

FACOLTÀ DI INGEGNERIA  
CIVILE E INDUSTRIALE



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA



Ordine degli Ingegneri  
della Provincia  
di Roma



Convegno:

# Ricerca e Innovazione per lo sviluppo di opere di ingegneria in sotterraneo

Roma, 29 febbraio 2024 - Aula del Chiostro - San Pietro in Vincoli - Via Eudossiana 18, Roma



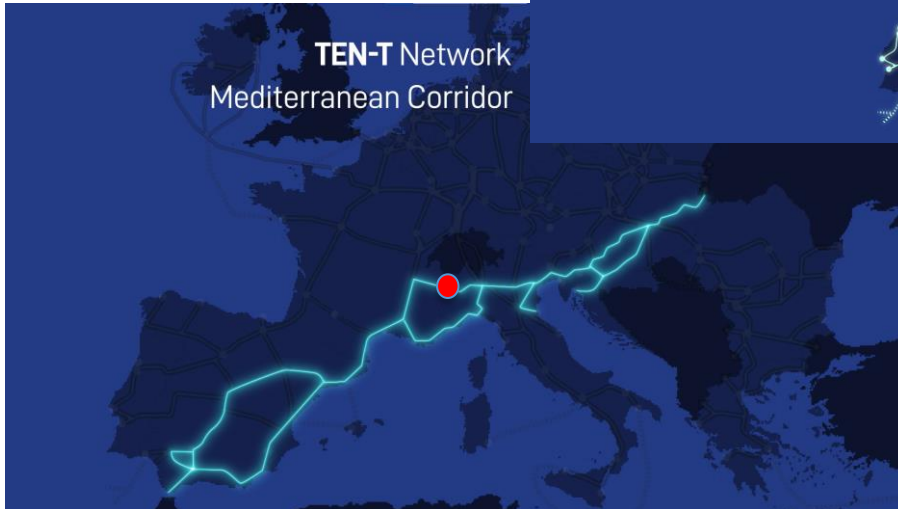
Ing. L. Brino - P. Elia  
TELT

*AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l'  
<<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico  
della Maddalena*

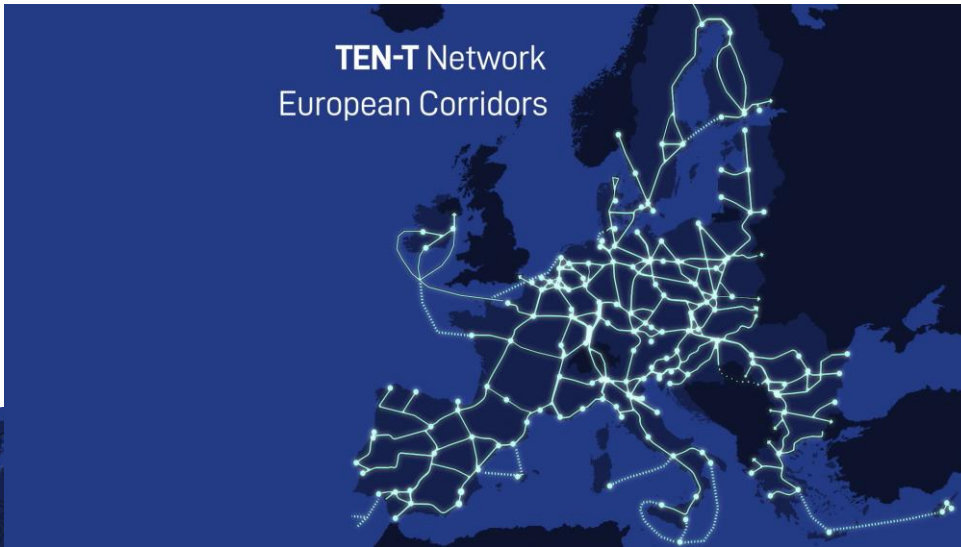
[www.ing.uniroma1.it](http://www.ing.uniroma1.it) - [www.geeg.it](http://www.geeg.it)



La Torino-Lione è l'anello centrale del Corridoio Mediterraneo (uno dei 9 assi della rete di trasporto europea TEN-T), che si sviluppa per 3.000 km connettendo, da Est a Ovest, 7 corridoi dell'Unione Europea



TEN-T Network  
Mediterranean Corridor



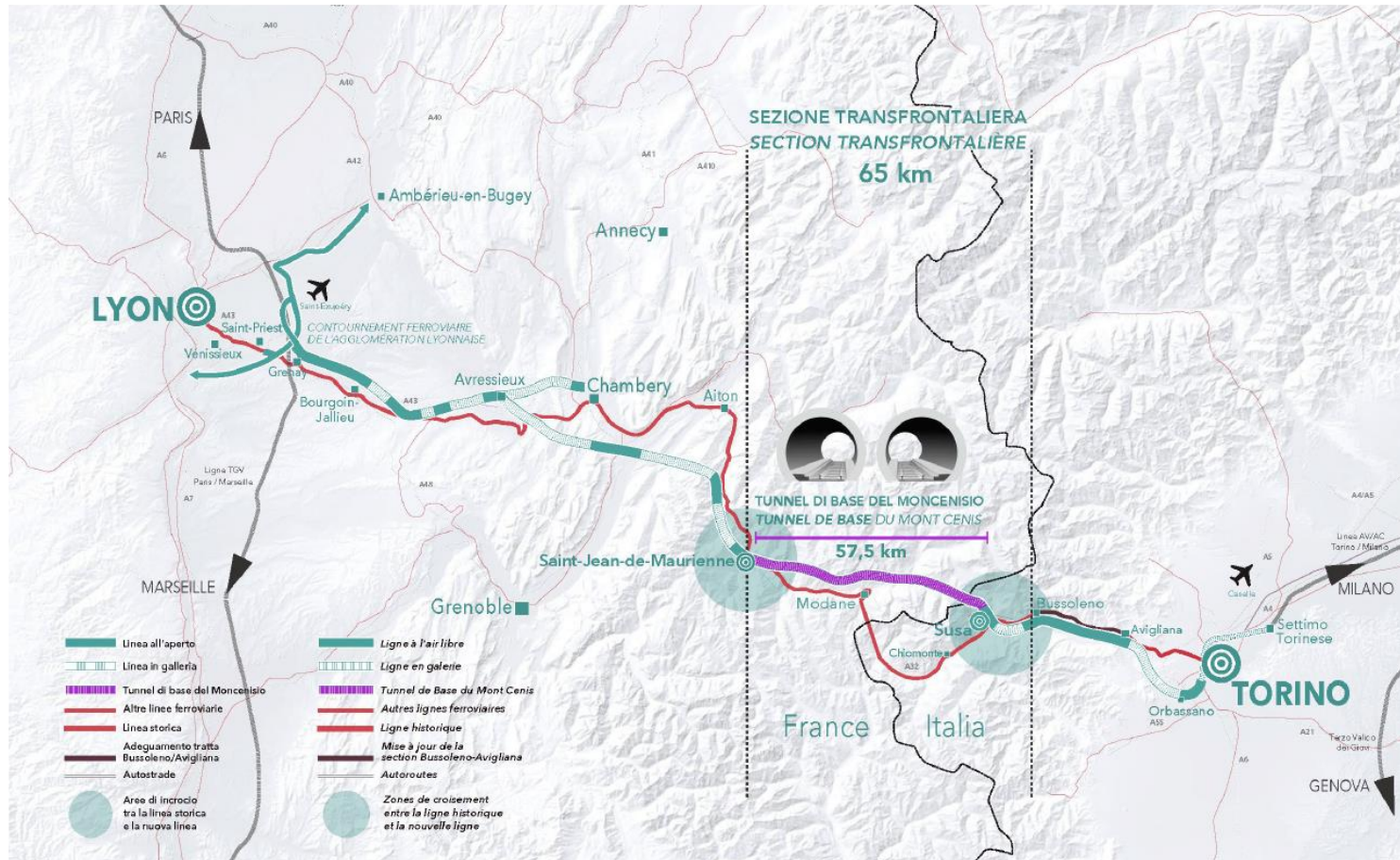
TEN-T Network  
European Corridors

La tratta in fase di realizzazione da parte di TELT è la sezione transfrontaliera tra Italia e Francia, da Susa/Bussoleno (Piemonte) a Saint-Jean-de-Maurienne (Savoia), la cui opera principale è il Tunnel di Base del Moncenisio, lungo 57,5 km

**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena



# IL TRACCIATO DELLA TORINO LIONE



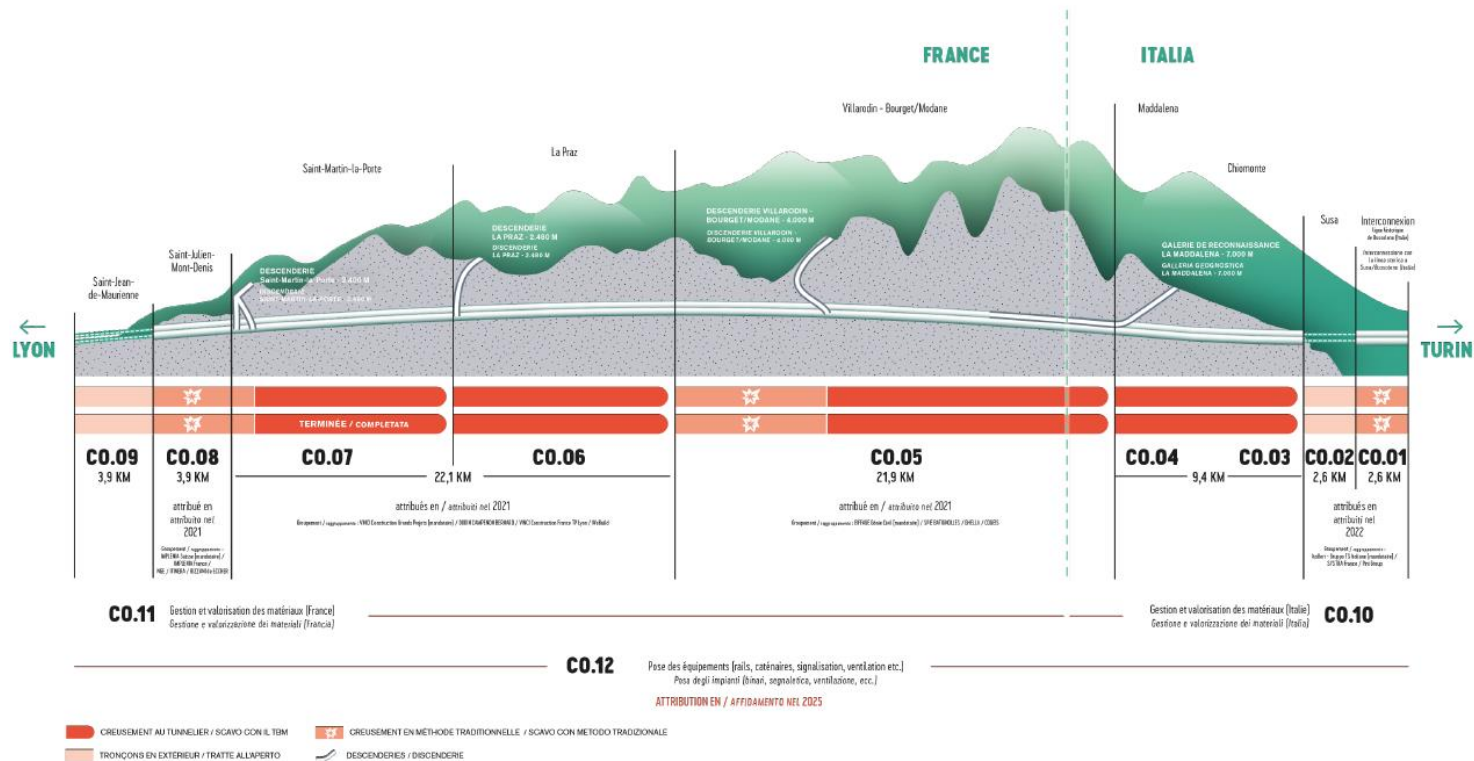
Ing. L. Brino- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena





# I CANTIERI OPERATIVI DELLA SEZIONE TRANSFRONTALIERA

162 km di gallerie suddivisi in 9 siti costruttivi, a cui si aggiungono 2 cantieri operativi per la gestione delle terre da scavo e 1 cantiere operativo per le attrezzature ferroviarie necessarie per la messa in servizio

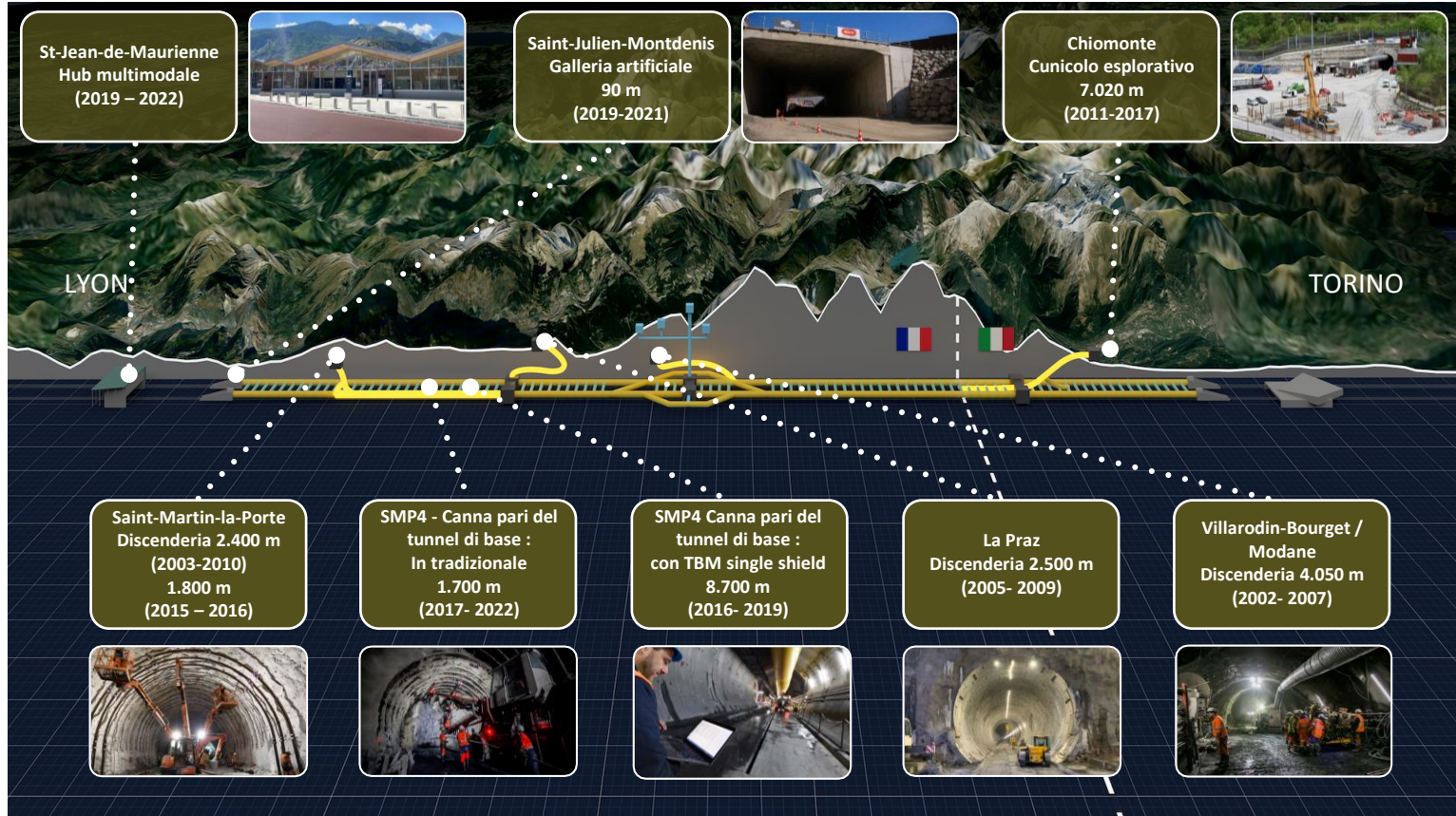


Ing. L. Brino- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena



# LAVORI COMPLETATI

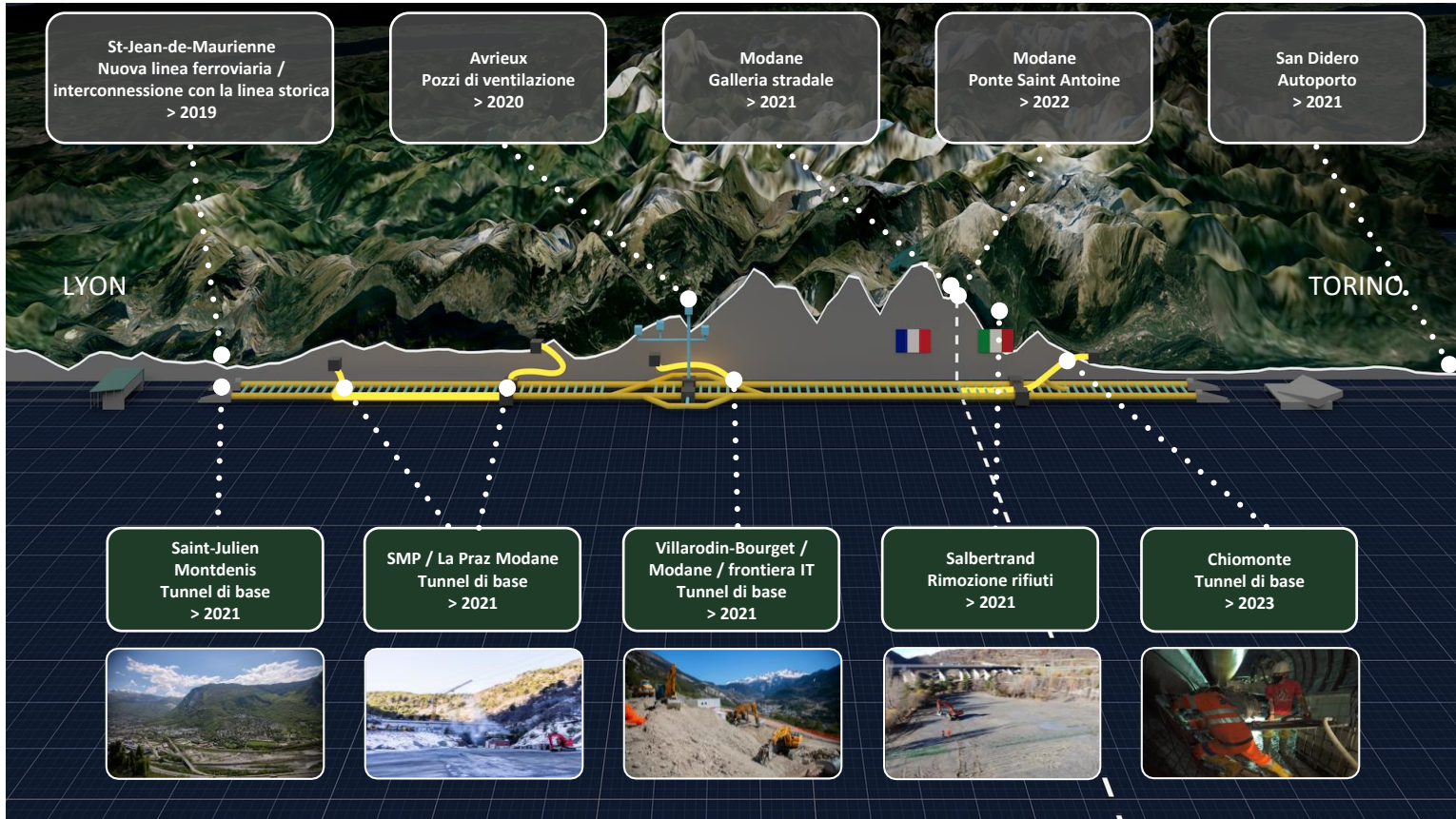
Ad oggi, sono stati scavati 36 km, di cui 13 del Tunnel di Base del Moncenisio



Ing. L. Brino- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena







Ing. L. Brino- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena

Un unico cantiere binazionale per attrezzare il tunnel di base

LYON

TORINO

IMPIANTI FERROVIARI E PER LA SICUREZZA

- Armamento
- Trazione elettrica
- Segnalamento e controllo
- Gestione della circolazione
- Edifici tecnici
- Ventilazione
- Impianti di sicurezza
- Veicoli di soccorso
- Porte d'emergenza

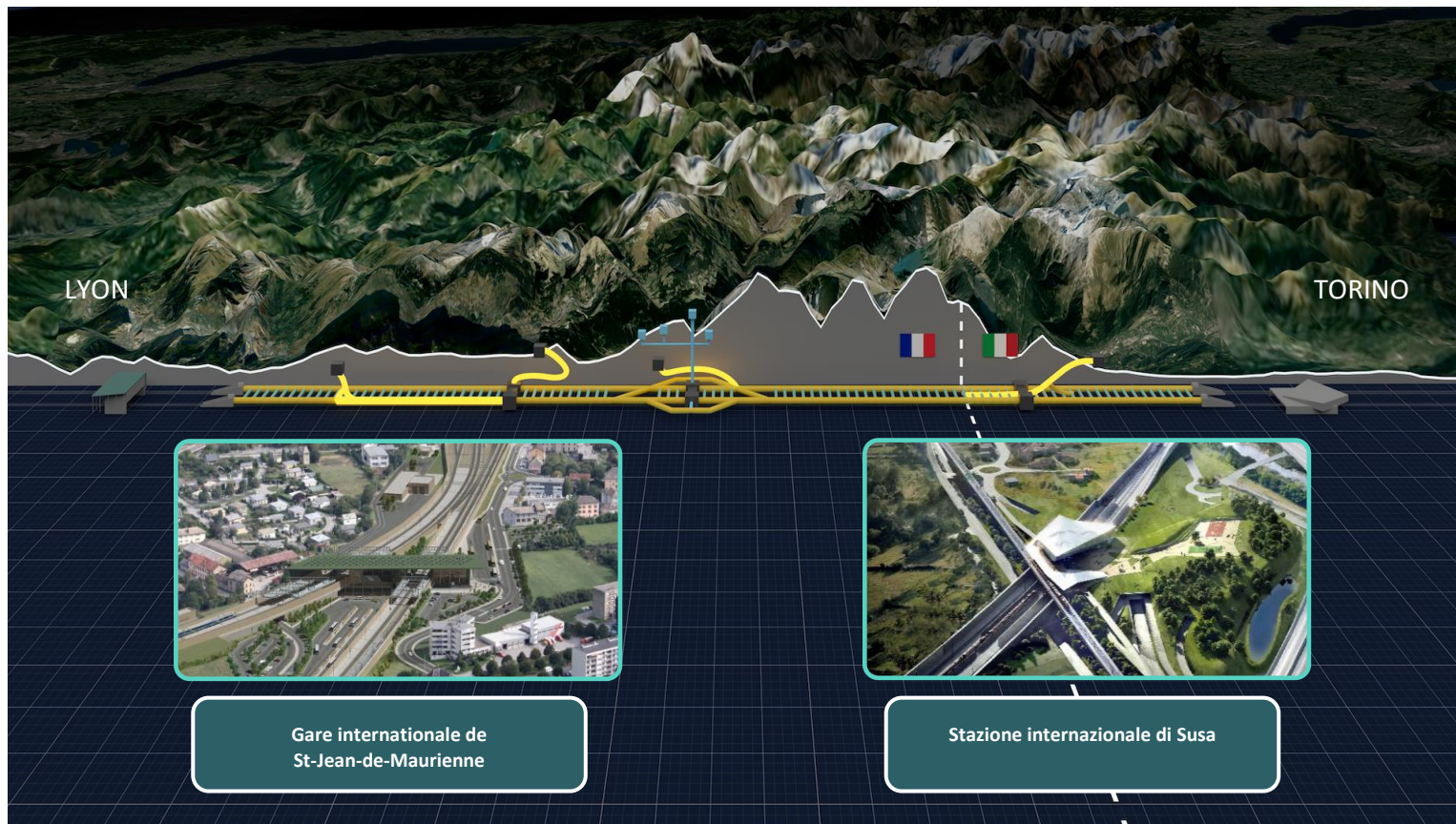
The image shows a 3D topographical map of the Alps region between Lyon, France, and Torino, Italy. A cross-section of a tunnel is shown, with various infrastructure components highlighted in yellow. A dashed line indicates the tunnel's path through the mountains. The text 'IMPIANTI FERROVIARI E PER LA SICUREZZA' is prominently displayed. Below this, a row of nine small images illustrates different components: tracks, overhead power lines, signaling equipment, a control room, technical buildings, a tunnel interior, safety equipment, a rescue vehicle, and an emergency door. Each image is accompanied by a label in a brown box.

Ing. L. Brino- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena





# LE NUOVE STAZIONI INTERNAZIONALI



**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena





# I principali cantieri in corso



**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena

**113 km**  
sondaggi

**36 km**  
gallerie realizzate

**100%**  
Scavo meccanico  
completato a  
SMP4

**100%**  
tunnel di  
base  
aggiudicato

**6.6 MLD**  
già spesi o  
impegnati per  
l'opera

**2 000**  
persone al lavoro





LAVORI A CIELO APERTO A SAINT-JEAN-DE-MAURIENNE



**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena







**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena





**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena





**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena







**Ing. L. Brino-** AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena







**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena







**Ing. L. Brino-** AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena



# IL CANTIERE DELLA MADDALENA DI CHIOMONTE



**Ing. L. Brino-** AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena



# AXEL

**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena

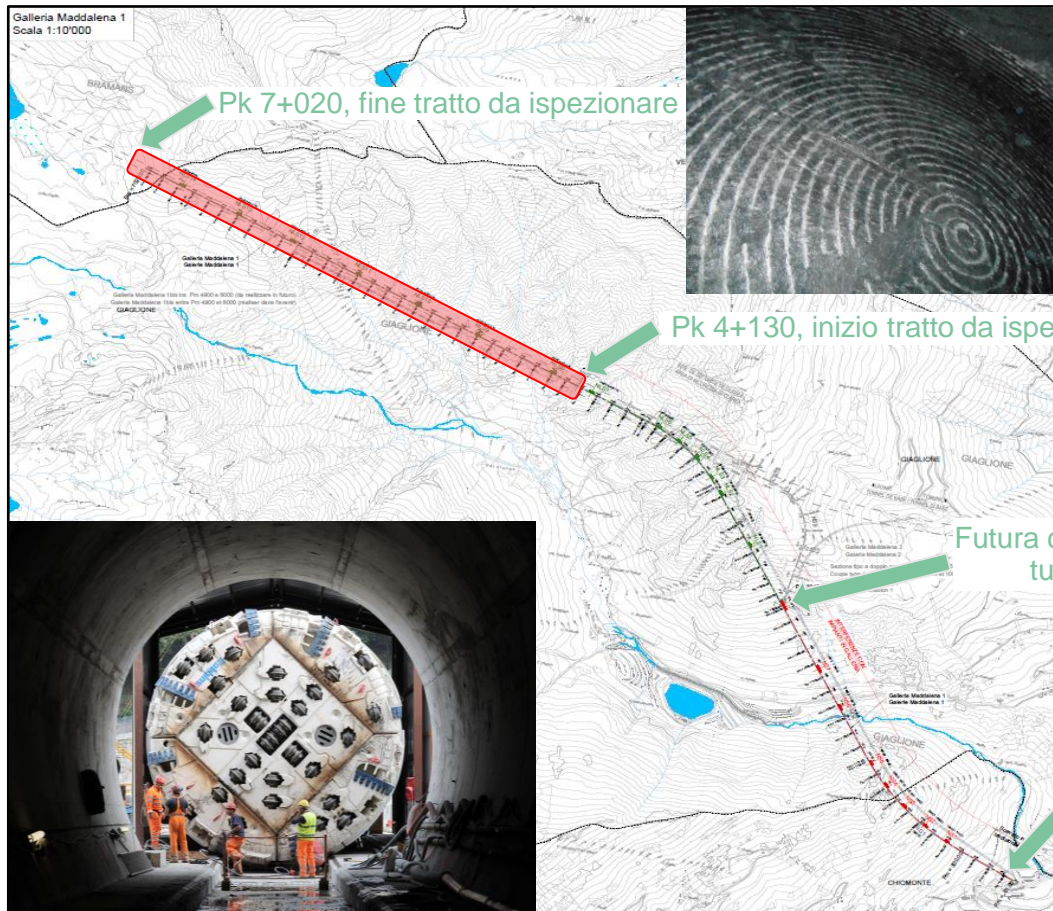




## INQUADRAMENTO GENERALE

Il cunicolo esplorativo della Maddalena, lungo 7 km e realizzato con TBM a gripper tra il 2013 ed il 2017 a Chiomonte, è una delle opere preliminari del Tunnel di Base del Moncenisio

Per acquisire informazioni sulle condizioni ambientali e di sicurezza tra il quarto ed il settimo km, si è deciso di esplorare il cunicolo tramite un sistema innovativo telecomandato, concepito e realizzato dal gruppo **Webuild** in collaborazione con **+CIM4.0**

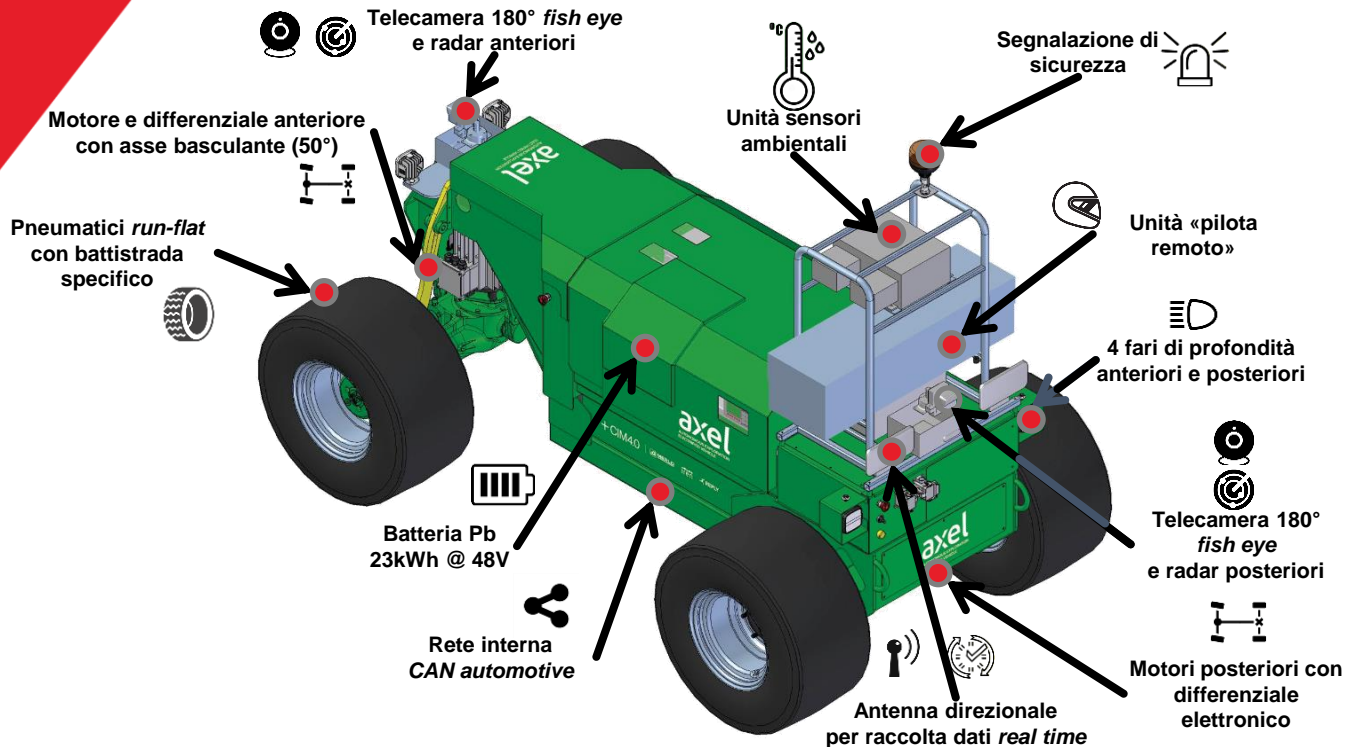


**Ing. L. Brino- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena**



**axel**

AUTONOMOUS EXPLORATION  
ELECTRIFIED VEHICLE



Dimensioni:  
3.5x1.6x1.8 m

Passo:  
2.100 mm



Protezione  
acqua



Peso: 2.200 kg



Pendenza:  
60%



Vmax: 5 km/h



Guado: 30 cm



Ing. L. Brino- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena





Il robot AXEL, realizzato in soli **4 mesi**, ha offerto delle performance e delle funzionalità uniche, grazie alla sua capacità di avanzamento senza emissioni e senza guida a bordo in ambienti complessi, mettendo a disposizione a distanza e in *real time*, immagini e dati di monitoraggio



**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena



## OBIETTIVI

E' un sistema a guida remota innovativo, finalizzato alla sostituzione dell'uomo nell'esplorazione di tratti di cunicoli o gallerie di cui non sono noti i rischi per la salute dei lavoratori

Raccoglie i parametri ambientali (temperatura, umidità, gas) per individuare le aree in cui gli operatori potranno intervenire in sicurezza

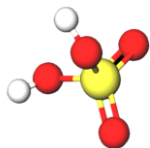


### Gas da monitorare:



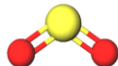
Monossido di carbonio

CO



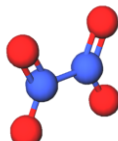
Acido solfidrico

H<sub>2</sub>S



Anidride solforosa

SO<sub>2</sub>



Biossido di azoto

NO<sub>2</sub>



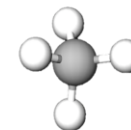
Ossigeno

O<sub>2</sub>



Radon

Rn



Gas infiammabili

CH<sub>4</sub>

Ing. L. Brino- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena







Ing. L. Brino- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena

- Stabilire le **condizioni dell'ambiente esplorato** in termini di temperatura, umidità, stato dei paramenti, potenziali instabilità e concentrazioni di gas pericolosi (per esempio il radon)
- Verificare la **salubrità dell'ambiente** all'interno del tunnel
- Preparare le migliori condizioni possibili di ripristino delle zone che saranno oggetto dei futuri lavori

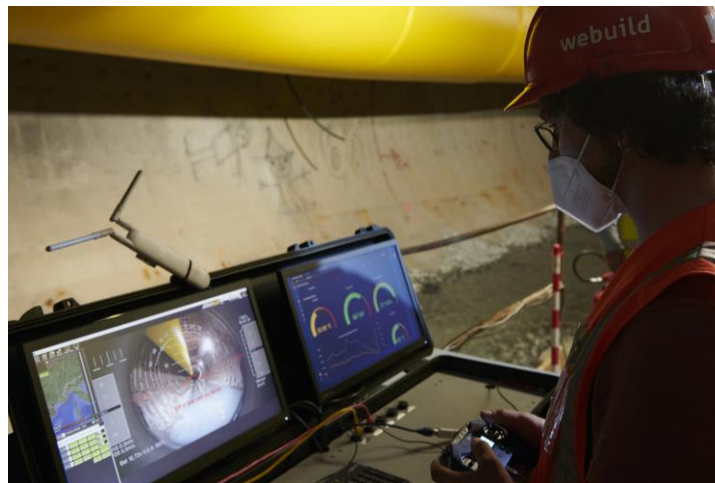




La configurazione di **AXEL** permette di superare:

- depressioni e pendenze superiori al 60%,
- ostacoli di altezza 20 cm,
- guadi di profondità fino a 30 cm

e raggiungere una velocità di crociera di 4-5 km/h, che si riduce a meno di 2 km/h durante le misure che sono analizzate in tempo reale da un operatore al sicuro presso la stazione di base



**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena





L'esplorazione si è svolta nel 2022 in 60 giorni lavorativi, con una media di 150 m/d, e l'analisi delle condizioni ambientali ha permesso a seguire la realizzazione simultanea delle attività di attrezzaggio del tunnel nella parte già esplorata

- installazione della nuova condotta di ventilazione
- sistema di illuminazione
- tubazioni antincendio



**Ing. L. Brino**- AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena





**Ing. L. Brino-** AXEL (Autonomous Exploration Electrified Vehicle), l' <<esploratore>> telecomandato del cunicolo geognostico della Maddalena



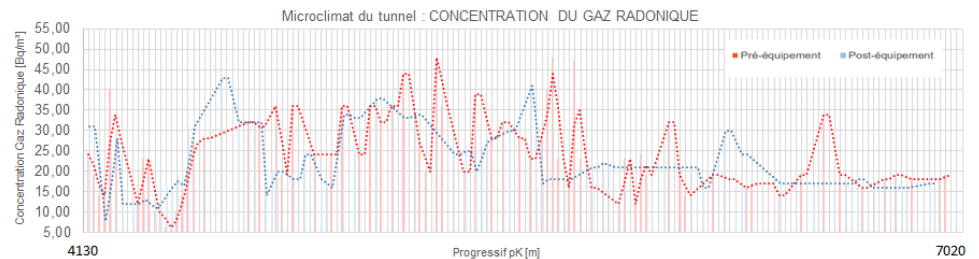
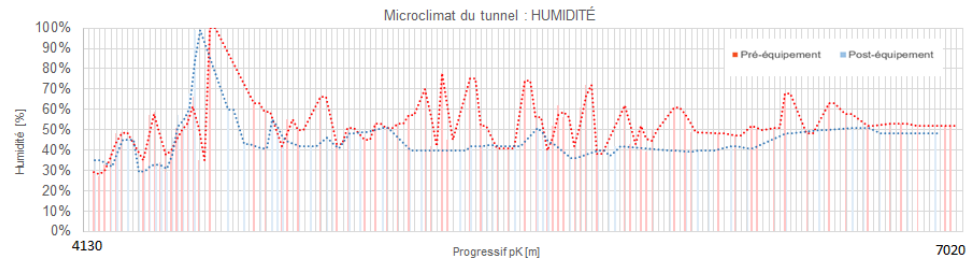
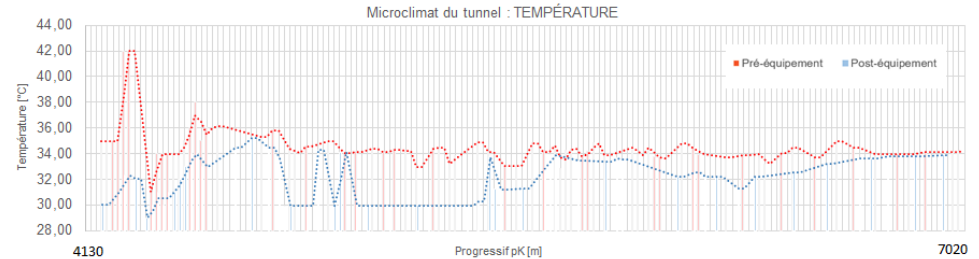


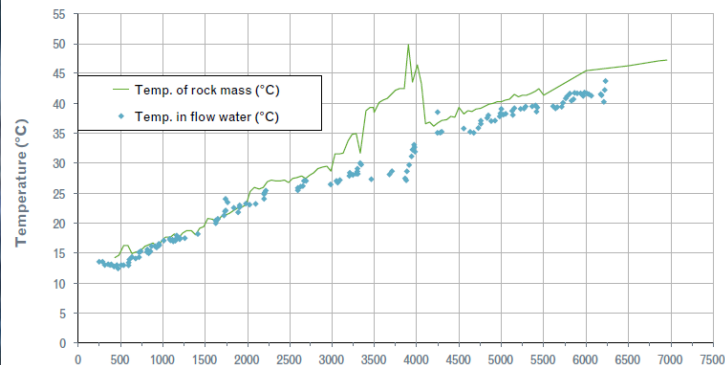
## I RISULTATI

I valori di **temperatura** controllati lungo il tunnel hanno rivelato una media dei valori misurati dopo l'attrezzaggio del tunnel di circa **30°/32°C** rispetto ai 35°C iniziali  
Per memoria, durante lo scavo con la TBM erano state misurate punte di quasi 50°

In seguito all'installazione della nuova condotta di ventilazione, i valori di **umidità** si sono ridotti del 10 %, con una media di valori misurati tra il 40% e il 50 %

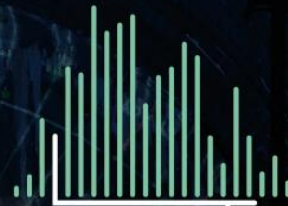
Nessun gas ha presentato delle concentrazioni critiche, in particolare il **radon**, i cui valori registrati sono stati ben **inferiori alle soglie di sicurezza**







Grazie per la vostra  
attenzione !



TUNNEL EURALPIN LYON TURIN



TELT.EU  
#LYONTURIN

