

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO CUP C11J05000030001

EQUIPEMENTS FERROVIAIRES – IMPIANTI FERROVIARI

INSTALLATIONS FIXES DE TRACTION ELECTRIQUE – IMPIANTI FISSI DI TRAZIONE ELETTRICA CATENAIRE – LINEA DI CONTATTO ELABORATI GENERALI – GENERALITES

PRESCRIPTIONS GENERALES CATENAIRES – PRESCRIZIONE GENERALE LINEA DI CONTATTO

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	09/11/2012	Première diffusion pour vérification et validation / Prima emissione per verifica e validazione	S.EPAILLARD (SYSTRA)	G.BOVA C. OGNIBENE	M.FORESTA M. PANTALEO
A	08/02/2013	Révision suite aux commentaires LTF et CCF / Emissione a seguito commenti LTF e CCF	S.EPAILLARD (SYSTRA)	G.BOVA C. OGNIBENE	M.FORESTA M. PANTALEO
B	08/02/2013	Passage au statut AP / Passaggio allo stato AP	S.EPAILLARD (SYSTRA)	G.BOVA C. OGNIBENE	M.FORESTA M. PANTALEO

CODE DOC	P	D	2	C	2	B	T	S	3	0	6	6	0	B
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C2B	//	//	30	05	00	10	01
------------------------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Tecnimont
Civil Construction
Dott. Ing. Aldo Mancarella
Ordine Ingegneri Prov. TQ n. 6271 R



ECHELLE / SCALA
-



LTF sas – 1091 Avenue de la Boisse – BP 80631 – F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
Propriété LTF Tous droits réservés – Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet est cofinancé par l'Union européenne (DG-TREN)



Questo progetto è cofinanziato dall'Unione europea (TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO	7
1. INTRODUZIONE.....	11
2. OGGETTO	11
3. PERIMETRO D'INTERVENTO	13
4. PRESENTAZIONE GENERALE DEL PROGETTO LTF	13
5. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	14
6. SPECIFICHE DELLA LINEA E SCELTA DEI FILI CONDUTTORI	17
6.1 Risultati del dimensionamento elettrico	17
6.2 Messa a terra e sezionamento della linea di contatto.....	17
6.3 Distanza dei rami.....	17
6.4 Composizione della linea di contatto NLT	18
6.4.1 Portante	18
6.4.2 Filo di contatto	18
6.4.3 Feeder	18
6.4.4 Pendini	19
6.4.5 Conduttori di protezione.....	19
6.4.5.1 CdPA in galleria	19
6.4.5.2 CdTE in galleria e in esterno.....	19
6.4.5.3 CdPA in esterno.....	19
6.5 Tensione meccanica dei conduttori	19
6.6 Interazione tra pantografo e linea di contatto	20
6.7 Linea di contatto in binario di servizio o manutenzione	20
7. PUNTI DI STUDIO PARTICOLARI	22
7.1 Binari in galleria	22
7.2 Binari fuori galleria	22
8. PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI.....	24
8.1 Velocità di circolazione	24

8.2	Sistema d'alimentazione.....	24
8.3	Quadro regolamentare	24
9.	SISTEMI ACCETTATI DI SOSPENSIONE DELLA LINEA DI CONTATTO.....	25
9.1	In esterno.....	25
9.2	In galleria	25
10.	CRITERI DI CONCEZIONE DEL SISTEMA CATENARIO	26
10.1	Caratteristiche geometriche	26
10.2	Caratteristiche costruttive.....	28
10.3	Criteri statici dell'elasticità del sistema catenario	29
10.4	Criteri dinamici	29
10.5	Criteri di qualità di captazione della corrente	30
10.6	Distanze d'isolamento da rispettare	30
11.	CONDIZIONI CLIMATICHE DI FUNZIONAMENTO	32
11.1	Carichi dovuti alla pressione del vento	32
11.2	Gamma delle temperature	32
11.3	Ghiaccio.....	33
11.4	Neve	33
11.5	Inquinamento atmosferico.....	33
11.6	Sisma	33
12.	DEFINIZIONE DELLE CAMPATE E DEI DISASSAMENTI.....	33
12.1	Attribuzione delle campate in galleria	34
12.2	Attribuzione dei disassamenti in galleria	34
12.3	Attribuzione delle campate in esterno.....	34
12.4	Attribuzione dei disassamenti in esterno.....	35
13.	DESCRIZIONE E MONTAGGIO DEL MATERIALE DELLA LINEA DI CONTATTO	35
13.1	Supporti linea di contatto.....	35
13.1.1	Montaggi tipici in galleria.....	35

13.1.2	Montaggi tipici in esterno	35
13.1.3	Montaggi in esterno su portici rigidi	35
13.1.4	Montaggi in esterno per binari di servizio o di manutenzione	36
13.2	Protezione contro le cadute del personale.....	36
13.3	Blocchi di fondazione	36
13.4	Ancoraggi sotto lavori di arte in cemento	37
13.5	Caratteristiche dell'attrezzaggio	38
13.5.1	Montaggi normali in esterno.....	38
13.5.2	Montaggi con ingombro inferiore a 0,70m in esterno.....	38
13.5.3	Montaggi speciali in esterno	38
13.5.4	Montaggi tunnel.....	39
13.6	Regolazione dei disassamenti.....	39
13.7	Pendini delle linee di contatto.....	40
13.7.1	Costituzione dei pendini.....	40
13.7.1.1	Pendini per portante nuda	40
13.7.1.2	Pendini per portante protetta.....	40
13.8	Ancoraggi tipo.....	41
13.9	Impianti di tensionatura - Antiscorrimento.....	42
13.9.1	Generalità.....	42
13.9.2	Impianti di tensionatura.....	42
13.9.2.1	Caratteristiche degli impianti di tensionatura.....	42
13.9.2.2	Dimensione dei contrappesi.....	43
13.9.3	Antiscorrimento	43
13.10	Sezionamento a lama d'aria, Posto origine catenaria, Isolatori di sezione	43
13.10.1	Generalità.....	43
13.10.2	Sezionamento a lama d'aria	44
13.10.3	Posti di cambio	44
13.10.3.1	Posti di cambio di fase.....	45
13.10.3.2	Posti di cambio sistema	45
13.10.4	Isolatori di sezione	45
13.11	Impianto degli scambi	45
13.11.1	Impianto dei raccordi	45
13.11.2	Impianto delle comunicazioni	46
13.12	Connessioni elettriche.....	46
13.12.1	Generalità.....	46
13.12.2	Caratteristiche delle connessioni	47
13.12.3	Connessioni di alimentazione, di bypass e di continuità.....	47
13.12.4	Modo di raccordo sui conduttori	47
13.13	Isolamento elettrico.....	47
13.14	Apparecchi d'interruzione	48
13.14.1	Generalità.....	48
13.14.2	Disgiuntori	48
13.14.3	Interruttori	49

13.14.4	Sezionatori	49
13.14.5	Sezionatori di messa a terra.....	50
13.15	Protezione elettrica.....	50
14.	ESIGENZE CONCERNENTI I LAVORI	50
14.1	Regolazione degli apparecchi tenditori.....	50
14.2	Pendinatura	51
14.3	Regolazione dell'attrezzaggio	51
15.	ALLEGATI.....	52
15.1	Nota sull'altezza dei fili di contatto della linea nuova.....	52
15.1.1	Introduzione	52
15.1.2	Documenti di riferimento per la scelta dell'altezza del filo di contatto.....	52
15.1.3	Altezza del filo di contatto standard RFF.....	53
15.2	Nota sulle sospensioni in galleria.....	54

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Sinottico della zona elettrificata in catenaria 2*25kV	12
Figura 2: Montage type caténaire en extérieur/ Tipologico catenaria all'aperto	25
Figura 3 : Montage type caténaire en tunnel / Tipologico catenaria nel tunnel.....	25
Figura 4: Supporto con attrezzaggio tipo mensola a becco per binario di servizio	36
Figura 5: Montaggio tipo portale elastico per binari di servizio	36
Figura 6: Esempio di montaggio sotto portico rigido	38
Figura 7: Armamento sotto lavoro speciale con braccio di poligonazione in compressione... ..	39
Figura 8: Esempio di ripartizione di una campata di 50,00 m	40
Figura 9: Pendino per corda portante protetta con interasse dei conduttori superiore a 500mm	41
Figura 11 : Schema di massima d'impianto dei raccordi.....	46
Figura 12 : Schéma di massima di impianto delle comunicazioni.....	46
Figura 13: Sezione tipo della riserva effettuata nei tunnel per la sistemazione degli apparecchi di interruzione	49
Figura 14: Esempio di apparecchio d'interruzione in galleria.....	50
Figura 15: Montaggio RFF tipo « Sistema catenario 85 »	53

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Composizione minima dei conduttori della linea di contatto richiesta dal dimensionamento elettrico	17
Tabella 2: Caratteristiche della portante.....	18
Tabella 3: Caratteristiche del filo di contatto	18
Tabella 4: Caratteristiche del Feeder.....	18
Tabella 5: Caratteristiche dei CdPA in galleria.....	19

Tabella 6: Caratteristiche del CdTE	19
Tabella 7: Caratteristiche del CdPA in esterno	19
Tabella 8: Tensione meccanica dei conduttori regolati.....	20
Tabella 9: Tensione dei conduttori non regolati a temperatura ambiente	20
Tabella 10: Caractéristiques géométriques / Caratteristiche geometriche	28
Tabella 11: Caratteristiche costruttive.....	29
Tabella 12: Criteri stati dell'elasticità del sistema catenario	29
Tabella 13: Criteri dinamici	29
Tabella 14: Criteri di qualità della captazione della corrente.....	30
Tabella 15: Distanze minime d'isolamento da rispettare.....	31
Tabella 16: Gamma di temperature di funzionamento degli apparecchi tenditori.....	32
Tabella 17: Manicotto di ghiaccio.....	33
Tabella 18: Carico accidentale di neve	33
Tabella 19: Inquinamento atmosferico.....	33
Tabella 20: Attribuzione delle campate su binario corrente in galleria	34
Tabella 21: Attribuzione dei disassamenti su binario corrente in galleria	34
Tabella 22: Attribuzione delle campate su binario corrente in esterno.....	34
Tabella 23: Attribuzione dei disassamenti su binario corrente in galleria	35
Tabella 24: Tolleranze delle misure di regolazione degli apparecchi tenditori	51
Tabella 25: Valori accettabili per geometria delle linee aeree di contatto - STI sottosistema energia del 6 marzo 2008	52

RESUME/RIASSUNTO

Texte en Français.

Le présent document détaille les caractéristiques et critères de conception du système caténaire retenu dans le cadre des études du Projet Définitif Lyon Turin Ferroviaire.

Le périmètre géographique des installations caténaire traitées dans ce document est la section de ligne internationale alimentée en 2x25kV. Cela comprend toutes les installations caténaire comprises entre la sortie de la gare de Saint Jean de Maurienne et le milieu du tunnel d'interconnexion vers Bussoleno.

Testo in Italiano.

Questo documento specifica le caratteristiche e criteri di progettazione della linea di contatto contenuti negli studi del Progetto Definitivo della tratta transfrontaliera Torino-Lione ferroviaria.

L'ambito geografico dei sistemi di catenarie discussi in questo documento è la sezione internazionale della linea alimentata con il sistema 2x25kV. Il progetto sviluppa il sottosistema catenario dall'uscita della stazione di Saint Jean de Maurienne fino alla metà del tunnel di interconnessione verso Bussoleno.

GLOSSAIRE / GLOSSARIO

AF	Autoroute Ferroviaire / Autostrada ferroviaria
APR	Avant Projet de Réalisation
APS	Avant Projet Sommaire
BT	Basse Tension / Tensione bassa
CA	Courant Alternatif / Corrente alternata
CC	Courant Continu / Corrente continua
CdPA	Câble de Protection Aérien / Conduttore di Protezione Aereo
CdTE	Câble de Terre Enterré / Cavo di terra interrato
CEM	Comptabilité Electromagnétique / Contabilità elettromagnetica
CEI	Commission Electrotechnique Internationale / Commissione elettrotecnica internazionale
EN	Norme Européenne / Norma europea
E/S	Entrées/Sorties / Entrate/uscite
FC	Fil de Contact / Filo di contatto
HFC	Hauteur Fil de Contact / Altezza filo di contatto
HT	Haute Tension / Alta tensione
IMP	Interrupteur de Mise en Parallèle / Interruttore di messa in parallelo
CIG	Commission Intergouvernementale / Commissione intergovernativa
L.G.V.	Ligne à Grande Vitesse / Linea ad alta velocità
LNTL	Nouvelle Ligne Turin-Lyon / Nuova Linea Torino Lione
LTF	Lyon Turin Ferroviaire / Lione Torino Ferroviaria
MALT	Mise à La Terre / Messa a terra
PCC	Poste de Commande Centralisé / Posto di comando centralizzato
PD	Projet Definitif / Progetto Definitivo

Pk	Point kilométrique / Progressiva chilometrico
PMR	Plan Moyen de Roulement / Piano medio di scorrimento
RFF	Réseau Ferré de France
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
RPP	Révision du Projet Préliminaire
SAS	Schéma d'Alimentation et de Sectionnement / Schema di alimentazione e sezionamento
SI	Système International / sistema internazionale
SSP	Section de Separation de Phase / Posto di cambio di fase
SST	Section de Separation de Tension / Posto di cambio sistema
STI	Spécifications techniques d'Interopérabilité / Specifiche tecniche d'interoperabilità
TGV/TAV	Train à Grande Vitesse / Treno ad alta velocità
UIC	Union Internationale des Chemins de fer / Unione internazionale delle ferrovie

1. Introduzione

La linea di contatto della nuova linea Lione Torino Ferroviaria è alimentata a 2x25000V CA - 50Hz. Questo sistema costituisce una linea di trasporto di energia a 50 000 V CA e comprende:

- Fili conduttori (linea di contatto, feeder negativo e cavi di protezione)
- Attrezzaggio (insiemi di sospensione dei fili conduttori composti di tubi, attacchi e isolatori)
- Pali di linea di contatto sui binari all'aperto e telai di sospensione sotto volta in galleria
- Apparecchi d'interruzione che assicurano in caso di bisogno il disinnesto coniugato della linea di contatto e del feeder lungo la linea.
- Posti di cambio sistema con lo scopo di evitare ai pantografi l'interconnessione elettrica di 2 linee di contatto successive, le cui alimentazioni presentano differenze di fase.

Le linee storiche sono alimentate a 1500 Volt CC lato Francia e a 3000 Volt CC lato Italia.

2. Oggetto

Questo documento ha lo scopo di presentare le scelte tecnologiche di sistema catenario del progetto LTF nel quadro del progetto definitivo del 2012. La tratta studiata è la sezione internazionale alimentata a 2x25kV. Questa tratta è rappresentata sullo schema di alimentazione e di sezionamento [R8] e schematizzato qui di seguito. Il settore geografico va dall'entrata del tunnel di base fino a metà del tunnel di interconnessione con la stazione di Bussoleno.

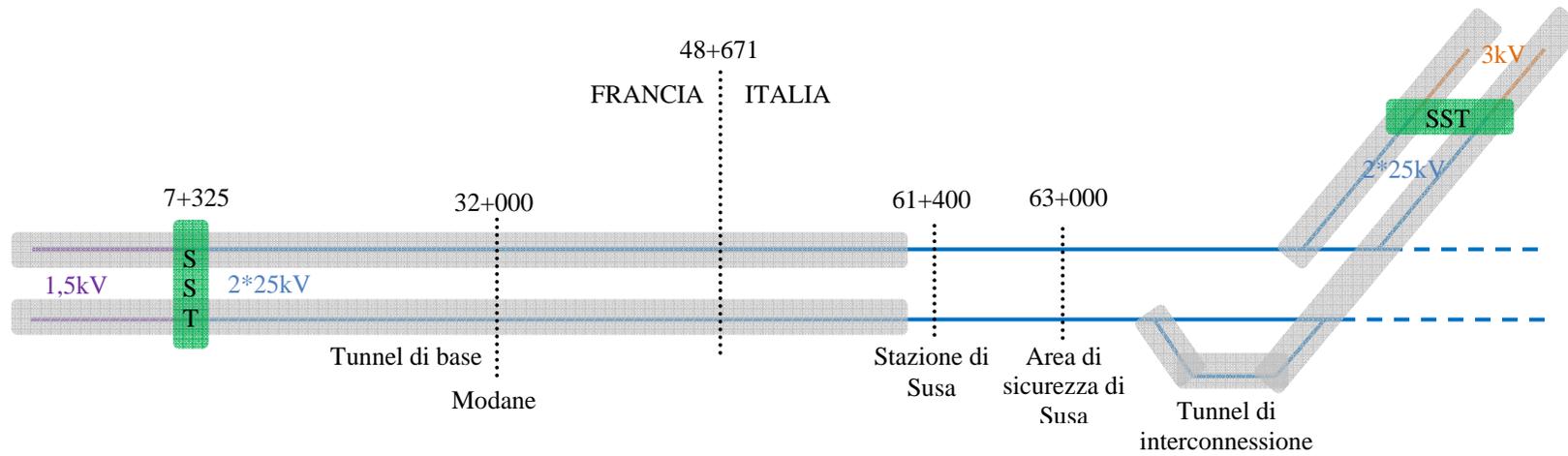


Figura 1: Sinottico della zona elettrificata in catenaria 2*25kV

3. Perimetro d'intervento

Il perimetro geografico d'intervento degli studi sulla linea di contatto comincia precisamente dal posto di cambio sistema del tunnel di base e termina al posto di cambio sistema del tunnel d'interconnessione alla stazione di Bussoleno.

I limiti geografici del PD, che costituiscono la parte definitiva degli studi di revisione di progetto nel 2012, sono quindi i seguenti:

- Lato Francia al PK 7+325 NLTL
- Lato Italia, per i binari 2 e 1 del tunnel d'interconnessione, reciprocamente ai PK 1+050 ICD e 1+457 ICP).
- Lato Italia al PK 63+731 e 63+975 sui binari principali 1 e 2 in direzione del tunnel dell'Orsiera

Va osservato che i sistemi di alimentazione del sistema catenario delle linee storiche esistenti non sono gli stessi della NLTL:

- Lato francese, l'alimentazione è di tipo 1500V corrente continua
- Lato italiano, l'alimentazione è di tipo 3000V corrente continua

A titolo di promemoria, sulla tratta internazionale LTF l'alimentazione è di tipo 2x25000V corrente alternativa.

La ripartizione degli studi sulla linea di contatto segue questa ripartizione per tipo di alimentazione, quindi:

- Gli studi sulla linea di contatto della stazione di Saint Jean de Maurienne saranno specificati in un documento connesso.
- Gli studi sulla linea di contatto della tratta internazionale LTF sono specificati nel presente documento.
- Gli studi sulla linea di contatto della linea storica lato Italia sono presentati in un documento connesso

N.B. Le transizioni fra i diversi sistemi di alimentazione sono assicurate dai posti di cambio sistema (SST). Queste SST saranno presentate in documenti connessi.

4. Presentazione generale del progetto LTF

Le caratteristiche generali della linea LTF sono le seguenti:

- Traffico misto, viaggiatori e merci.
- Concepita per la velocità massima di 250 Km/h.
- In esercizio a 220 Km/h alla messa in servizio.
- Binari banalizzati.
- Elettrificata a 2 x 25000 Volt CA.
- Pendenze e rampe massime per il binario di 12 mm/m.

La sezione internazionale è interoperabile di categoria 3 ai sensi delle Specifiche Tecniche di Interoperabilità (STI) Alta Velocità in vigore.

5. Documenti di riferimento

I documenti sotto elencati sono considerati come riferimento per la realizzazione del presente documento:

Référence / Riferimento	Désignation / Designazione
R1	Schema fonctionnel de la ligne/Schema funzionale de la linea ; PD2_C2A_0003_05-00-00_25-03_layout funzionale tappa 1_A
R2	Cahier des charges technique détaillé-lot C2-Equipement/Capitolato tecnico dettagliato-Lotto C2-Impianti ; PP2_TEC_LTF_0001_A AP_NOT
R3	Cahier des charges technique –Partie générale/Capitolato tecnico –Parte generale ; PP2_DEP_LTF_0003_A AP_NOT
R4	Projet définitif-Avant Projet de référence-Recommandations et prescriptions/Progetto definitivo-Progetto di riferimento-Raccomandazioni e prescrizioni ; PD2_DEP_LTF_0019_A AP_NOT
R5	RPP-Prescriptions générales-Caténaire/RPP-Relazione generale-Catenaria ; PP2-C2B-TS3-0035-A AP-NOT
R6	Soumission 44 – Normes techniques – Cadre réglementaire/Consegna 44 – Norme tecniche – Quadro normativo ; PD2_C30_TS3_1113_M AP_NOT
R7	Soumission 44 – Normes techniques – Cadre réglementaire - Annexes/Consegna 44 – Norme tecniche – Quadro normativo - Allegati; PD2_C30_TS3_1114_M AP_NOT
R8	Schéma d'alimentation et de sectionnement / Schema dell'alimentazione della trazione Elettrica 2x25kV, PD2_C2B_TS3_0577_0
R9	Tracé NLTL / Tracciato NLTL, PD2_C3A_0202a0215_23-02-01-30a43_planimetrie generali KM 33-65_A.02 - PD2_C3A_0189a0201_23-02-01-17a29_planimetrie generali KM 0-33_A.02
R10	Principes de dimensionnement / Relazione tecnica generale di dimensionamento, PD2_C2B_TS3_0575_0

I documenti connessi per la parte linea di contatto sono:

Référence / Riferimento	Désignation / Designazione
D1	Plan de principe des anticheminements/Tipologico del punto fisso ; PD2_C2B__0661_30-05-00_40-01
D2	Plan de principe des équipements tendeurs/Tipologico degli impianti di tensionatura ; PD2_C2B__0662_30-05-00_40-02
D3	Plan de principe des isolateurs de section/Tipologico degli isolatori di sezione ; PD2_C2B__0663_30-05-00_40-03
D4	Plan de principe des armements en tunnel/Tipologico dell'attrezzaggio nel tunnel ; PD2_C2B__0664_30-05-00_40-04
D5	Plan de principe des armements en extérieur/Tipologico dell'attrezzaggio all'aperto ; PD2_C2B__0665_30-05-00_40-05
D6	Plan de principe Alimentation et connexions électriques/Tipologici collegamento alimentatori e connessioni elettriche ; PD2_C2B__0666_30-05-00_40-06
D7	Plan de principe des appareils d'interruption/Tipologico degli apparecchi di interruzione ; PD2_C2B__0667_30-05-00_40-07
D8	Plan de principe Protection/Tipologico di protezione ; PD2_C2B__0668_30-05-00_40-08
D9	Plan de principe de pendulage/Tipologico di pendinatura ; PD2_C2B__0669_30-05-00_40-09
D10	Plan de principe de sectionnement en tunnel/Tipologico sezionamento nel tunnel ; PD2_C2B__0670_30-05-00_40-10
D11	Plan de pré-piquetage typique en tunnel/Tipologico piano elettrificazione nel tunnel ; PD2_C2B__0671_30-05-00_40-11
D12	Coupe type en tunnel / Sezione tipologica in galleria (PD2_C2B__0673_30-05-00_40-12)

Référence / Riferimento	Désignation / Designazione
D13	Coupe type en extérieur / Sezione tipologica all'aperto (PD2_C2B__0674_30-05-00_40-13)
D14	Coupe type de la tranchée couverte - Sezione tipo di trincea coperta (PD2_C2B__0681_30-05-50_40-01)
D15	Coupe type au niveau du pont de la Dora à Susa - Sezione tipo al ponte della Dora a Susa (PD2_C2B__0682_30-05-50_40-02)
D16	Coupe type au niveau de l'autoroute à Susa - Sezione tipo a Susa autostrada (PD2_C2B__0683_30-05-50_40-03)
D17	Coupe type à l'aire technique de Susa - Sezione tipo all'area tecnica di Susa (PD2_C2B__0684_30-05-50_40-04)
D18	Coupe type au PK 63+600 - Sezione tipo alla PK 63+600 (PD2_C2B__0685_30-05-50_40-05)
D19	Coupe type au niveau de la gare de Susa - Sezione tipo alla stazione di Susa (PD2_C2B__0686_30-05-50_40-06)
D20	Piquetage de la zone de Susa – Piano elettrificazione a Susa (PD2_C2B__0680_30-05-50_30-01)

6. Specifiche della linea e scelta dei fili conduttori

6.1 Risultati del dimensionamento elettrico

I risultati della simulazione elettrica realizzata nel quadro del PD dà le caratteristiche elettriche minime seguenti della linea di contatto:

	Caténaire /Catenaria	
	Matériau /Materiale	Section /Sezione (mm ²)
Fil porteur /Corda portante	Cuivre /Rame	181,6
Fil de contact /Filo di contatto	Cuivre /Rame	150
Feeder -25 kV	Cuivre /Rame	299
CdPa /Corda di terra aerea	Aluminium /Alluminio	2x147
Câble de MALT enterré /Corda di terra interrata	Cuivre /Rame	95

Tabella 1: Composizione minima dei conduttori della linea di contatto richiesta dal dimensionamento elettrico

Il sistema catenario si basa sui risultati della simulazione elettrica per presentare una linea di contatto i cui fili conduttori hanno caratteristiche almeno equivalenti, o superiori a quelle rappresentate nella tabella che precede. La scelta dei fili conduttori e degli impianti abbinati è specificata nel presente documento.

6.2 Messa a terra e sezionamento della linea di contatto

Dal 6 marzo 2008, è stata aggiornata le STI relativa al sottosistema energia. Essa stipula che le disposizioni in materia di messa a terra del sistema di linee aree di contatto devono essere integrate nel dispositivo generale di messa a terra lungo la linea.

In questo contesto, sezionatori di messa a terra della linea di contatto sono installati strategicamente lungo la linea ferroviaria. Il posizionamento dei sezionatori di messa a terra è definito dal sistema protezione e messa a terra delle installazioni.

In tal modo, per motivi di sicurezza data dal CIG, i tratti di linea di contatto in galleria sono dissociabili elettricamente ogni 1665 m. Il posizionamento dei sezionamenti elettrici è rappresentato nello schema di alimentazione e sezionamento [R8]. La realizzazione dei sezionamenti di linea di contatto è specificato al paragrafo 13.10.2.

6.3 Distanza dei rami

Per ragioni di sicurezza, nell'insieme dei tunnel della sezione LTF, i rami sono distanziati di 333 metri ad eccezione delle zone di sicurezza e dei siti d'intervento in cui la distanza è di 50 metri.

La scelta dell'ubicazione delle nicchie per apparecchi d'interruzione in galleria va effettuata tenendo conto di questi rami. In effetti, si considera una distanza minima di 50 m tra le nicchie e i rami.

6.4 Composizione della linea di contatto NLTL

Le linee di contatto della tratta ad alta velocità della NLTL saranno composte da:

- Una portante
- Un filo di contatto
- Un feeder negativo
- Pendini di sospensione del filo di contatto alla corda portante
- Conduttori di protezione

La sezione dei cavi è stata rivista nel quadro del PD 2012 in seguito a nuovi calcoli di dimensionamento elettrico.

I conduttori scelti per rispondere a questa domanda sono i seguenti.

6.4.1 Portante

La corda portante è di rame ed è stata scelta secondo la norma NF C 34-110-3 :

Elemento	Section / Sezione (mm ²)	Matériau /Materiale
Portante	181,6	Rame puro

Tabella 2: Caratteristiche della portante

6.4.2 Filo di contatto

Il filo di contatto scanalato sarà di Cu-Mg 0,5, o di qualsiasi altra lega di rame che soddisfi i criteri dell'EN 50149 e del dimensionamento elettrico. Dovrebbe avere la sezione seguente:

Elemento	Section / Sezione (mm ²)	Matériau /Materiale
Filo di contatto	150 = 150*0,995 = 149.25 equivalente rame puro	Cu-Mg 0,5

Tabella 3: Caratteristiche del filo di contatto

Il profilo del filo di contatto è scelto di tipo standard, di tipo BC secondo l'EN 50149.

6.4.3 Feeder

Il feeder sarà di rame, conforme alla norma NF C 34-110-3 e della seguente sezione:

Elemento	Section / Sezione (mm ²)	Matériau /Materiale
Feeder negativo 25kV CA :	299	Rame

Tabella 4: Caratteristiche del Feeder

In galleria, questo cavo è portato da un isolatore rigido.

In esterno, esso è sospeso a una catena di sospensione. Questa catena è installata in linea di massima dal lato campi, all'estremità di una mensola montata in testa di supporto.

6.4.4 Pendini

I pendini sono di diversi tipi a seconda che essi equipaggino una portante protetta o meno. In genere, la corda portante non è protetta, ossia è nuda. Quando la portante è nuda, i pendini usati devono assicurare una funzione di ripartizione della corrente (connessione equipotenziale). Questi pendini sono correntemente chiamati pendini connessione e sono composti da un cavo di bronzo di sezione 12 mm², flessibile o extra-flessibile e con l'utilizzazione dello stesso morsetto per portante e filo di contatto.

Il dettaglio dei pendini è fornito al paragrafo 13.7.

6.4.5 Conduttori di protezione

6.4.5.1 CdPA in galleria

Elemento	Section / Sezione (mm ²)	Matériau /Materiale
2 x Conduttori aerei di protezione per tunnel	147	Alluminio

Tabella 5: Caratteristiche dei CdPA in galleria

6.4.5.2 CdTE in galleria e in esterno

Elemento	Section / Sezione (mm ²)	Matériau /Materiale
1 x Conduttore di protezione terra interrato	95	Rame

Tabella 6: Caratteristiche del CdTE

6.4.5.3 CdPA in esterno

Elemento	Section / Sezione (mm ²)	Matériau /Materiale
1 x Conduttore di protezione aereo per binario principale	147	Alluminio

Tabella 7: Caratteristiche del CdPA in esterno

Il CdPA è collegato alla rotaia e al CdTE. Assicura l'equipotenzialità fra i supporti di uno stesso binario e la rotaia. È fissato in genere in prossimità del piede di mensola, dal lato campi.

Tutti i conduttori di protezione devono rispettare la norma IEC 60228.

6.5 Tensione meccanica dei conduttori

I conduttori e i cavi impiegati nelle linee di contatto dovranno essere posati con le seguenti tensioni meccaniche:

- Conduttori e cavi regolati

I conduttori e cavi regolati avranno le tensioni meccaniche seguenti:

Elemento	Tension / Tensione (Newton)
Portante	20000
Filo di contatto	20000

Tabella 8: Tensione meccanica dei conduttori regolati

La tensione meccanica della linea di contatto dovrà rispettare le norme EN50119, EN50149, il decreto interministeriale francese del 17 maggio 2001 nonché i criteri dinamici esposti in precedenza.

- Conduttori e cavi non regolati

I conduttori e cavi non regolati saranno posati con tensioni che dovranno rispettare i seguenti punti:

- Norma EN50119
- Decreto interministeriale francese del 17 maggio 2001, UTE-C-11-001
- Alla temperatura minima dell'ambiente circostante, non superare la tensione minima ammissibile
- Alla temperatura massima di funzionamento, il cavo dovrà restare alla distanza d'isolamento imposta.

Le tabella qui di seguito indica le tensioni nominali dei cavi non regolati.

Elemento	Tension / Tensione (Newton)
Feeder	10000
Cavo di protezione	5000

Tabella 9: Tensione dei conduttori non regolati a temperatura ambiente

6.6 Interazione tra pantografo e linea di contatto

La linea di contatto deve rispondere alle esigenze delle STI energia per quanto concerne il comportamento dinamico e la qualità della captazione.

L'interazione pantografo linea di contatto e la qualità della captazione vanno validate dalla simulazione prima di intraprendere gli studi di progettazione.

Lo strumento di simulazione va validato conformemente alla norma EN 50318.

Per informazione, la linea di contatto dei binari principali proposta nel documento presente è stata già messa in opera sulla linea esistente Eurotunnel (in esercizio a 160 km/h). D'altronde la linea di contatto di tipo V350 usata in Francia sulle linee in esercizio a 350 km/h presenta lo stesso filo di contatto alla stessa tensione di regolazione. Orbene, è il tipo di filo di contatto e la sua tensione meccanica che reggono grandemente la qualità dell'interazione catenaria/pantografo. La linea di contatto proposta nel documento presente dovrebbe quindi permettere un'interazione catenaria/pantografo che rispetta i criteri delle STI per le velocità di circolazione che arrivano a 250 km/h.

6.7 Linea di contatto in binario di servizio o manutenzione

Nei binari di servizio o di manutenzione in cui la velocità di circolazione dei treni è dell'ordine di 30 o 40km/h al massimo, l'elettrificazione dei binari potrà essere effettuato con solo filo di contatto. Non è necessario l'impiego di corda portante.

Il filo di contatto sarà di sezione 107mm² di rame e non regolato. Le campate saranno limitate a 31,5 m. Il filo avrà una tensione meccanica di posa di 8kN alla temperatura media (in genere +15°C).

7. Punti di studio particolari

È stata redatta una lista di punti di attenzione particolare affinché essi siano presi in considerazione nella realizzazione degli studi dettagliati della linea di contatto. I binari in galleria e fuori galleria sono stati differenziati.

7.1 Binari in galleria

I punti particolari da prendere in considerazione nello studio dettagliato sono:

- Il posizionamento delle nicchie di sistemazione per gli interruttori.
- L'interfaccia con le tubature di evacuazione del fumo. Questi dispositivi devono liberare i materiali e le sagome della linea di contatto. I tubi devono inoltre essere posati in modo da essere compatibili con la suddivisione dei lavori linea di contatto. Una posa dei tubi di evacuazione sembra appropriata tra la posa delle sospensioni della linea e lo svolgimento dei fili conduttori.
- Per rispondere alle esigenze di STI in termini di messa a terra, saranno installati nel tunnel apparecchi di disinnesto e di messa a terra al binario.
- Le installazioni di linea di contatto (es. apparecchi tenditori, nicchie di riserva per interruttori) non devono ostacolare l'accessibilità ai rami per assicurare l'evacuazione delle persone in condizioni di sicurezza regolamentari. Il piano d'elettrificazione dovrà tenere conto della posizione delle aperture di ramo.
- Le discenderie e i piedi di discenderia possono eventualmente essere in interfaccia con il materiale componente la linea di contatto.
- Il calcolo delle strutture dovrà tenere conto dell'effetto di soffio a livello delle entrate delle discenderie nel tunnel e a ogni ramo.
- L'insieme delle sagome (isolamento, pantografo, materiale rotabile ...) deve essere disimpegnato.
- Le distanze d'isolamento con le nuove apparecchiature (antenne telecom, segnalazione ...) vanno rispettate.
- I piani di elettrificazione dovranno prendere in considerazione l'ubicazione dei posti di cambio sistema e di fase.
- All'entrata dei tunnel e dei viadotti, la corda portante deve essere di tipo protetto, ossia avvolta da una guaina protettiva

Osservazione:

La messa in opera degli apparecchi di tensionatura a contrappeso è prevista in forma standard nel quadro del presente PD. Può comunque essere fatta un'altra scelta di tecnologia. Per esempio, sarebbe possibile usare martinetti idraulici. Sono più costosi ma presentano qualche vantaggio:

- Sono poco ingombranti (niente pulegge né contrappesi)
- Sono controllati a distanza
- Possono dare l'allarme in caso di rottura di filo
- Sono stati già provati per il tunnel sotto la Manica

7.2 Binari fuori galleria

I punti particolari da prendere in considerazione nello studio dettagliato sono:

- I piani di elettrificazione dovranno tenere conto dell'ubicazione dei posti di cambio sistema e fase.

- Il sistema di fissazione dell'impianto va adattato in funzione dell'architettura di ogni opera particolare:
 1. **Trincea coperta a Susa:** il tracciato del binario è in curva e ogni binario è equipaggiato di un CdPA
 2. **Il viadotto della Dora:** la picchettazione è vincolata dato che vi sono apparecchi di binario in prossimità del ponte. È importante verificare che i portali della linea di contatto e i fili conduttori non intercettano l'architettura del bowstring. I piedi di fissaggio dei pali dovranno essere definiti in collaborazione con i progettisti del ponte. Gli sforzi trasmessi dalla linea di contatto al ponte andranno comunicati agli ingegneri del genio civile per verificare il dimensionamento delle strutture. Va notato che gli ancoraggi dei fili conduttori sui portali potranno essere necessari senza che ci sia la possibilità di creare dei blocchi di ancoraggio. I portali andranno quindi dimensionati di conseguenza. Infine, la concezione dei portali di linea di contatto dovrà seguire gli auspici architettonici dei progettisti del ponte.
 3. **Il passaggio sotto l'autostrada A32:** l'altezza libera dell'opera è di soli 6,70 m. Gli ingombri di linea di contatto vanno quindi ridotti. La pendenza, la definizione delle campate e la picchettazione della linea devono tenere conto di questo vincolo. Per finire, l'attrezzaggio potrà essere speciale, quali quelli con braccio di poligonazione compressione, come mostrato sulla sezione tipo [D15].
 4. **I portali dell'area tecnica di Susa:** i portali della linea di contatto devono situarsi nell'allineamento dei portali per pannelli fotovoltaici. Questo vincolo di picchettazione va preso in considerazione. I portali della linea potranno in tal modo essere equipaggiati di apparecchi tenditori. Per far questo, l'altezza sotto trave di 8,70 m dovrebbe essere sufficiente.
 5. **La stazione di Susa:** le sagome dei pantografi devono tener conto dell'inclinazione dei binari principali. Per cui le distanze di allontanamento dei conduttori rispetto ai marciapiedi devono essere in conformità con la norma EN 50122.

Sono state realizzate le sezioni tipiche di attrezzatura di linea di contatto su ogni opera speciale. Vedi i documenti da [D12] a [D19].

8. Prescrizioni tecniche generali

L'eléttificazione della tratta di linea ad alta velocità dovrà rispettare le seguenti prescrizioni:

8.1 Velocità di circolazione

L'eléttificazione andrà concepita secondo i punti che seguono:

- Una velocità di circolazione di 220 Km/h in galleria.
- Il sistema catenario sarà concepito per una velocità teorica di 250 Km/h
- Il sistema catenario accettato è di livello 3 ai termini delle STI.

8.2 Sistema d'alimentazione

Il sistema d'alimentazione è schematizzato nel documento [R8].

8.3 Quadro regolamentare

Gli impianti di eléttificazione dovranno rispondere in particolare alla regolamentazione seguente:

- Le specifiche e versioni provvisorie delle specifiche EURONORM (EN),
- Le specifiche tecniche di interoperabilità per i sottosistemi di energia del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità
- Le raccomandazioni U.I.C.

La lista delle norme applicabili è indicata nel quadro regolamentare referenziato [R6] e [R7].

9. Sistemi accettati di sospensione della linea di contatto

9.1 In esterno

Il sistema catenario in esterno presenta le caratteristiche seguenti:

- Linea aerea a un filo di contatto
- Triangolazione di tipo poligonale senza sospensione a Y
- Con braccio di poligonazione
- Con regolazione della tensione meccanica dei conduttori.

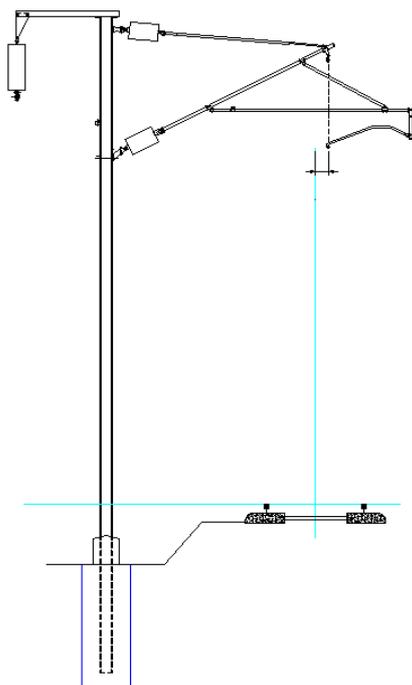


Figura 2: Montage type caténaire en extérieur/ Tipologico catenaria all'aperto

9.2 In galleria

Per le parti in galleria, l'attrezzaggio accettato è di tipo montaggio su isolatore flessibile. L'attrezzaggio comporta una mensola inclinata su cui è fissato alla base un braccio di poligonazione. La sospensione del filo portante è effettuata dalla mensola. Il braccio di poligonazione mantiene il filo di contatto. Questo attrezzaggio è molto adatto all'allestimento dei tunnel di sagoma ridotta.

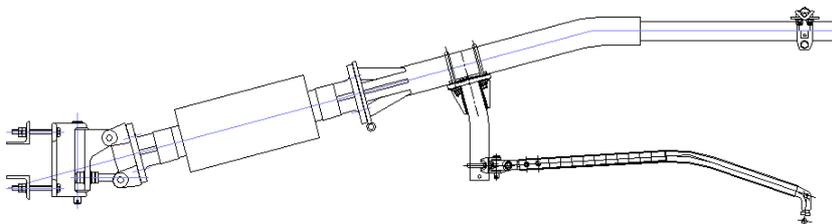


Figura 3 : Montage type caténaire en tunnel / Tipologico catenaria nel tunnel

Altre precisioni sull'attrezzaggio tunnel sono fornite al paragrafo 13.5.4 e nell'allegato 15.2.

10. Criteri di concezione del sistema catenario

10.1 Caratteristiche geometriche

La linea di contatto della tratta ad alta velocità dovrà rispettare le caratteristiche geometriche citate nella tabella che segue:

Désignation / Designazione	Références Normatives / Riferimenti normativi	Critères techniques / Criteri tecnici
Altezza del filo di contatto (HFC)	STI energia	Definiti da LTF - HFC su tutte le tratte: <ul style="list-style-type: none"> • 5,57 m (<i>cfr. allegato 15.1</i>)
Spazio Minimo Necessario per il sollevamento del pantografo	STI energia EN 50119 UIC 799-OR	<ul style="list-style-type: none"> • $2S_0$ mm ossia il doppio del sollevamento massimo del pantografo In anticipo sui risultati di simulazione, il valore del sollevamento massimo è fissato pari a 240 mm. Come indicato nella norma UIC 799-OR.
Disassamento	UIC 799	Alla perpendicolare del filo di contatto alla perpendicolare del supporto: <ul style="list-style-type: none"> • Inferiore o pari a 300 mm
Variazione dell'altezza del filo di contatto rispetto al binario:	EN 50119 STI energia UIC 794 UIC 799	Binario corrente – tunnel - viadotti: <ul style="list-style-type: none"> • Pendenza massima = 0 ‰ • Variazione massima della pendenza = 0 ‰ Stazione - deposito: <ul style="list-style-type: none"> • Pendenza massima = 0 ‰ • Variazione massima della pendenza = 0 ‰ <p>Nota: Se è necessaria una variazione dell'altezza del filo di contatto nei punti di raccordo sulle linee esistenti, per raccordarsi a un'altezza differente, questa transizione andrà realizzata in zone a velocità di circolazione ridotta o zone d'arresto dei treni.</p>

Désignation / Designazione	Références Normatives / Riferimenti normativi	Critères techniques / Criteri tecnici
Ingombro standard del sistema:	UIC 799	<ul style="list-style-type: none"> In galleria: 0,55 m (da adattare in funzione della variazione dei sezione del tunnel). <p>L'UIC 799 dà per ingombro standard in galleria 0,80m. Tuttavia, nella cornice del presente progetto, l'ingombro standard in galleria è buono 0,55m. Ciò che resta in vigore compatibile con tutti i norme catenaria.</p> <ul style="list-style-type: none"> A cielo aperto in trincea aperta: 1,40 m.
Tolleranza sull'altezza del filo di contatto misurata fra due supporti consecutivi per un'altezza nominale del filo di contatto costante all'atto della costruzione:	UIC 794 UIC 799	<ul style="list-style-type: none"> + o - 10 mm (tolleranza di montaggio applicabile alla realizzazione in situ)
Campata massima della picchettazione standard:	UIC 794 UIC 799	<ul style="list-style-type: none"> A cielo aperto: 65 m. In trincea aperta: 65 m. In galleria : 40 m
Campate medie:	UIC 505-1 UIC 505-4 UIC 606-1OR	<p>La campata media in galleria sarà di circa 30 m. La campata media in esterno sarà di 50 m.</p>
Oscillazione trasversale del filo di contatto sotto l'effetto di un vento trasversale a metà campata	UIC 794	<ul style="list-style-type: none"> Massima, inferiore o pari a 400 mm.
Oscillazione laterale orizzontale del filo di contatto su 100 m di lunghezza:	UIC 799	<ul style="list-style-type: none"> Minima 0,50 m.
Tensione del filo di contatto in ‰ della lunghezza della campata:	UIC 794 UIC 799	<ul style="list-style-type: none"> 1/2000 della campata

Désignation / Designazione	Références Normatives / Riferimenti normativi	Critères techniques / Criteri tecnici
Numero di campate degli apparecchi di tensionamento e dei sezionamenti:		<ul style="list-style-type: none"> • A cielo aperto : 4 campate • In galleria : 5 campate
Distanza fra i pendini	UIC 799	<ul style="list-style-type: none"> • Massima 9,50 m
Lunghezza minima dei pendini	UIC 799	<ul style="list-style-type: none"> • 0,25 m tra assi conduttori
Impianto standard dei supporti in esterno:		<ul style="list-style-type: none"> • 3.25 m regola francese (RFF) impianto preso dall'asse del binario all'asse del supporto. • 2,40 m regola italiana (RFI) impianto preso dall'interno del binario al nudo del supporto. <p>→ È accettata la regola RFI.</p>

Tabella 10: Caractéristiques géométriques / Caratteristiche geometriche

10.2 Caratteristiche costruttive

La linea di contatto LTF dovrà rispettare le caratteristiche di concezione e di costruzione seguenti:

Désignation / Designazione	Références Normatives / Riferimenti normativi	Critères techniques / Criteri tecnici
Materiale rotabile:	STI energia UIC 794 UIC 799 EN 50367	Adattarsi alle sagome statiche e cinematiche del materiale rotabile.
Montaggio del braccio di poligonazione:	UIC 799	In galleria, montaggio unicamente in tensione
Regolazione della tensione meccanica per portante e per filo di contatto.	EN 50119 UIC 799	<p>Regolazione indipendente della portante e del filo di contatto.</p> <p>Utilizzazione di pulegge o di paranchi e contrappesi.</p> <p>Rapporto di riduzione delle pulegge o paranchi: 1 /5</p>

Tabella 11: Caratteristiche costruttive

10.3 Criteri statici dell'elasticità del sistema catenario

La linea di contatto LTF prevista dovrà avere l'elasticità più costante possibile su tutta la lunghezza delle campate. La linea è concepita in modo tale da presentare una variazione debole dell'elasticità U.

I criteri sono elencati nella tabella qui di seguito.

Désignation / Designazione	Références Normatives / Riferimenti normativi	Critères techniques / Criteri tecnici
$U = (e_{\max} - e_{\min}) / (e_{\max} + e_{\min})$ <ul style="list-style-type: none"> e_{\max}: elasticità massima nella campata e_{\min}: elasticità minima nella campata 	UIC 799	Coefficiente d'irregolarità inferiore a 40%

Tabella 12: Criteri statici dell'elasticità del sistema catenario

10.4 Criteri dinamici

La concezione della linea di contatto dovrà soddisfare i criteri dinamici seguenti:

Désignation / Designazione	Références Normatives / Riferimenti normativi	Critères techniques / Criteri tecnici
<ul style="list-style-type: none"> Velocità di propagazione delle onde Fattore Doppler Coefficiente di riflessione Il fattore d'amplificazione dovrà essere il più possibile ridotto 	STI energia EN 50119 UIC 794 UIC 799	<ul style="list-style-type: none"> La linea aerea di contatto va concepita per assicurare una velocità di esercizio della linea che non superi il 70% della velocità di propagazione dell'onda sul filo di contatto Valore $> 0,18$ Valore $< 0,4$ Valore $< 2,2$

Tabella 13: Criteri dinamici

10.5 Criteri di qualità di captazione della corrente

Nell'interazione con il pantografo, che dovrà anche essere del tipo corrispondente, la linea di contatto dovrà rispettare i seguenti criteri:

Désignation / Designazione	Références Normatives / Riferimenti normativi	Critères techniques / Criteri tecnici
Sforzo di contatto dinamico alla velocità massima (N)	STI energia EN 50119	<ul style="list-style-type: none"> • Massimo: 350 (EN 50119) • Minimo: superiore a 0 • Medio: 130,625 (STI)
Criterio dello sforzo di contatto dinamico del pantografo sulla linea di contatto: <ul style="list-style-type: none"> • Fm = Valore medio dello sforzo di contatto • s = Scarto tipo della distribuzione degli sforzi di contatto 	STI energia EN 50119	<ul style="list-style-type: none"> • Fm +3 s < 350 N (EN 50119) • Fm -3 s..> 0 • smax=0,3Fm
Numero di archi: Percentuale di archi alla velocità massima della linea, NQ (%) (durata massima degli archi 5 ms)	STI	<ul style="list-style-type: none"> • Inferiore o pari a 1%

Tabella 14: Criteri di qualità della captazione della corrente

10.6 Distanze d'isolamento da rispettare

Le distanze minime d'isolamento sono elencate nella tabella che segue:

Distances minimales à respecter / Distanze minime da rispettare	(m)
Per permettere la manutenzione degli impianti di nature elettriche differenti	2,0
Da un conduttore di protezione aereo (CdPA) in aggetto di una linea di contatto all'atto di un attraversamento di binario elettrificato.	0,50
Tra CdPA e conduttore sotto tensione elettrica	0,50
Tra CdPA e un feeder.	0,80
Tra feeder e linea di contatto a cui non è coniugato.	2,0
Tra feeder e linea di contatto a cui è coniugato.	0,80
Tra conduttore sotto tensione elettrica e una ferratura metallica a massa	0,50
Tra conduttore sotto tensione elettrica e ostacolo non accessibile	1,00
Da un conduttore di protezione aereo (CdPA) in aggetto di un ostacolo	0,50

Distances minimales à respecter / Distanze minime da rispettare	(m)
inaccessibile o no	
Da un (CdPA) in aggetto di un edificio	2,00
Tra un CdPA e un ostacolo o edificio sul piano laterale tenuto conto dell'oscillazione causata dal vento.	1,00
Tra anelli di ancoraggio o conduttori di stessa natura elettrica	0,20
Tra un conduttore ancorato e il passaggio del CdPA	0,80
Tra un conduttore ancorato e l'ancoraggio del CdPA	0,80
Tra conduttori ancorati di nature elettriche differenti	0,80
Tra conduttori ancorati di stessa natura elettrica con apparecchi di tensionatura	0,50
Tra conduttori ancorati di stessa natura elettrica senza apparecchi di tensionatura	Evitare contatto meccanico
Tra feeder 25kV e marciapiede o pista di manutenzione	3,5
In aggetto di un binario elettrificato.	7,00
In aggetto o attraversamento di un marciapiede inaccessibile ai veicoli stradali	6,00

Tabella 15: Distanze minime d'isolamento da rispettare

Nota: La distanza fra il feeder 25 kV e il marciapiede o la pista di manutenzione può essere aumentata per motivi di direttiva d'esercizio. In assenza di direttive particolari, la distanza è stabilita d'ufficio pari a 3.5 m (secondo EN 50122-1 :2011).

11. Condizioni climatiche di funzionamento

I parametri ambientali da considerare per la concezione delle linee aeree di trazione elettrica sono principalmente:

- Le temperature di funzionamento del sistema,
- La velocità del vento,
- L'insolazione,
- L'altitudine (situazione di linea inferiore a 1000 m),
- Il livello "isoceraunico",
- L'inquinamento,
- La configurazione del suolo, le condizioni geofisiche, lo spessore dei manicotti di ghiaccio,
- Il peso della neve sugli impianti.

Le condizioni climatiche in esterno possono essere fornite dagli allegati nazionali della norma EN 1991-1-4 ma anche da documenti di progettazione propri al progetto LTF. In galleria, le temperature massima, media e minima sono date dalla disciplina ventilazione incaricata degli studi LTF.

11.1 Carichi dovuti alla pressione del vento

Per la verifica della stabilità delle differenti parti delle linee aeree di trazione elettrica, occorre considerare i carichi causati dal vento. Questi carichi saranno calcolati conformemente agli Eurocodici in particolare con le formule specificate nel l'EN 50119.

La velocità del vento sarà determinata conformemente alle norme nazionali in vigore. Quindi, andranno applicati l'EN 1991-1-4 e il decreto interministeriale del 17 maggio 2001.

In galleria, è stata accettata una velocità del vento dell'ordine di 41m/s.

11.2 Gamma delle temperature

Va osservato che abbiamo due zone d'intervento: zona esterna e zona tunnel. Il sistema catenario deve essere pienamente operativo senza riduzione di prestazioni nelle due zone. Le gamme di temperatura abbinata a queste zone sono indicate nella tabella che segue.

	En extérieur / All'aperto (°C)	Dans les tunnels / In galleria (°C)
Minimo de température / Temperatura minima (°C)	- 20	-5
Température Moyenne / temperatura media (°C)	+ 15	+ 15
Massimo de température / temperatura massima (°C)	+ 60	+ 40

Tabella 16: Gamma di temperature di funzionamento degli apparecchi tenditori

Nota:

In galleria, i primi 400 m di linea di contatto per ogni ingresso e uscita sono soggetti alle condizioni di temperatura esterna. Lo studio del sistema catenario integrerà questo vincolo nella suddivisione meccanica del progetto.

11.3 Ghiaccio

Per i valori delle temperature negative, si terrà conto per il calcolo delle strutture di un sovraccarico di un manicotto di ghiaccio.

Densité de la glace / Densità di ghiaccio	Épaisseur du manchon sur les câbles / Spessore del manicotto sul cavo
0,9	10 mm per RFF e 12 mm per RFI (valore di riferimento)

Tabella 17: Manicotto di ghiaccio

11.4 Neve

Questo fenomeno non viene considerato per il calcolo delle strutture catenarie ad eccezione dei pannelli esterni (es.: di protezione) dove è applicato il carico accidentale di neve.

Carico accidentale di neve (KN/m ²)
1,00

Tabella 18: Carico accidentale di neve

11.5 Inquinamento atmosferico

La concezione del sistema catenario deve soddisfare la norma CEI 815 “isolatori: Classe di inquinamento”.

Classe di inquinamento degli isolatori	Classe di corrosività dell'ambiente
Categoria 2 inquinamento medio	C4

Tabella 19: Inquinamento atmosferico

11.6 Sisma

Questo fenomeno non è un criterio determinante per il calcolo delle strutture della linea di contatto.

Le masse messe in gioco sono infatti deboli e non c'è trasmissione di un fenomeno ondulatorio nocivo alla stabilità della struttura.

Per tenere comunque conto dell'accelerazione verticale "g", i carichi permanenti saranno maggiorati di 0,25 volte il carico normale.

12. Definizione delle campate e dei disassamenti

Il filo di contatto deve sempre rimanere sulla strisciante dell'archetto del pantografo. Per far questo, il valore delle campate e dei disassamenti della linea di contatto va adattato in funzione:

- Delle caratteristiche meccaniche dei fili conduttori
- Del disassamento della linea di contatto

- Delle dimensioni del pantografo
- Delle condizioni climatiche
- Del tracciato del binario
- Dell'ingombro della linea di contatto

12.1 Attribuzione delle campate in galleria

Per la linea di contatto LTF in galleria, con un vento perpendicolare di 41 m/s, sono raccomandate le campate seguenti:

Rayons de courbure R / Raggi di curvatura R	Portée maximale en mètres / La campata massima in metri
$6000m \leq R$	30
$6000 < R \leq 3750$	30
$3750 < R \leq 3150$	30

Tabella 20: Attribuzione delle campate su binario corrente in galleria

Note :

- Il passo standard fra le campate è multiplo di 5,00 m.
- Il calcolo delle campate potrà essere affinato in fase studi di esecuzione. È possibile prendere in considerazione un allungamento della lunghezza delle campate.

12.2 Attribuzione dei disassamenti in galleria

Per la linea di contatto LTF in galleria, vanno rispettati i seguenti valori di disassamento:

Rayons de courbure R / Raggi di curvatura R	F1 (mm)	F2 (mm)
$20000m \leq R$	-200	+200
$20000m < R \leq 10000m$	-200	+150
$10000m < R \leq 7000m$	-200	+100
$7000m < R \leq 3200m$	-200	+50
$3200m < R \leq 2500m$	-200	0

Tabella 21: Attribuzione dei disassamenti su binario corrente in galleria

12.3 Attribuzione delle campate in esterno

Per la linea di contatto LTF in esterno, con un vento a punte a 35 m/s, sono raccomandate le campate seguenti:

Rayons de courbure R / Raggi di curvatura R	Portée maximale en mètres / La campata massima in metri
$8000m \leq R$	50
$8000 < R \leq 2000$	45

Tabella 22: Attribuzione delle campate su binario corrente in esterno

Nota:

- Il passo standard fra campate è moltiplicato per 5,00 m.

- Il calcolo delle campate potrà essere affinato in fase di studio d'esecuzione.

12.4 Attribuzione dei disassamenti in esterno

Per il sistema catenario LTF in esterno, vanno rispettati i seguenti valori di disassamento:

Rayons de courbure R / Raggi di curvatura R	F1 (mm)	F2 (mm)
$20000\text{m} \leq R$	-200	+200
$20000\text{m} < R \leq 10000\text{m}$	-200	+150
$10000\text{m} < R \leq 7000\text{m}$	-200	+100
$7000\text{m} < R \leq 3200\text{m}$	-200	+50
$3200\text{m} < R \leq 2500\text{m}$	-200	0
$2500\text{m} < R \leq 2000\text{m}$	-200	-50
$2000\text{m} < R \leq 1600\text{m}$	-200	-100
$1600\text{m} < R \leq 1200\text{m}$	-200	-150

Tabella 23: Attribuzione dei disassamenti su binario corrente in galleria

13. Descrizione e montaggio del materiale della linea di contatto

13.1 Supporti linea di contatto

13.1.1 Montaggi tipici in galleria

In galleria, tutti i supporti della catenaria sono di tipo indipendente in montaggio. Ciò significa che i supporti catenaria attrezzano una sola via e sono posizionati in modo che la forza radiale della catenaria induca un sforzo diretto dalla parte opposta al fissaggio al piede della mensola.

13.1.2 Montaggi tipici in esterno

Le zone a due binari sono munite di supporti indipendenti. Ossia i pali sono installati da un lato e dall'altro dei binari e sono muniti di attrezzaggio per un binario. Questa disposizione limita in genere le conseguenze di un incidente al binario su cui si è prodotto.

I pali di binario corrente sono semplici putrelle in HEA o HEB. (Standard Euronorm).

13.1.3 Montaggi in esterno su portici rigidi

Nelle stazioni e nelle zone di scambi, quando gli intervalli fra i binari non consentono l'impianto con supporti indipendenti, esso è realizzato su portali rigidi a trave autoportante. I portali rigidi sono costituiti da due pilastri e una trave autoportante sotto cui sono fissati telai destinati all'impianto dei binari centrali.

L'impianto dei binari laterali è in linea di massima realizzato, quando l'installazione lo permette, fissandolo sui pilastri.

I pilastri, supporti di trave, sono:

- in putrelle HE 260 B o 300 B o 320 B semplici,
- in U assemblati, IPE ecc.,
- in putrelle HEM semplici (Standard Euronorm).

13.1.4 Montaggi in esterno per binari di servizio o di manutenzione

I binari di servizio o di manutenzione sono generalmente equipaggiati con una linea di contatto di tipo filo da tramway. Ovvero unicamente con un filo di contatto (senza corda portante). In tal caso, sono auspicabili supporti equipaggiati di mensole a becco o di portali elastici.

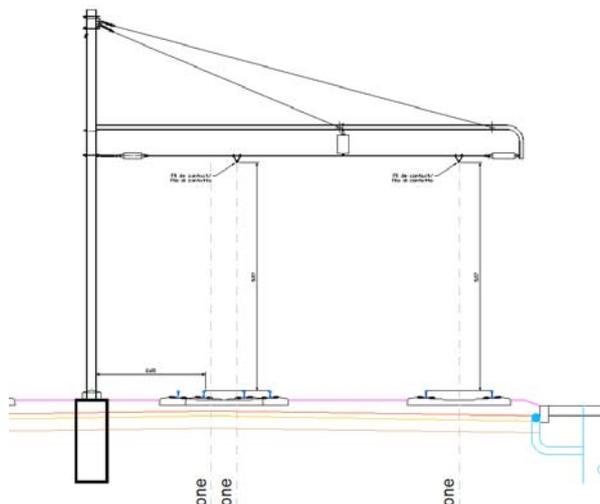


Figura 4: Supporto con attrezzaggio tipo mensola a becco per binario di servizio

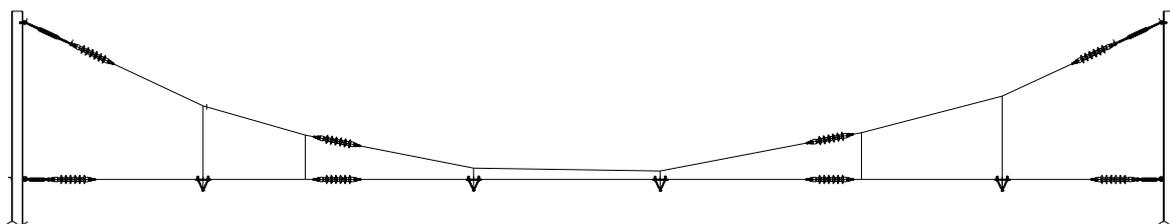


Figura 5: Montaggio tipo portale elastico per binari di servizio

13.2 Protezione contro le cadute del personale

Conformemente al codice del lavoro e ai regolamenti della rete ferroviaria francese, le installazioni devono essere equipaggiate di dispositivi destinati ad assicurare la sicurezza del personale interveniente in altezza (punti di ancoraggio ...). Detta obbligazione si traduce in particolare con l'installazione in testa al palo di anelli destinati a ricevere "linee di vita" usate dal personale di manutenzione delle linee di contatto.

13.3 Blocchi di fondazione

Le prescrizioni elencate in questo paragrafo si applicano ai montaggi di linea di contatto in esterno. I blocchi di fondazione devono essere costruiti e realizzati conformemente all'EN 1997-1, EN 1992-1-1 e EN 206-1.

Vanno presi in considerazione i seguenti punti nella progettazione delle fondazioni:

- carichi di progettazione e metodo,
- configurazione della fondazione,
- valori limite di spostamento,

- parametri di progettazione geotecnica che tengono conto dei livelli delle acque sotterranee,
- parametri di progettazione per i materiali strutturali,
- interconnessioni supporto/fondazione,
- carichi speciali.

Per ogni situazione di concezione geotecnica va verificato di non superare nessun limite appropriato, quale definito nell'EN 1990. I risultati della progettazione geotecnica vanno riassunti in un elenco che cita il tipo e le dimensioni delle fondazioni, nonché le esigenze speciali per l'installazione e la sorveglianza, ove sia il caso. Una nota di calcolo deve dimostrare la stabilità e verificare che la resistenza è superiore ai carichi teorici maggiorati dei fattori parziali considerati.

Secondo il caso di carico incontrato, sono possibili varie configurazioni di blocchi. I blocchi possono essere cilindrici, a parallelepipedo, con soletta ... La configurazione preferita è comunque cilindrica per la facilità di messa in opera in particolare grazie all'utilizzazione di trivelle meccaniche per la realizzazione degli scavi.

D'altronde, sarà messo in opera un dispositivo adatto per assicurare la protezione e la perennità del palo di linea di contatto nonché la tenuta stagna fra il palo e il blocco di fondazione. Questo dispositivo deve essere capace di assorbire le diverse deformazioni dovute alle sollecitazioni applicate ai piedi dei pali.

L'efficacia del dispositivo impiegato va dimostrata e provata in un ambiente simile o analogo.

13.4 Ancoraggi sotto lavori di arte in cemento

Questo paragrafo descrive le installazioni in galleria, in coperto galleria artificiale, o tutte le tipologie di lavoro di arte opere d'arte in cemento che coprono le ferroviarie.

I supporti della catenaria sono fissati sull'intradosso dell'opera d'arte tramite ferramenta di fissaggio. Questa ferramenta è composta di un'articolazione per la mensola e di una piattina di fissaggio. Anche, tutti gli ancoraggi legati agli installazioni della catenaria come: cavi antiscorrimento, supporti feeder, supporti corda di terra, apparecchi di tensionatura, eccetera sono realizzati tramite piattine di fissaggio.

Per i supporti catenaria, la piattina è di tipo **meccanico saldato** e comprende un tubo di supporto. L'assemblaggio del tubo di supporto e della piattina è assicurato dalle saldature di rinforzo.

Per tutti gli altri ancoraggi, il piattino resta di tipo **mécano saldato** ma non comprende necessariamente il tubo.

Il metodo di fissaggio delle piattine sulla volta della galleria può essere fatta in due modi :

- tramite viti a sigillatura chimica o meccanica
- sopra delle rotaie fissata sulla volta della galleria. Le rotaie possono essere colate nel cemento o fissate per mezzo di viti a sigillatura chimica o meccanica.

13.5 Caratteristiche dell'attrezzaggio

13.5.1 Montaggi normali in esterno

In esterno, l'impianto comprende:

- Una mensola inclinata in tubo d'acciaio di \varnothing 49-4,5 per gli ingombri superiori o pari a 0,70 m
- Una mensola orizzontale in tubo d'acciaio di \varnothing 49-4,5 per gli ingombri superiori o pari a 0,70 m (ingombro ridotto)
- Un tirante di poligonazione in tubo d'acciaio di \varnothing 38-4 con regolazione, munito di un braccio di poligonazione di 1,20 m in tubo d'alluminio di \varnothing 36-2,5 che permette il sollevamento dinamico massimo del pantografo di 0,24 m.

La maggior parte dei pezzi di attacco dell'attrezzaggio sono in rame-alluminio.

Quelli che collegano l'attrezzaggio al supporto sono in ghisa galvanizzata.

I pezzi di attacco dell'attrezzaggio sono immobilizzati per mezzo di staffe munite di dadi HFR con rondella liscia incorporata.

Tutte le articolazioni sono a tenone e mortasa.

13.5.2 Montaggi con ingombro inferiore a 0,70m in esterno

Gli elementi dell'attrezzaggio sono identici a quelli dei montaggi normali. Ma la mensola è verticale e il braccio di poligonazione è fissato direttamente sulla stessa per mezzo di un elemento di abbassamento e di un attacco a cardano. Veder schema [D5].

13.5.3 Montaggi speciali in esterno

Sotto i portaliporta od opere d'arte speciali, gli armami supporti possono essere fissati su delle candele di sospensione. Le candele di sospensioni sono verticali, mécano saldato e possono essere fissate o tramite piattine ancorate sotto l'intradosso dell'opera in cemento o per mezzo insiem di attacchi su trave come delle staffe e piastre.

I supporti per l'attrezzatura dei portali e opere d'arte speciali sono gli stessi che i supporti per l'esterno.

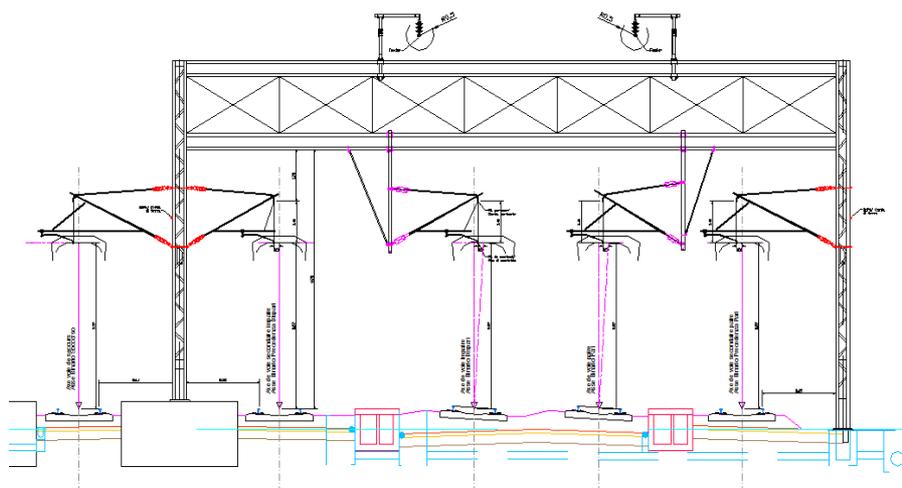


Figura 6: Esempio di montaggio sotto portico rigido

Tuttavia, per i casi eccezionali come lavoro quello dell'intersezione con l'autostrada A32, i supporti con braccio di richiamo a compressione possono essere utilizzati. Il braccio di

richiamo a compressione è utilizzato su dei montaggi di tipo tensione ma è dimensionato per riprendere degli sforzi particolarmente diretti particolarmente verso l'asse candela del supporto.

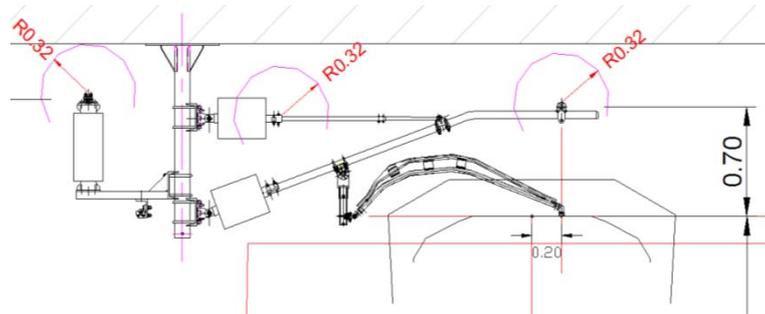


Figura 7: Armamento sotto lavoro opera d'arte speciale con braccio di poligonazione in compressione

13.5.4 Montaggi tunnel

Tutti i montaggi realizzati in galleria sono montaggi in tensione con braccio di poligonazione di tensione. Il disimpegno delle sagome di ostacoli è verificato per le sagome LTF.

L'attrezzaggio comporta una mensola inclinata formata dall'assemblaggio di due tubi. Il primo tubo è di diametro 76,1 mm, il secondo tubo è anche chiamato attacco riduttore è di diametro 49 mm. Un braccio di poligonazione fissato alla base del tubo $\varnothing 76,1$. Il braccio di poligonazione permette di sostenere il filo di contatto. Riprende lo sforzo radiale dovuto al disassamento del filo di contatto. Così, il braccio di poligonazione permette il sollevamento del filo di contatto al passaggio del pantografo. La forma del braccio di poligonazione è studiata per disimpegnare la sagoma del pantografo come definito dalle STI.

Un elemento centrale dell'attrezzaggio del tunnel è l'isolatore "flessibile" alla base della mensola. Quest'ultimo recupera in effetti tutti gli sforzi meccanici della linea di contatto, pur assicurando l'isolamento elettrico dell'attrezzaggio rispetto alla piastra di fissaggio in galleria. Le norme rispettate per la messa in opera dell'isolatore sono in particolare IEC 61952 e ISO 1461.

13.6 Regolazione dei disassamenti

La corda portante e il filo di contatto sono su uno stesso piano verticale. Il disassamento della portante è ottenuto tramite aggiustamento della posizione della pinza di sospensione sulla mensola.

Il disassamento del filo di contatto al supporto è ottenuto tramite la posizione del braccio di poligonazione sul tubo del tirante di poligonazione o sulla mensola. Il braccio di poligonazione può anche essere adattabile in lunghezza, soluzione che è d'altro canto accettata nel montaggio in galleria.

Salvo caso particolare, il braccio di poligonazione può sopportare solo sforzi di trazione.

- In esterno, esistono allora due tipi di montaggi, "tensione" o "compressione":
 - "tensione" quando il tubo del tirante di poligonazione subisce uno sforzo di trazione,
 - "compressione" quando il tubo del tirante di tensione subisce uno sforzo di compressione.
- Nei tunnel, solo il tipo di montaggio "tensione" è accettato.

In allineamento, la portante e il filo di contatto sono disassati alternativamente al massimo di 0,200 m a ogni supporto rispetto all'asse del binario.

Il senso di disassamento è scelto in modo da evitare la presenza di due montaggi tipo "compressione" su supporti indipendenti faccia a faccia.

In curva, il disassamento al supporto rispetto all'asse perpendicolare al piano di scorrimento (asse pantografo) è al massimo di 0,200 m verso l'esterno della curva ed è alternato nei grandi raggi. Nei raccordi parabolici, il disassamento è determinato calcolando il raggio istantaneo alla perpendicolare del supporto.

13.7 Pendini delle linee di contatto

Le campate di tipo a pendinatura sono presentate sul piano [D9].

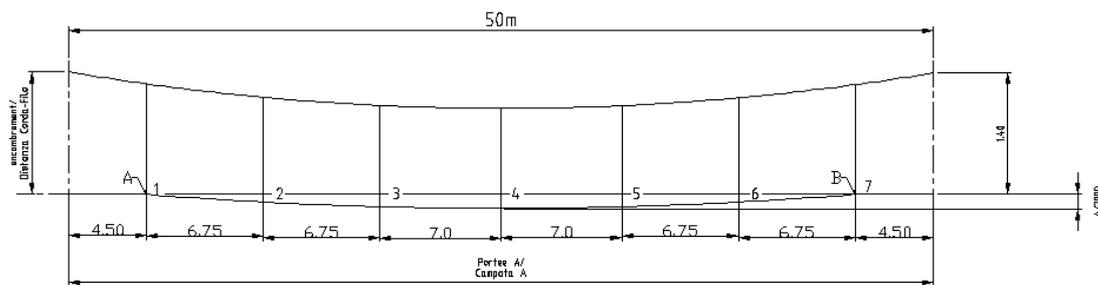


Figura 8: Esempio di ripartizione di una campata di 50,00 m

La lunghezza dei pendini è calcolata affinché il filo di contatto abbia una tensione iniziale a metà campata pari a 1/2000 della lunghezza della campata "a" rispetto a una retta tangente al filo di contatto alla perpendicolare dei pendini A e B per ottenere il valore voluto di ingombro (e) della linea di contatto alla perpendicolare del supporto

La distanza massima fra due pendini è di 9,50 m. Il primo pendino è situato a 4,50 m dalla sospensione.

La ripartizione è simmetrica rispetto all'asse della campata.

Per le campate non multiple di 5,00 m, occorre recuperare la differenza modificando la distanza tra i pendini situati in prossimità di metà della campata, pur rispettando tra due pendini consecutivi la distanza minima di 3,50 m e massima di 9,50 m.

13.7.1 Costituzione dei pendini

I pendini possono essere di due tipi:

- Pendino connessione in cavo di bronzo su portante nuda
- Pendino senza connessione (senza collegamento equipotenziale) su portante protetta.

13.7.1.1 Pendini per portante nuda

Sono in cavo di bronzo di sezione 12 mm² a fili sottili, con alle estremità dei terminali a radancia fissati sul cavo del pendino.

Il collegamento dal lato della portante e del filo di contatto è effettuato per mezzo di morsetti a gancio

Un collegamento elettrico unisce le articolazioni fra terminali a radancia e morsetti a gancio.

L'interasse minimo dei conduttori deve essere di 250 mm.

13.7.1.2 Pendini per portante protetta

- Interasse dei conduttori $L > 500\text{mm}$

Il pendino è un cavo di bronzo di sezione 12mm² con alle estremità dei terminali a radancia che permettono il collegamento dal lato filo di contatto con un morsetto a gancio e dal lato portante con una forcilla di alluminio rilsanizzato.

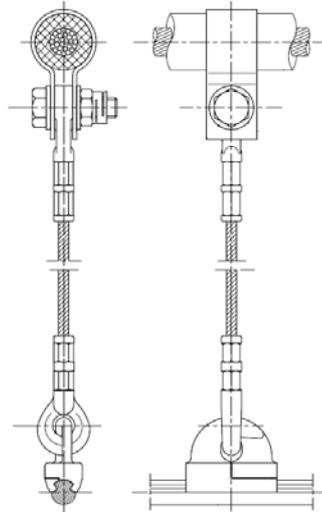


Figura 9: Pendino per corda portante protetta con interasse dei conduttori superiore a 500mm

- Interasse dei conduttori $L \leq 500\text{mm}$

Il pendino è di tipo staffa di rame, è fissato sul filo di contatto grazie a un morsetto imbullonato.

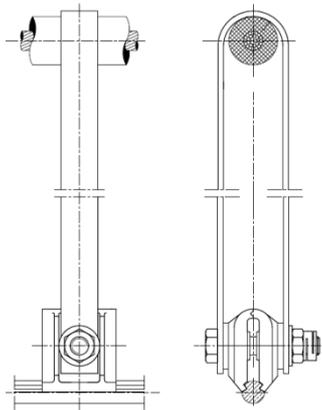


Figura 10: Pendino per corda portante protetta con interasse dei conduttori inferiore o uguale a 500mm

13.8 Ancoraggi tipo

Gli ancoraggi del filo di contatto e della portante sono effettuati separatamente per ottenere la regolazione ben distinta per ogni conduttore.

Esiste un solo isolatore fra la massa e l'elemento di linea di contatto considerato sotto tensione.

Questo isolatore deve trovarsi nella campata di ancoraggio, in aggetto di un piano verticale situato all'estremità delle traverse del binario.

Gli isolamenti sono sempre distanziati, questa disposizione provoca le seguenti conseguenze:

- Le barre d'ancoraggio che sovrastano i marciapiedi sono collegate a massa.
- Gli incroci di anelli sono effettuati a massa.
- Le parti sotto tensione sono lontane dalle zone accessibili al pubblico.
- I conduttori situati al di sopra dei segnali, accessibili agli operatori che devono effettuare operazioni di manutenzione, sono collegati a massa.

L'incrocio degli anelli è effettuato a massa (distacco degli isolamenti sistematici). Ogni conduttore inoltre è munito al punto di incrocio di una protezione isolante lunga 2,00 m).

13.9 Impianti di tensionatura - Antiscorrimento

13.9.1 Generalità

L'impianto delle linee di trazione elettrica si compone di sezioni catenarie successive di circa 1400 m in esterno e di 1800 m in galleria. Queste suddivisioni sono effettuate per i motivi seguenti:

- Facilitare la costruzione e manutenzione dei conduttori.
- Assorbire la dilatazione di questi ultimi allo scopo di mantenerne la tensione meccanica costante nella gamma di temperature considerate.

La sezione di conduttori compresa fra due ancoraggi costituisce una sezione di posa.

Lo scambio delle linee di contatto di due sezioni successive è chiamato Impianto di tensionatura

Lo scambio delle linee di contatto di due sezioni successive.

Lo scambio delle linee di contatto di due sezioni successive è chiamato Impianto di tensionatura.

13.9.2 Impianti di tensionatura

Gli impianti di tensionatura sono realizzati ponendo fianco a fianco su una certa lunghezza la linea di contatto di due sezioni successive. La continuità di captazione al passaggio del pantografo è assicurata dalla presenza di una zona detta "comune" in cui i piani di contatto delle due linee distanti di 0,200 m sono confusi e paralleli al piano di scorrimento.

La continuità elettrica è assicurata per mezzo di una connessione installata:

- al primo supporto intermedio nel senso di marcia per un impianto normale,
- al secondo supporto intermedio per un impianto invertito.

La regolazione della tensione meccanica in funzione della temperatura è assicurata da un apparecchio tenditore per ogni conduttore, ad ogni estremità di una sezione di posa di lunghezza superiore a 700 m in esterno e 900 m in galleria.

Quando la lunghezza di una sezione di posa è inferiore o pari a 700 m in esterno e 900 m in galleria, gli apparecchi tenditori sono installati a una sola estremità.

13.9.2.1 Caratteristiche degli impianti di tensionatura

L'impianto di tensionatura è realizzato in 4 campate o in 5 campate (caso montaggio in galleria).

Il supporto centrale, chiamato "ASSE", situato nel mezzo dell'impianto di tensionatura per gli impianti a 4 campate, è sostituito da due supporti "SEMIASSI" negli impianti di tensionatura a 5 campate.

Ogni mezza zona comune è seguita da una zona di sollevamento verticale del filo di contatto al di sopra della traiettoria del pantografo; l'insieme costituisce la campata di sollevamento.

Il supporto che consente questo sollevamento è chiamato "INTERMEDIO".

La tensione meccanica e il passaggio del filo al di sopra del braccio di poligonazione del filo in presa impongono al supporto intermedio il sollevamento al di sopra del piano di contatto.

Ogni campata di sollevamento è seguita dalla o dalle campate di disimpegno orizzontale che costituiscono la o le campate di ancoraggio.

Il supporto su cui sono ancorati i conduttori è chiamato "ANCORAGGIO".

La tensione iniziale del piano di contatto è conservata per la linea di contatto "in presa".
In un impianto di tensionatura detto "NORMALE", la linea di contatto situata a sinistra nel senso normale di marcia va direttamente all'ancoraggio senza incrocio. Nel caso contrario, l'impianto di tensionatura è detto "INVERTITO". È quindi il passo del disassamento che determina se l'impianto di tensionatura è normale o invertito.

All'atto dell'incrocio dei due piani catenari, la ripartizione della pendinatura è modificata al fine di evitare ogni contatto fra il filo che va ad ancorarsi e uno dei pendini della linea di contatto in presa.

13.9.2.2 Dimensione dei contrappesi

La portante e il filo di contatto sono regolati indipendentemente (vedi piano [D2]) e sono tesi ognuno a 20000 N. Se sono collegati a impianti di tensionatura di rapporto 1/5, il peso dei contrappesi deve quindi essere di 400 kg. Questo peso può essere ottenuto dall'impilaggio di blocchi da 40 kg ognuno. Ossia 10 blocchi di diametro 310 mm e di altezza 85 mm per un'altezza totale di 0,85m.

13.9.3 Antiscorrimento

La linea di contatto è regolata, è quindi necessario creare un punto fisso a metà di ogni sezione (per le sezioni munite di apparecchi tenditori alle estremità) per evitare ogni deriva eccessiva dell'attrezzaggio.

La mensola situata a metà della sezione di posa è immobilizzata da un cavo ancorato nella parte a monte e a valle dell'asse dell'antiscorrimento. È chiamato "cavo di antiscorrimento". Il cavo, come anche gli ancoraggi di antiscorrimento devono poter recuperare gli sforzi legati alla rottura di una catenaria. Il cavo può essere della stessa natura del cavo portante della linea di contatto.

Nel caso di impianto con portante protetta, il cavo di antiscorrimento è anche lui di tipo protetto.

13.10 Sezionamento a lama d'aria, Posto origine catenaria, Isolatori di sezione

13.10.1 Generalità

La sezione centrale elettrificata a 2x25000 Volt Corrente alternata è alimentata da tre sottostazioni:

- Saint Jean de Maurienne, raccordata sulla postazione EDF di LONGEFAN,
- Modane, raccordata sulla postazione EDF VILLARODIN/PRAZ St-ANDRE (Modane),
- Val di Susa, raccordata sulla cabina di TERNA DI VENAUS

A Modane, i trasformatori della sottostazione sono all'aria aperta. Sono raccordati al sistema catenario e ai feeder negativi da cavi che percorrono la discenderia Modane.

Le postazioni di trazione sono comandati e controllati in situazione definitiva a distanza dal PCC tramite la funzione gestione dell'energia trazione.

Per motivi di esercizio e di manutenzione, le linee di contatto sono suddivise in un certo numero di sezioni elementari, di lunghezza variabile, che possono essere isolate elettricamente.

L'isolamento elettrico fra due sezioni elementari consecutive è realizzato da sezionamenti a lama d'aria o da isolatori di sezione. La loro ripartizione è definita su uno schema d'alimentazione e di sezionamento generale [R8].

La separazione elettrica tra due tratte di linea di contatto, alimentate da fonti di corrente che possono presentare differenze di fase, è assicurata da posti di cambio di fase.

Sui raccordi tra due linee di contatto alimentate da regimi di tensione diversi, la separazione elettrica è realizzata per mezzo di posti di cambio sistema.

13.10.2 *Sezionamento a lama d'aria*

I sezionamenti a lama d'aria sono realizzati disponendo fianco a fianco su una certa lunghezza le catenarie di due sezioni successive. La continuità di captazione al passaggio del pantografo è assicurata dalla presenza di una zona detta "comune" in cui i piani di contatto delle due catenarie, distanti **0,50 m**, sono confusi. La continuità elettrica tra le due catenarie è assicurata ai supporti di asse da una connessione di bypass le cui estremità sono collegate a un apparecchio d'interruzione normalmente chiuso. Nelle zone con feeder "negativo", gli apparecchi d'interruzione della linea di contatto e del feeder "negativo" sono gemellati. La manovra di questi apparecchi è effettuato per il tramite di un comando unico.

Le disposizione relative alla regolazione della tensione meccanica dei conduttori sono identiche a quelle descritte alla sezione impianto di tensionatura.

Le caratteristiche dell'impianto "sezionamento a lama d'aria" sono le seguenti:

- Il sezionamento è realizzato a 4 campate sui binari principali e nelle comunicazioni o a 5 campate nei tunnel.
- Nel caso generale, il palo d'asse per i sezionamenti o per gli impianti di tensionatura a 4 campate o uno dei pali di SEMIASSE è raddoppiato per invertire l'attrezzaggio e facilitare la messa in opera degli apparecchi di interruzione.
- Ogni mezza zona comune è seguita da una zona di sollevamento verticale del filo di contatto al di sopra della traiettoria del pantografo; l'insieme costituisce la campata di sollevamento.
- Questa campata comporta un isolatore composito il cui asse si trova a 3,00 m dalla sospensione della linea di contatto sollevata.

13.10.3 *Posti di cambio*

Questi impianti hanno lo scopo di evitare ai pantografi delle motrici di interconnettere elettricamente due linee di contatto successive le cui alimentazioni presentano fra di loro differenze di fase o di tensione elettrica.

Distinguiamo in tal modo due tipi di Posti di cambio:

- i posti di cambio sistema ad alimentazione 25000 V CA,
- i posti di cambio sistema tra un'alimentazione a 1500 V CC / 3000 V CC e un'alimentazione 25000 V CA,

A titolo d'informazione, riportiamo qui di seguito un elenco dei posti di cambio:

- Un posto di cambio di fase all'ingresso ovest del tunnel de base (1500V CC /25000V CA)
- Tre posti di cambio di fase nel tunnel di base
- Un posto di cambio sistema nel tunnel di interconnessione verso Bussoleno (3000V CC /25000V CA)

13.10.3.1 Posti di cambio di fase

Sono in genere installati alla perpendicolare o in prossimità delle sottostazioni e delle postazioni di sezionamento.

L'impianto è costituito da due sezionamenti a lama d'aria.

Una segnalazione adeguata inquadra questi posti di cambio per avvertire i macchinisti di "tagliare la corrente" al momento del loro superamento.

Le connessioni sono reperite sui piani delle postazioni d'alimentazione.

13.10.3.2 Posti di cambio sistema

Sono costituiti da una tratta catenaria centrale messa a terra al binario, ogni estremità della quale forma un sezionamento :

- da un lato con la linea di contatto a 1500V CC, 3000V CC,
- dall'altro lato con la linea di contatto a 25000V CA.

Questo tipo di posto origine catenaria si attraversa generalmente con i pantografi abbassati.

Così, per limitare gli spostamenti dei conduttori nei posti di cambio, le linee di contatto sotto tensione elettrica sono di preferenza ancorate senza apparecchio tenditore.

La linea di contatto messa a terra al binario è regolata per mezzo dell'apparecchio tenditore situato dal lato 25000 V. La linea di contatto messa a terra al binario è isolata a livello della posto origine catenaria, con ogni parte messa a terra al binario da una parte e dall'altra di un giunto isolante a livello della rotaia.

13.10.4 Isolatori di sezione

Gli isolatori di sezione sono installati nelle comunicazioni, su binari secondari o in posti di cambio. Permettono una velocità di circolazione dei treni dell'ordine di 200 km/h al massimo. Gli isolatori di sezione devono permettere:

- Di isolare elettricamente due sezioni elementari consecutive
- Di collegare meccanicamente le tratte di linea di contatto (linea di contatto con portante o di tipo filo tramway)
- Di assicurare il passaggio dei pantografi senza discontinuità meccanica.

Gli isolatori di sezione devono rispondere alle stesse norme degli isolatori, nonché all'EN 50122.

13.11 Impianto degli scambi

Sull'insieme del tracciato NLTL, la velocità massima di attraversamento degli scambi è di 130 km/h. Questa velocità di circolazione permette un impianto catenario degli scambi di tipo tangenziale.

13.11.1 Impianto dei raccordi

Lo schema che segue rappresenta il principio dei raccordi:

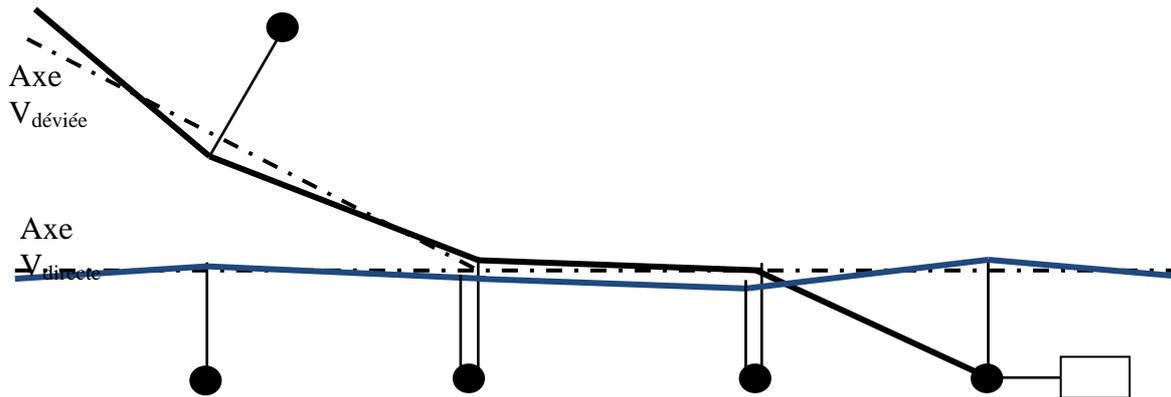


Figura 11 : Schema di massima d'impianto dei raccordi

13.11.2 Impianto delle comunicazioni

Viste le velocità di attraversamento delle comunicazioni, esse possono essere equipaggiate in modo tangenziale con un sistema catenario dedicato.

Lo schema che segue rappresenta il principio di impianto delle comunicazioni:

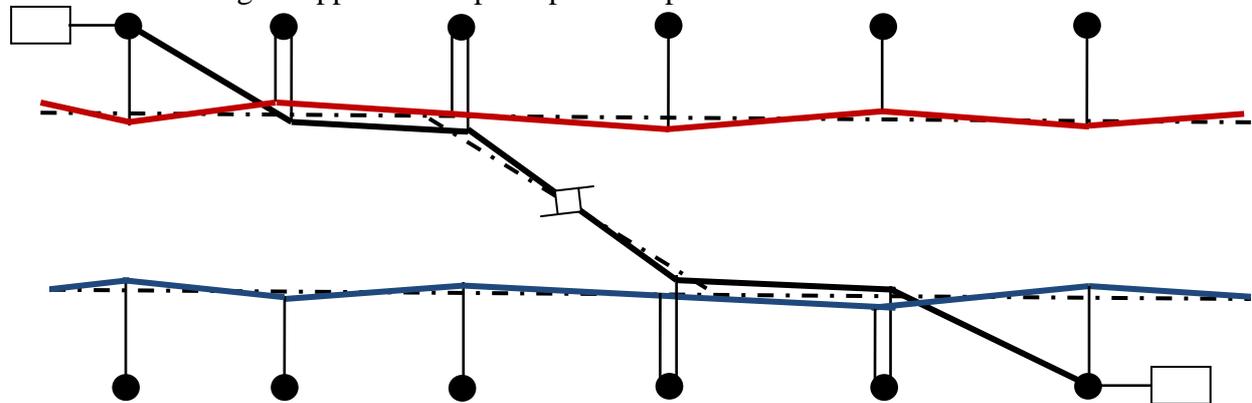


Figura 12 : Schéma di massima di impianto delle comunicazioni

13.12 Connessioni elettriche

Vedi il piano [D6].

13.12.1 Generalità

Le connessioni elettriche hanno lo scopo di assicurare:

- la ripartizione della corrente fra i conduttori,
- l'alimentazione delle linee di contatto alla perpendicolare delle postazioni di trazione elettrica,
- Il raccordo dei feeder,
- Il bypass dei sezionamenti,
- la continuità elettrica agli impianti di tensionatura e agli scambi,
- il bypass eventuale degli isolatori di sezione,
- la messa allo stesso potenziale dei chiodi d'ancoraggio.

13.12.2 *Caratteristiche delle connessioni*

La ripartizione della corrente è assicurata dai pendini connessione.

Particolarità:

- Negli impianti con portante protetta di grande lunghezza, l'uso di pendini isolanti richiede l'impiego di una connessione installata alla perpendicolare di un attrezzaggio.
- Un manicotto di giunzione per portante protetta è specialmente messo in opera per permettere il collegamento elettrico della portante con il filo di contatto.
- In tal caso, la distanza tra due connessioni di ripartizione è al massimo di 200 m.

13.12.3 *Connessioni di alimentazione, di bypass e di continuità*

Sono installate alla perpendicolare di un attrezzaggio.

Sono realizzate con:

- Cavi di rame da 164 mm².
- Una treccia rotonda di rame da 75 mm².

Connessione su filo di contatto sollevato:

- È realizzata con il cavo di rame da 164 mm² tra la portante e il filo di contatto sollevato.

Connessione su filo di contatto in presa:

- Per evitare un punto duro a livello del filo di contatto in presa dovuto al peso del cavo di 164mm² e alla sua rigidità, il cavo di 164 mm² è fissato alla sospensione rigida dell'asta di poligonazione e raccordato all'estremità su un elemento di collegamento a T fissato sul tubo dell'asta di poligonazione. Il collegamento fra l'elemento a T e il filo di contatto è effettuato per mezzo di un anello realizzato con la treccia rotonda di rame di 75mm², morsettata sul filo di contatto da un lato e dall'altro dell'asta di poligonazione.

13.12.4 *Modo di raccordo sui conduttori*

I collegamenti elettrici fra i vari conduttori sono realizzati come segue:

- connettori montati sulla portante,
- morsetti imbullonati sui feeder e sulla portante protetta,
- morsetti di connessione imbullonati sul filo di contatto, fissati sul cavo di alimentazione.

La fissazione delle connessioni è effettuata grazie a una pressa idraulica munita di matrici adeguate.

13.13 Isolamento elettrico

Di preferenza, la composizione degli isolatori è distribuita come segue:

- Gli isolatori di ancoraggio sono di materia composita
- Gli isolatori di sospensione sono di vetro temperato o di materia composita
- Gli isolatori di attrezzaggio del sistema catenario potranno essere a scelta di vetro temperato, di ceramica o di materia sintetica.

Nelle zone a rischio di vandalismi tuttavia (zone da identificare), gli isolatori di vetro o di ceramica sono sostituiti da isolatori compositi per la loro migliore resistenza agli atti di

vandalismo. In generale, per le zone accessibili al pubblico, sono raccomandati isolatori sintetici da una parte e dall'altra delle opere (viadotto, tunnel, passerella).

Gli isolatori dovranno avere una linea di fuga minima di 1200 mm conformemente alla norma EN 50124.

A seconda dell'uso degli isolatori, questi ultimi devono essere muniti di alette che permettono l'evacuazione dell'acqua piovana. Il passo e il profilo delle alette devono essere conformi alla norma CEI 60815.

Gli isolatori devono soddisfare una tensione di tenuta agli urti di 250kV e a una tensione di prova a frequenza industriale di 95kV.

Riguardo agli sforzi meccanici più vincolanti che gli isolatori possono subire in esercizio, ogni tipo di isolatore dovrà avere, conformemente al decreto interministeriale del 17 maggio 2001, un coefficiente di sicurezza minimo di 3.

Gli isolatori devono rispondere alle esigenze della norma EN 60383-1 per le tolleranze dimensionali della norma EN ISO 1461 per la protezione contro la corrosione dei cappucci e delle barre, delle norme CEI 60120 e NF C66-496 per gli assemblaggi a snodo. Devono essere identificabili da un numero d'identificazione indelebile in modo da permetterne la tracciabilità, in accordo con l'esigenza della norma EN 50119.

Le prove degli isolatori di ceramica o di vetro temperato sono definiti dalla norma CEI 60168. Gli isolatori di ancoraggio e di sospensione in materia composita devono rispondere alle esigenze della norma CEI 61109 e il rivestimento dell'isolante alle esigenze della norma CEI 60857.

Per gli altri tipi di isolanti supporto, le prove devono soddisfare i criteri della norma NF EN 60383-1.

Inoltre, per gli isolanti di materia composita, le prove di invecchiamento climatico secondo la norma CEI 61109 sotto tensione elettrica data devono essere effettuate per la durata di 5000h.

Va osservato che:

- Gli isolatori di ancoraggio distanziati andranno riposizionati al minimo in aggetto verticale dell'estremità delle traverse del binario.
- Sui marciapiedi, gli isolatori d'attrezzaggio sono distanziati e posizionati in aggetto del marciapiede per rispettare la distanza di allontanamento.

13.14 **Apparecchi d'interruzione**

13.14.1 *Generalità*

Gli apparecchi d'interruzione permettono a seconda dei bisogni, di sopprimere o di ristabilire i collegamenti elettrici tra le linee di contatto e le fonti di corrente o le installazioni annesse.

Si distinguono 4 tipi principali di apparecchi:

- i disgiuntori,
- gli interruttori,
- i sezionatori,
- i sezionatori di messa a terra

13.14.2 *Disgiuntori*

Sono apparecchi d'interruzione manovrabili a vuoto o sotto carico e destinati ad aprire o chiudere un circuito volontariamente o automaticamente.

Il telaio del sezionatore, il comando e il grigliato metallico su cui deve montare l'operatore sono collegati al circuito di protezione.

13.14.5 Sezionatori di messa a terra

Sono sezionatori che possiedono in più una funzione di messa a terra su binario del circuito. Ciò allo scopo di garantire una sicurezza massima per esempio in caso di operazioni di manutenzione o di evacuazione dei binari.

Sono collegati al circuito di alimentazione della linea di contatto nonché al feeder.

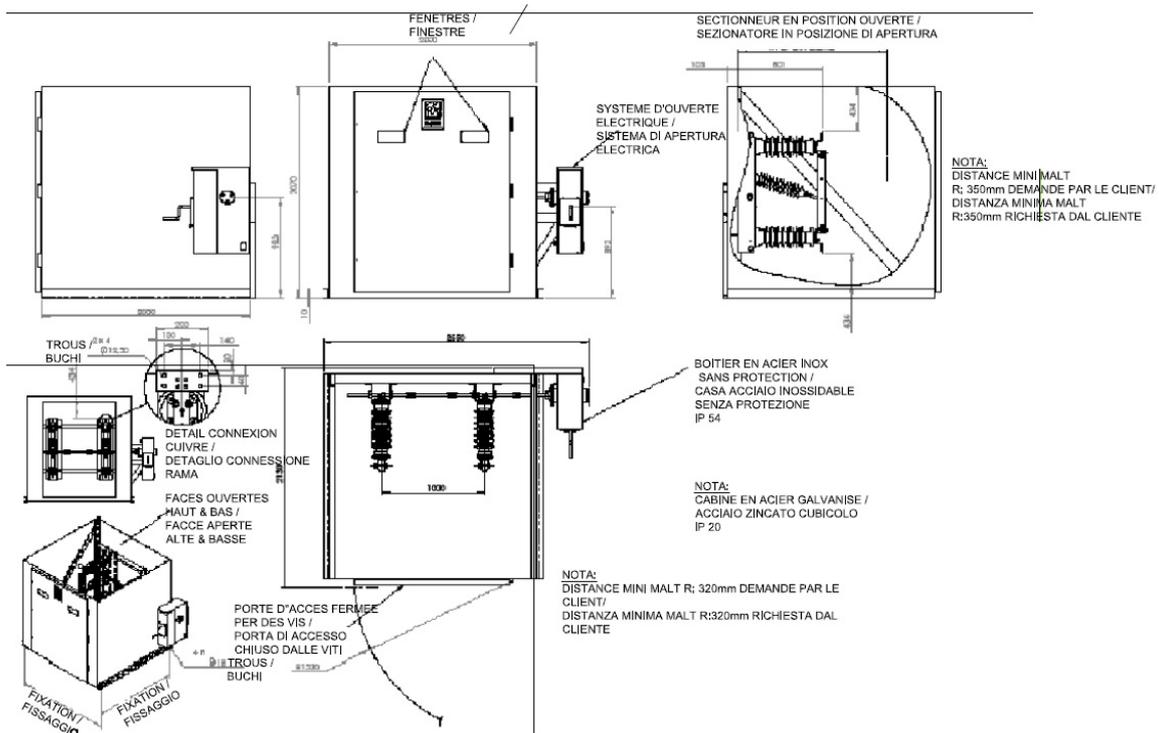


Figura 14: Esempio di apparecchio d'interruzione in galleria

13.15 Protezione elettrica

Tutte le masse metalliche sono connesse al circuito di protezione (CdPA). Quest'ultimo è regolarmente collegato al cavo di terra (CdTE) tramite una morsettiera di collegamento.

14. Esigenze concernenti i lavori

Per riassorbire l'allungamento apparente della portante e una parte della deformazione del filo di contatto, occorre prevedere prima della messa definitiva sotto tensione meccanica, una sovratensione meccanica di questi conduttori. Essa va applicata per 72 ore il suo valore è di:

- 20% della tensione meccanica nominale per la portante,
- 50% della tensione meccanica nominale per il filo di contatto.

14.1 Regolazione degli apparecchi tenditori

Le tolleranze applicabili alle misure di regolazione degli apparecchi tenditori sono:

Valore in m	Applicazione
±0,03	Per le misure Y
±0,03	Per le misure X

Tabella 24: Tolleranze delle misure di regolazione degli apparecchi tenditori

14.2Pandinatura

La tolleranza sulla posizione longitudinale dei pendini è di $\pm 0,05$ m.

14.3Regolazione dell'attrezzaggio

La tolleranza sull'altezza al di sotto del filo di contatto rispetto al piano di scorrimento alla perpendicolare della sospensione è di $+0,02\text{m} \pm 0,01$ m.

Lo scarto di altezza tra due sospensioni consecutive deve essere inferiore o pari a 0,01 m.

La tolleranza sullo scarto verticale di altezza al di sotto dei fili di contatto (in presa e sollevato) è di $\pm 0,01$ m.

Per i supporti d'asse, i fili di contatto devono trovarsi sullo stesso piano parallelo al piano di scorrimento alla perpendicolare delle sospensioni.

La tolleranza sul disassamento del filo di contatto è di $\pm 0,01$ m.

La portante deve trovarsi alla verticale del filo di contatto con una tolleranza di disassamento di 0,01 m.

Il tirante di poligonazione deve essere orizzontale.

La tolleranza sulla distanza verticale fra l'asse orizzontale e rotazione del braccio di poligonazione e il sotto del filo di contatto è di 0,01 m.

La tolleranza sulla posizione da dare all'attrezzaggio in funzione della temperatura è di $\pm 0,03$ m.

15. Allegati

15.1 Nota sull'altezza dei fili di contatto della linea nuova

15.1.1 Introduzione

L'altezza nominale del filo di contatto è determinata in conformità con le STI, sottosistema energia e basata sullo studio d'elettrificazione del tunnel di base. I criteri da rispettare sono principalmente:

- Disimpegnare la sagoma del materiale rotabile più imponente, ossia la sagoma autostrada ferroviaria
- Garantire lo spazio necessario sotto volta per installare le sospensioni catenarie
- Garantire le distanze minime d'isolamento rispetto alle strutture vicine dell'impianto catenario sotto tensione
- Assicurare una buona captazione della corrente per i pantografi dei vari materiali rotabili.

Il valore accettato dell'altezza del filo di contatto è di 5,57 m al di sopra del piano medio di scorrimento. Diversi elementi citati nei paragrafi seguenti giustificano questo valore.

15.1.2 Documenti di riferimento per la scelta dell'altezza del filo di contatto

Come precisato in fase APS nel documento "APS - B32a2 3306-D Sezione trasversale F": nel futuro tunnel di base, l'altezza nominale accettata del filo di contatto fino ad ora è di 5,57 m al di sopra del piano di scorrimento. Questa altezza è compatibile con la sagoma dei treni del tipo "Autostrada ferroviaria" e su una distanza d'isolamento di 320 mm tra ogni elemento a 25000 Volt e ogni elemento a massa. Questa altezza non dovrebbe quindi costituire una restrizione all'utilizzazione del tunnel da parte di altri tipi di treni.

Da un lato è infatti pratica corrente in Francia prevedere un'altezza di linea di contatto di almeno 6,20 m alla perpendicolare dei passaggi a livello. Dall'altro, nello stato attuale, le "Specifiche tecniche di Interoperabilità" (STI) raccomandano un'altezza compresa fra 5,00 e 5,75 m e prevedono esplicitamente (vedi estratto che segue) che il sistema catenario possa essere posato a un'altezza superiore nel caso di linee costruite per un servizio misto e che assicurano il trasporto di rimorchi stradali su vagoni. Sarà necessario annotare questa particolarità nel "Registro delle infrastrutture", come richiesto dalle direttive europee.

Description	Catégorie I	Catégorie II	Catégorie III
Hauteur nominale du fil de contact (mm)	Entre 5 080 et 5 300	Entre 5 000 et 5 500	Courant alternatif — entre 5 000 et 5 750 Courant continu — entre 5 000 et 5 600
Hauteur minimale du fil de contact (mm)	—	Courant alternatif — 4 950 Courant continu — 4 900	
Hauteur maximale du fil de contact (mm)	—	Courant alternatif — 6 000 Courant continu — 6 200	

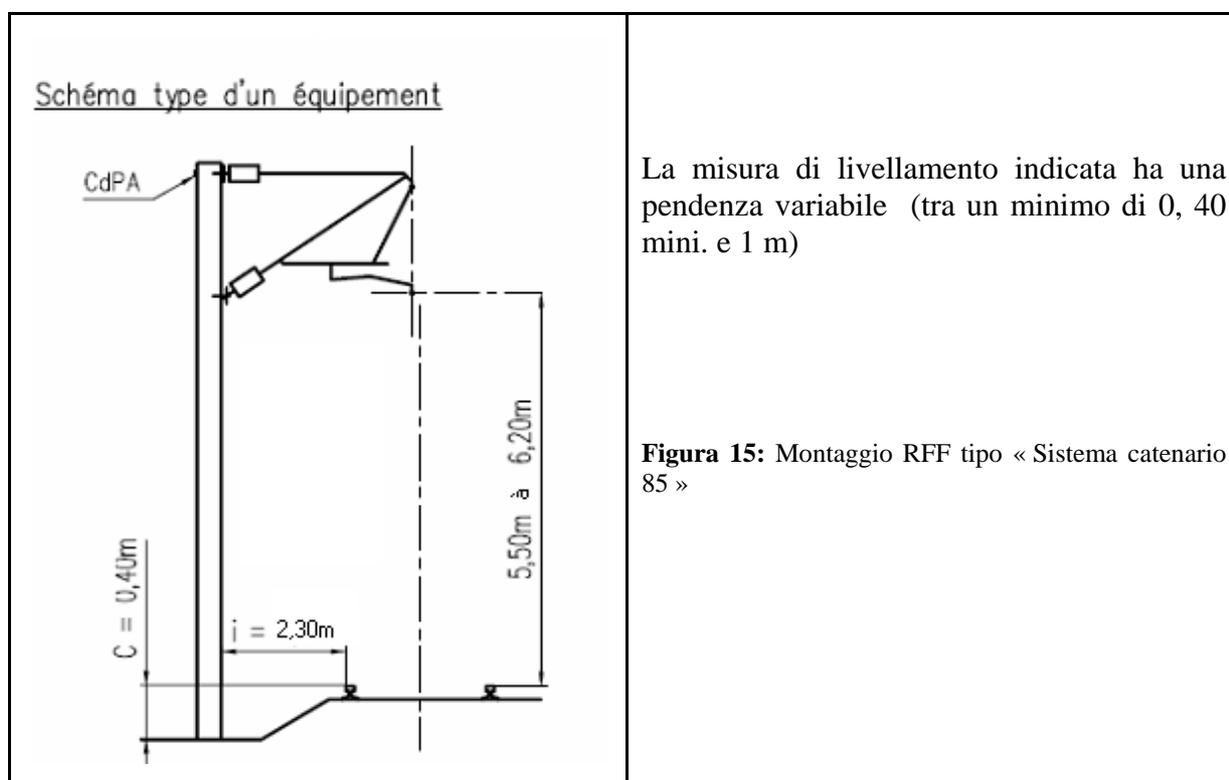
Tabella 25: Valori accettabili per geometria delle linee aeree di contatto - STI sottosistema energia del 6 marzo 2008

Viene quindi aggiunto che per le categorie STI II e III, l'altezza nominale del filo di contatto può essere più alta sulle linee di traffico misto merci/viaggiatori per permettere l'esercizio di rimorchi a sagoma sovradimensionata, ma l'altezza massima del filo indicata nella tabella che segue non può essere superata. Vanno mantenute le esigenze di qualità della captazione della corrente.

D'altronde, ai passaggi al livello (non accettabili sulle linee di categoria I), l'altezza del filo di contatto va determinata dalle regole nazionali o, in assenza di regole nazionali, dalla norma EN 50122-1:1997, clausole 4.1.2.3 e 5.1.2.3.

15.1.3 Altezza del filo di contatto standard RFF

Per un confronto a titolo informativo, l'altezza del filo di contatto nella linea di contatto standard tipo 85 sulla Rete Ferroviaria Francese, è specificata qui di seguito.



L'altezza standard del filo di contatto RFF è di 5,50 m ed è portata a 6,20 m alla verticale della sospensione catenaria che inquadra un passaggio a livello.

Va osservato che lo Standard RFF è in accordo con i valori richiesti nel decreto interministeriale del 17 maggio 2001.

15.2 Nota sulle sospensioni in galleria

Il montaggio tipo "Tunnel RFF linea LGV 25000 Volt CA" è stato riproposto sul progetto LTF (vedi Figura 3 : Montage type caténaire en tunnel / Tipologico catenaria nel tunnel).

Questo sistema di riferimento è stato riprodotto sulle linee ad alta velocità in Gran Bretagna.

Esempi di applicazione:

- Tunnel di Villejuste (ecc....) in Francia,
- CTRL & Eurotunnel in Gran Bretagna.

La lista dei documenti applicabili è indicata nel quadro regolamentare referenziato [R6] e [R7].

Apparterrà al futuro offerente del sottosistema catenario NLTL la realizzazione dei test descritti qui di seguito (o fornire la copia dei rapporti di prova già realizzati nel quadro di altri progetti):

- Resistenza meccanica delle mensole in ambiente chiuso (tunnel),
- Deformazioni residue
- Test di fatica,
- Test di tenuta al fuoco,
- C.E.M. (compatibilità elettromagnetica): reazione dell'attrezzaggio rispetto alle turbative legate ai campi elettrici.