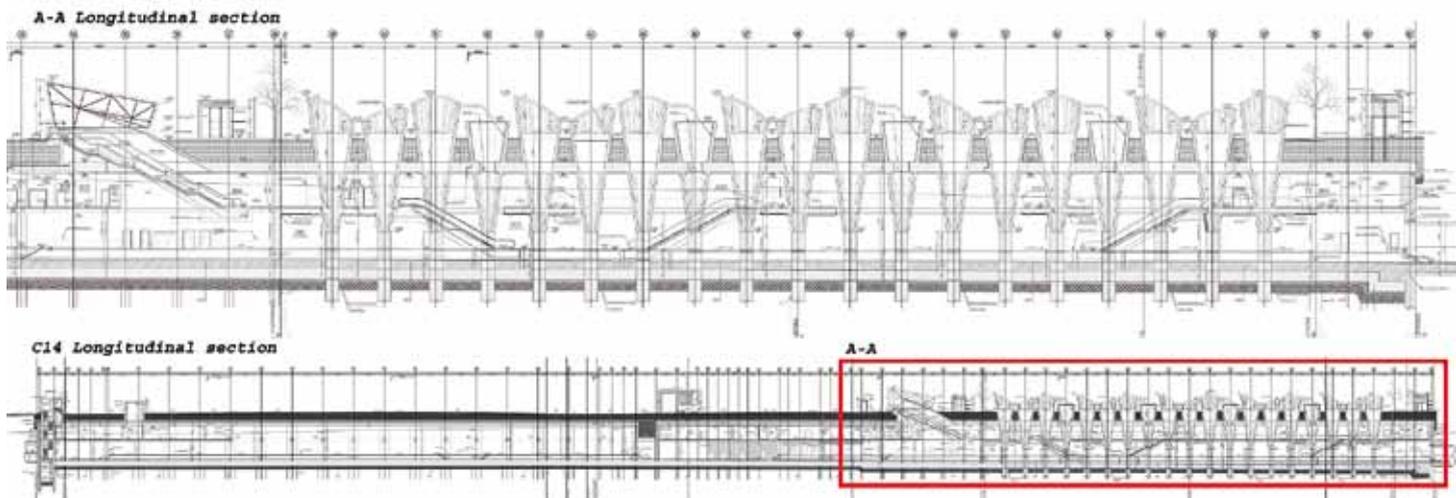


Station C14: travaux de finition
 Station C14: finishing works

même, la voie de garage, qui sera le futur point de liaison et d'interconnexion avec la 3e ligne de métro, a également été divisée en trois secteurs. Au total, elle atteint la longueur de 450 mètres. Cette station dispose, qui plus est, d'une liaison en surface avec la voie ferrée existante et la station «Stadium».

similarly, the hold track, which will be the future point of connection and interconnection with the Underground's line III was subdivided into three sectors. In total, it reaches a length of approximately 450 metres. This station also has a surface link with the existing railway and with the "Stadium" station.

Station C14: profil longitudinal
 Station C14: longitudinal profile

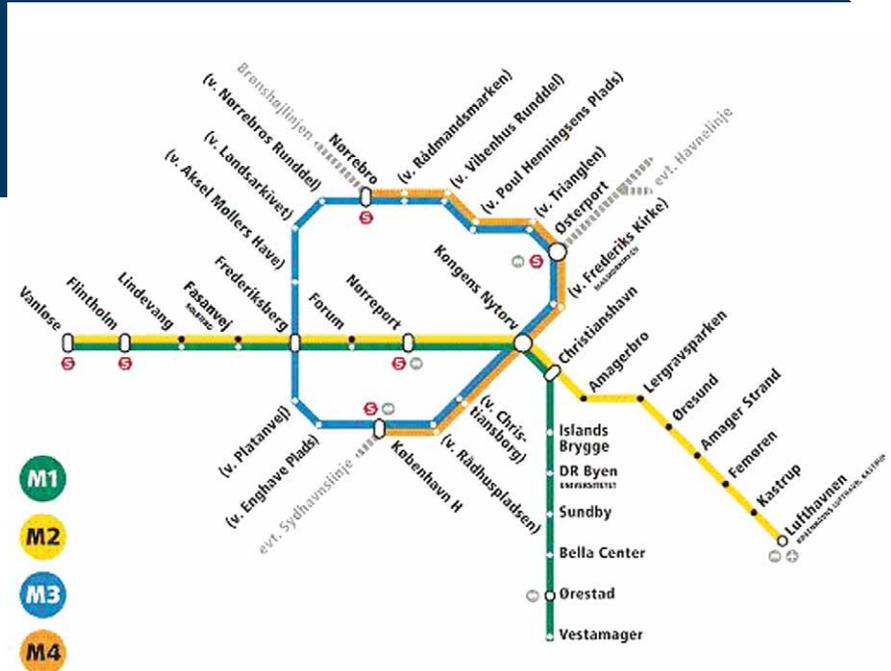




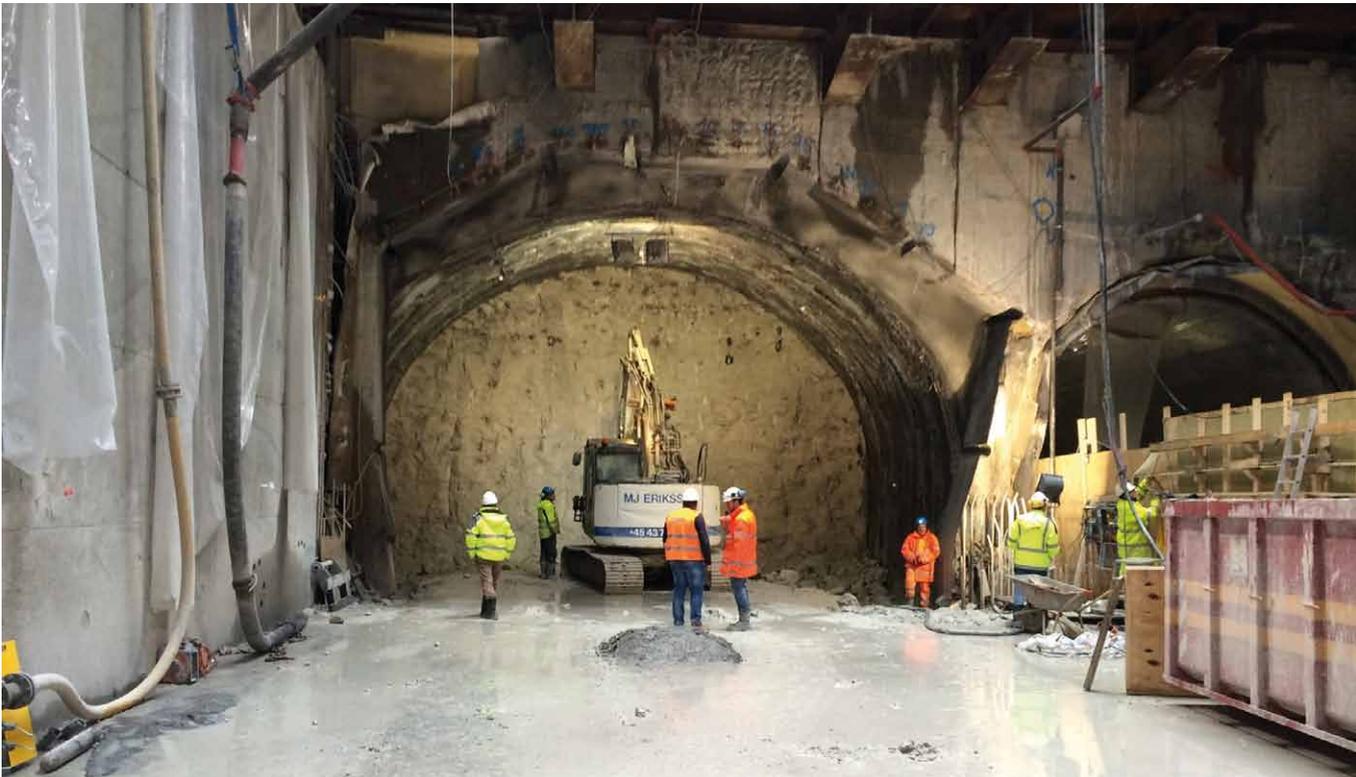
Métro de Copenhague

Copenhagen Underground

Dans le cadre du projet Cityringen, la capitale danoise, qui possède le système de mobilité publique le plus évolué d'Europe, réalisera la nouvelle boucle souterraine du centre-ville. Ces travaux viseront à la construction d'une vaste prolongation du métro à deux tunnels, de 17,4 km de longueur chacun, et 17 nouvelles stations situées à 30 mètres de profondeur sous la couche de roulement. Lors de l'inauguration de la nouvelle ligne, puisque la livraison de l'ouvrage est prévue pour 2018, 85% des habitants de



- Caverne Nørrebro
- Nørrebro Cavern



□ Dalle de couverture
Frederksberg Allé
□ Covering slab,
Frederksberg Allè



Copenhague se trouveront à environ 600 mètres d'une station de métro. Les tunnels seront creusés au tunnelier. Seule l'excavation d'un tunnel de service pour le raccordement à la centrale d'entretien se fera selon la méthode traditionnelle. Durant les excavations, trois millions de tonnes de terre seront déblayées et employées ensuite pour bâtir un nouveau quartier de la ville à Nordhavn. Quelque 500 camions par jour transporteront le marin. Pour gérer un tel flux de circulation, les feux de signalisation de la ville ont été modifiés. La ligne, totalement automatisée, fonctionnera 24 heures sur 24, à des intervalles minimums de 100

With the City Circle Line – “Cityringen” – project, the Danish capital, which boasts Europe’s most highly evolved system of public mobility, will build the new underground circle route in the centre of the city, constructing a large expansion of the Metro with two tunnels each 17.4 km kilometres in length, and with 17 new stations 30 metres beneath the road surface. When the new line – slated for delivery in 2018 – opens, 85% of Copenhagen’s inhabitants will be no farther than about 600 metres of a Metro stop.

The tunnels will be excavated by TBM; only one service tunnel, for connection to the maintenance plant, will be excavated by the traditional method. During excavations, three million tons of earth will be

□ Planchers intermédiaires
□ Intermediate slabs





Dalle de base pour les rampes de départ des tunnelier
 Base slab for the TBM starting ramps

secondes à peine entre les rames. Elle assurera la mobilité de 130 millions de navetteurs par an. Ce projet fait figure de défi technique par sa complexité et son importance.

Pur produit italien, la réalisation du projet a été confiée à Salini Costruttori et à Finmeccanica. Avec un coût prévu de 21,3 milliards de couronnes, le métro est le plus grand projet envisagé par la ville depuis le début du XVIIIe siècle. Cipa Denmark est engagée dans ce projet ambitieux en qualité de sous-traitante du groupement d'entreprises CMT Copenhagen Metro Team I/S (Tecnimont, Salini, Seli). Les travaux, entamés dès le mois de février 2013 par Cipa Denmark avec le concours de quelque 180 personnes et l'emploi d'outillage hautement spécialisé, visent à la réalisation complète des stations d'Aksel Moller Have et de Frederiksberg, de la dalle de couverture de Norrebro et de Frederiksberg Allé, à l'excavation, au soutènement et au revêtement définitif des cavernes de Norrebroparken, à la construction des planchers intermédiaires de Norrebros Runddel, de la dalle de radier et des murs périmétriques de Nuuks Plads, de la rampe de Tommergraven comprenant le radier, les murs périmétriques, le mur central, les pulvini, la mise en place des poutres suivie de la réalisation de la dalle de couverture, ainsi qu'aux ouvrages mineurs, à l'instar des tirants pour le radier de la rampe de Tommergraven et du béton projeté sur les pieux en guise de fondation et de support à l'imperméabilisation dans la plupart des stations du projet. ■

removed, which will be used to build a new area of the city in Nordhavn. No fewer than 500 trucks a day will be transporting the excavation earth, and the city's traffic lights have been modified to manage this traffic flow. Completely automated, the line will operate 24 hours a day with minimum intervals of barely 100 seconds between trains, and will guarantee mobility for 130 million passengers a year. In its complexity and importance, the project is a technical challenge.

And it will be an Italian project: in fact, it will be carried out by Salini Costruttori and Finmeccanica. At an estimated cost of 21.3 billion kroner, the Metro is the city's largest project since 1600. Cipa Denmark is involved in this ambitious project as subcontractor for CMT Copenhagen Metro Team I/S (Tecnimont, Salini, Seli) joint venture. The activities begun starting from the month of February 2013, performed by Cipa Denmark with the involvement of about 180 resources and highly specialized equipment, regard the complete construction of the Aksel Moller Have and Frederiksberg stations, the covering slab of Norrebro and Frederiksberg Allé, the excavation, consolidation and final lining of the Norrebroparken caverns, the intermediate slabs of Norrebros Runddel, the bottom slab and perimeter walls of Nuuks Plads, and Tommergraven's ramp, including the bottom slab, perimeter walls, central wall, pulvinos, beam launch, and subsequent building of the covering slab, as well as such minor works as building tie rods for the bottom slab of the Tommergraven ramp, shotcrete on piles as a foundation, and support for the waterproofing in most of the stations involved in the project. ■



ITALIA



POLONIA



DANIMARCA

dal 1986... **nihil
difficile
volenti**



passione e dedizione

cipaspa.it - info@cipaspa.it

© 2014 CIPA Spa, Edizioni PEI Srl

Droits de traduction, de mémorisation électronique, de reproduction et d'adaptation totale ou partielle par n'importe quel moyen (y compris les microfilms et les copies photostatiques) réservés pour tous les pays.

All rights reserved for all countries. Any partial or total translation, reproduction, representation, use, adaptation, modification by any process and on any media (paper, digital, etc.) is prohibited.

Achévé d'imprimer en juillet 2014

Printed in July 2014

Projet éditorial : Felicia et Francesco Bellone
Editorial Project: Felicia and Francesco Bellone

Traduction des textes par : Synergo International srl Unipersonale
Translation by: Synergo International srl Unipersonale

Projet graphique : Edizioni Pei
Graphic Project: Edizioni Pei

Impression : Stamperia srl Parma
Print: Stamperia srl Parma

Éditeur *Publisher*

edizioni
pei

Strada Naviglio Alto, 46/1 43122 Parma Italy
www.edizionipei.it info@edizionipei.it



Sede legale e amministrativa
via Privata Rubinacci 10
80067 Sorrento (NA) Italy
tel. +39 081 3622135
fax +39 081 3622112

Direzione tecnica e gare
via Modesto Panetti 95
00138 Roma Italy
tel. +39 06 88588144
fax +39 06 88588322

www.cipaspa.it
info@cipaspa.it

SOA: Cat.	Class.
OG1	VIII
OG3	V
OG4	VIII
OG11	I
OS18-A	III
OS21	VI



cipa

Copenhagen

Warsaw

